

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 381**

51 Int. Cl.:

**H01B 7/282** (2006.01)

**H01B 13/32** (2006.01)

**H01B 7/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2002 E 12150448 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.12.2014 EP 2444981**

54 Título: **Cable autosellante eléctrico que tiene una capa interna con aleta**

30 Prioridad:

**08.05.2001 US 851475**

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

**09.02.2015**

73 Titular/es:

**SOUTHWIRE COMPANY, LLC (100.0%)  
2711 Centerville Road, Suite 400  
Wilmington, DE 19808, US**

72 Inventor/es:

**SPRUELL, STEPHEN LEE;  
ROBERTSON, SCOTT MITCHELL y  
WARE, JOHN NICHOLAS, JR,**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 528 381 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 autosellante eléctrico que tiene una capa interna con aleta

Antecedentes de la invención

- 5 Los cables eléctricos sólidos y trenzados aislados son bien conocidos en la técnica. En general los cables trenzados incluyen un conductor central trenzado con una cubierta de aislamiento de protección dispuesta alrededor del conductor.
- 10 La causa más frecuente de falla de los cables secundarios de aluminio directamente enterrados es un corte o punción en el aislamiento infligido durante o después de la instalación. Esto conduce a la corrosión del aluminio para la corriente alterna y finalmente a que se abra el circuito. Cuando se expone un conductor a un suelo húmedo, luego del daño, la corriente de escape puede fluir y provocar la conversión electroquímica localizada del aluminio a óxido de aluminio hidratado y eventualmente a un circuito abierto del conductor.
- 15 En los Estados Unidos miles de estos casos ocurren anualmente y la reparación (ubicación, excavación, reparación y reemplazo) puede ser muy costosa. Como resultado de las fallas y en respuesta a este problema, se introduce un sistema de aislamiento más fuerte y se convierte en un estándar de la industria. Un cable más fuerte se describe como "reforzado", y en general consiste de dos capas: una capa interna de polietileno con peso de baja densidad y una capa externa de polietileno de alta densidad. Este diseño es más resistente al daño mecánico que aquel que posee polietileno de baja densidad, pero aún puede dar como resultado una exposición del conductor de aluminio de si se implica un impacto suficiente.
- 20 Las investigaciones muestran que la corriente de electrólisis de CA puede aproximar la rectificación de media onda cuando la densidad de la corriente es alta. Esto cuenta para la pérdida rápida de metal de aluminio frecuentemente experimentada en el campo. Una solución cáustica (pH 10-12) se desarrolla en la superficie de aluminio y disuelve la película de óxido protectora.
- 25 El mecanismo de falla del cable de aluminio es la formación de óxido de aluminio hidratado. En la medida en que se forman sólidos de óxido de aluminio, el aislamiento en la vecindad de la punción es forzado a hincharse y se divide, marcando áreas más grandes de la superficie del conductor de aluminio disponible para electrólisis, incrementando así el escape de corriente y acelerando el proceso de corrosión. La pérdida rápida de aluminio mediante electrólisis de CA continúa hasta que finalmente en el cable se abre el circuito. Se crea un ambiente cáustico en el aluminio, interfaz de electrolito, que disuelve la película de óxido protectora.
- 30 Se supone que el aislamiento del tipo reforzado o resistente al abuso protege el cable del abuso físico. Aunque este ayuda con el problema, no elimina las fallas de los cables de 600 V. Las empresas de servicios públicos han informado recientemente que varían las cifras de tasas de falla de cable de distribución subterráneo de aluminio de 600 V dispersas entre 70 y 7000 por año. Las fallas se evidencian por una condición de circuito abierto acompañada por una corrosión severa del conductor de aluminio.
- 35 No se conocen todas las razones para las fallas del cable de 600 V, pero los usuarios han postulado varias. Estos cables parecen experimentar un alto grado de mortalidad infantil, seguido por fallas que ocurren durante décadas. La mortalidad infantil está usual y directamente relacionada con daños provocados por instalaciones de servicios públicos adyacentes, daño infligido por jardinería y plantación, o daño a cables antes de o durante instalación. Las fallas que ocurren años más tarde son más difíciles de explicar. Ha habido postulados de daños provocados por rayos, defectos de elaboración, o degradación del aislamiento durante la vida de la instalación.
- 40 Con el fin de entender mejor las características de aislamiento, se conducen estudios de las fallas de la CA y las fallas de impulso de la CD. Los estudios de las fallas de la CA en diferentes cables muestran un alto margen de seguridad de desempeño. Cada uno de estos cables tiene un grosor en la pared de 0,080 pulgadas (0,002 m). Se realizan pruebas en conductos cargados de agua. La resistencia a la falla en la CA de todos estos cables está consistentemente por encima de los 20 kV, lejos de la tensión de operación.
- 45 También se han efectuado estudios de falla de impulso en diversas construcciones con cables de 600 V que tienen diferentes formulaciones de aislamiento. El nivel de falla de impulso de estos cables es de aproximadamente 150 kV. Esto excede las exigencias BIL para un sistema de cable de 15 kV y debe exceder bien los impulsos en cables secundarios de 600 V durante operación.
- 50 En los nuevos cables se miden los anteriores márgenes de desempeño eléctrico. Estos están muy por encima de lo que se requiere para operar un sistema de 600 V en razón a que la mayoría de estos cables operan a 120 V a tierra. Una de estas pruebas durante el desarrollo del compuesto y del producto es una prueba de resistencia de

- aislamiento de largo plazo efectuada en agua a una temperatura de aislamiento operativa calificada. Para los cables de polietileno entrecruzados la temperatura del agua es de 90° C. La resistencia del aislamiento debe demostrar estabilidad y estar por encima de valores mínimos para un mínimo de doce semanas. Si hay inestabilidad indicada, la prueba se continúa de manera indefinida. La permisividad relativa se mide a 80 v/mil ( $3.15 \times 10^5$  v/m) y debe cumplir valores específicos. El incremento en la capacitancia y el factor de disipación también se miden en agua a 90° C durante un periodo de 14 días. Los compuestos de aislamiento utilizados en los cables de hoy en día cumplen fácilmente estos requisitos.
- Se encuentran defectos de elaboración del aislamiento del cable durante la producción mediante cualquiera de los dos métodos. Durante el proceso de extrusión, el cable se envía a través de un probador de chispa, donde se aplica 28 kV de CD, o 17kV de CA, a la superficie de aislamiento. Cualquier efecto de elaboración que dé como resultado un hueco en el aislamiento iniciará una descarga, que se detecta mediante el probador de chispa. La mayoría de fabricantes utilizan este método. Otra prueba que también se emplea a menudo es una prueba de inmersión en agua de un carrete completo. En esta prueba se aplica 21 kV de CD, o CA de 7 kV de CA al cable después de inmersión durante 1 hora o 6 horas, dependiendo de si el cable tiene un montaje plexado o un conductor único, respectivamente. Los voltajes presentes utilizados para estas pruebas dependen del grosor de la pared. Los valores anteriores son para una pared de 0,080 pulgadas (0,002m).
- Las pruebas anteriores han demostrado que el desempeño eléctrico es estable y que sobrepasa de lejos las exigencias de aislamiento para los cables de 600 V. Esto no explica una falla súbita del cable después de muchos años de operación. Dicha falla súbita se puede explicar mediante una mejor comprensión del mecanismo de falla en la corrosión del aluminio en presencia de una corriente de escape alterna que es una combinación de dos diferentes mecanismos. El aluminio normalmente logra una gran protección contra la corrosión mediante una capa de barrera relativamente delgada de óxido de aluminio, y una capa de óxido voluminosa permeable. Sin embargo, existen defectos o grietas en estas capas, que suministran un punto para que inicie la reacción de corrosión. El metal en contacto con el agua experimenta un ciclo anódico (iones positivos que se mueven hacia la solución) y catódico, sesenta veces por segundo.
- Durante el ciclo medio anódico de la corriente de escape, los iones de aluminio dejan la superficie metálica a través de estos defectos y se combinan con los iones hidroxilo en el agua que rodea el cable. Esta reacción da como resultado la picadura del metal y la formación de hidróxido de aluminio, el polvo blanco es evidente en los cables corroídos. También ocurre otra reacción importante, los iones de hidroxilo son atraídos hacia la superficie metálica durante este ciclo medio, que incrementa el pH, provocando un deterioro cáustico de la capa de óxido, exponiendo adicionalmente más el aluminio.
- Durante el ciclo medio catódico ocurre otra reacción. Los iones de hidrógeno son impulsados a la superficie de aluminio. En lugar de neutralizar la concentración hidroxilo cáustica, los iones de hidrógeno se combinan y forman gas de hidrógeno, que deja el cable. El vaciamiento del hidrógeno tiene el efecto de concentrar adicionalmente los iones hidroxilo cáustico, incrementando así el deterioro de la superficie de óxido. No ocurre ninguna picadura durante este ciclo medio en razón a que los iones de aluminio son atraídos al metal. Se desarrolla la solución cáustica, se evapora el hidrógeno, tiene lugar la picadura del aluminio, y se forma hidróxido de aluminio durante esta reacción.
- Es necesaria una densidad de corriente crítica para sostener la reacción de corrosión. Por debajo de esta densidad de corriente la corrosión será muy ligera, o casi imperceptible. Una vez que la densidad de la corriente es suficientemente alta, la reacción puede ser rápida. La densidad de corriente necesaria está por debajo de  $1\text{mA/pulgadas}^2$  ( $1,55\text{A/m}^2$ ). La densidad de corriente de un cable de 600 V dañado está influenciada por el voltaje, resistencia de escape, y el área del metal expuesto. Las variables que afectan esto pueden incluir el humedecimiento del suelo, la química del suelo, el grado del daño, etc.
- Los cables más fuertes en el mercado hoy no siempre soportan los rigores del manejo, la instalación, y la operación. Y el aluminio expuesto lentamente se deteriorará. La solución, entonces, es encontrar una forma para evitar de una manera económica el proceso de corrosión.
- Se han realizado intentos por evitar el ingreso de humedad al introducir un sellante entre los hilos del conductor y entre el conductor y el aislamiento. Ver las Patentes estadounidenses Nos. 3,943,271 y 4,130,450. Sin embargo, se ha encontrado que la simple introducción de un sellante en tales espacios no es completamente satisfactoria. Los intentos para evitar que la humedad alcance el conductor, tal como utilizar un material hinchable en el agua, no han tenido un éxito técnico y/o económico. Por ejemplo, se pueden formar vacíos en el sellante durante la aplicación de este o se pueden formar si el cable se punza accidentalmente. Cualquiera de tales espacios o vacíos forman sitios para el ingreso de la humedad que puede conducir a la corrosión del conductor y los sellantes convencionales utilizados en los cables no pueden eliminar tales vacíos.

5 Un intento de la técnica anterior al minimizar el flujo de humedad o agua entre los espacios intersticiales de un conductor trenzado que llega en la forma de conductores trenzados o compactados. El conductor trenzado en sí mismo fue radialmente aplastado con el fin de reducir el diámetro del conductor y llenar el espacio intersticial con metal proveniente de los alambres individuales mismos. El inconveniente con este método es que aunque tiene lugar alguna deformación de los alambres individuales, y se llenan algunos de los espaciamentos intersticiales, existe aún la posibilidad de un daño en el aislamiento del cable a través del cual puede ingresar la humedad al mismo y hacer contacto con el conductor.

10 Otro intento para corregir la humedad que fluye dentro del espacio intersticial consiste en rellenar el espacio intersticial con una sustancia extraña que evita típicamente el flujo de la humedad o el agua dentro de la estructura del conductor. Estas sustancias típicamente comprenden algún tipo de base gelatinosa y de material de relleno de polietileno. A temperaturas ligeramente elevadas, este compuesto se vuelve fluido y viscoso y se puede aplicar en la medida en que se forma el conductor. Los alambres individuales utilizados para formar el conductor se cargan en una boquilla de extrusión donde el compuesto para bloqueo de humedad se extrude sobre y alrededor de cada alambre individual y, en la medida en que los alambres son trenzados en el conductor, el espacio intersticial se rellena con el material en forma de gelatina. Luego del enfriamiento, el relleno se vuelve muy estable e inmóvil y no fluye hacia afuera de los espacios intersticiales del conductor trenzado. Una vez que se aplica el compuesto dentro de los espacios intersticiales del conductor trenzado, este tiende a permanecer en su lugar. Los problemas encontrados al aplicar tal sustancia de relleno giran alrededor de la medición precisa del material en los espacios intersticiales en la medida que el conductor trenzado se forma. Si se extrude demasiado material en el conductor, el aislamiento externo no se ajustará adecuadamente. Si se aplica muy poco material los espacios intersticiales no se rellenarán y por lo tanto se permitirá que fluya más humedad dentro del conductor.

25 Otro inconveniente para este método de aplicación de un material de bloqueo de humedad es que se requiere una cabeza de extrusión y una bomba de extrusión para cada capa individual de alambres utilizados para formar el conductor. Los problemas descritos anteriormente con relación a la regulación del volumen del material aplicado a través de una cabeza de extrusión se multiplican cada vez que una bomba de extrusión adicional y una cabeza de extrusión se requieren dentro del sistema de elaboración del conductor. Los esfuerzos de la técnica anterior para elaborar un conductor aceptable que bloquee la humedad giran alrededor de métodos para aplicación más uniforme del material de bloqueo de humedad al conductor, pero no resuelven los problemas creados por el manejo y el daño de instalación.

30 Las aplicaciones de material para bloqueo de humedad al espacio de los conductores de capa concéntrica se conoce dentro de la industria, esto se puede encontrar dentro de las patentes de Estados Unidos numeradas 3,607,487; 3,889,455; 4,105,485; 4,129,466; 4,435,613; 4,563,540; y 4,273,597.

35 La Patente Estadounidense 4,273,597 muestra un método para trenzar rellenando el espacio intersticial de un conductor con un polvo. Esto se logra al pasar las hebras a través de un lecho de polvo fluidizado, donde el espacio intersticial se llena con el polvo. El conductor trenzado sales entonces por el lado opuesto del lecho donde se aplica una capa aislante que evita que el polvo desocupe el espacio intersticial del conductor.

40 La Patente Estadounidense 4,563,540 describe un conductor que se construye al inundar con un material a prueba de agua entre los conductores individuales que conforman el núcleo del conductor trenzado. Este núcleo inundado luego se envuelve con una pluralidad de diferentes capas de material de revestimiento lo cual evita el influjo de humedad en el conductor trenzado.

La Patente Estadounidense 4,435,613 describe un conductor construido de una pluralidad de capas de material aislante con el núcleo (o porción de conductor) del conductor que está lleno con una capa aislante de polietileno. Esta capa de polietileno está contenida por otros compuestos de caucho o plástico y epoxi que producen un conductor que tiene una construcción a prueba de agua.

45 La Patente Estadounidense 4,129,466 trata con un método para la aplicación del medio de relleno que se aplica a un conductor trenzado. Este método comprende una cámara en la cual se pasan alambres individuales que se utilizarán para formar el conductor trenzado. Estos alambres tienen medio de relleno aplicado a ellos en la cámara. Después de la aplicación este medio de relleno, se pasa el conductor a través de una cámara de enfriamiento donde el medio de relleno se enfría y se deja solidificarse dentro de los espacios intersticiales. Este método requiere que la cámara que contiene el medio de relleno y el conductor trenzado se caliente y se presurice. El calor aplicado a la cámara reduce la viscosidad del material de relleno, mientras que la presión asegura la introducción del material de los espacios intersticiales del conductor trenzado.

50 La Patente Estadounidense 4,105,485 trata con el aparato utilizado en la patente del método '466 previamente discutida.

5 La Patente Estadounidense 3,889,455 describe un método y aparato para rellenar el espacio intersticial del conductor trenzado en un tanque de inundación a alta temperatura. Los alambres individuales se cargan en un tanque que contiene el material de relleno, el material se ha calentado para permitirle volverse menos viscoso. Los alambres individuales se trenzan y se cierran dentro de los confines del tanque de inundación y el conductor terminado que se retira del extremo opuesto del tanque de inundación donde se pasa a través de unos medios de enfriamiento. Las desventajas experimentadas aquí involucran la práctica de trenzar el conductor por debajo de la superficie de un grupo de bloque de humedad de temperatura elevada. Ningún acceso sea visual o mecánico, al proceso de manufactura del conductor es práctico.

10 La Patente Estadounidense 3,607,487 describe un método por medio del cual hebras de alambre individuales se alimentan en un tanque de inundación que se suministra con material de relleno caliente mediante una bomba y unos medios de inyección. El conductor trenzado se retira a través del extremo opuesto del tanque de inundación, se limpia en una boquilla de limpieza, se envuelve en un envoltorio de núcleo y luego se pasa a través de un aglutinante donde se une. El núcleo envuelto, unido luego se pasa a través de un enfriador que consolida el material de relleno. Se repite el proceso descrito anteriormente a través de otro tanque de inundación, otro enfriador, otra máquina de unión, otro tanque de inundación, otro extrusor, otra artesa de enfriamiento, y se retira eventualmente del extremo de la línea de fabricación como un producto que tiene una pluralidad de capas del compuesto de bloque de humedad que protege el núcleo del conductor. Las desventajas aquí comprenden una línea de fabricación compleja por medio de la cual el material que bloquea la humedad se aplica en muchas ubicaciones diferentes, que tiene que ser cada una meticulosamente monitorizada y controlada con el fin de que se obtenga una construcción del conductor adecuada.

Se puede ver fácilmente a partir de los métodos y aparatos referenciados anteriormente que se conocen conductores que bloquean la humedad y también se puede reconocer que son problemas principales que se relacionan con la eliminación de la humedad que hace contacto con el conductor como resultado del manejo e instalación de un cable.

25 Breve resumen de la invención

La presente invención se relaciona con mejoras en cables sólidos, aislados y trenzados. Se proporciona un cable eléctrico y un método para elaborar el cable eléctrico en el cual una pluralidad de conductores aislados tienen una capa protectora interna extrudida alrededor de esta, la capa protectora interna tiene una superficie estriada o con aletas que incluye una pluralidad de rebordes o aletas que se extienden longitudinalmente que están por lo menos parcialmente rellenas con un sellante y una capa de aislamiento externa formada alrededor de esta, toda aplicada al conductor como un flujo multicapa combinado. La capa interna puede ser de polietileno, PVC, u otro material plástico adecuado. La capa interna se puede entrecruzar mientras que esta se aplica o se entrecruza en tanda después de que se aplica. El sellante se aplica utilizando un sistema de bombeo fundido en caliente. Los métodos conocidos para bombear sellante, aplicar sellante, y encolar la capa de sellante se pueden utilizar dependiendo de los requisitos del proceso y del producto. El sellante se puede aplicar en un amplio rango de temperaturas. Se obtienen buenos resultados al aplicar el sellante por encima de una presión de aproximadamente 600 a aproximadamente 3000 psi ( $4,14 \times 10^6$  Pa hasta aproximadamente  $2,07 \times 10^7$  Pa) y preferiblemente de aproximadamente 600 a aproximadamente 1200 psi ( $4,14 \times 10^6$  Pa hasta aproximadamente  $8,27 \times 10^6$  Pa) y por encima de aproximadamente 100 grados Fahrenheit. La capa externa puede ser polietileno, PVC u otro material plástico adecuado. La capa externa se puede entrecruzar mientras se va a aplicar o posteriormente en un proceso en lotes.

En el presente proceso de elaboración, el conductor se carga en una cabeza que consiste de una zona de flujo multicapa única. El material de la capa interna, el material de capa sellante y el material de capa de encapsulamiento externa se mezclan en la cabeza y se aplican en una única zona. Este proceso requiere control cercano del sellante, proporciones de flujo de material externo y temperaturas.

45 En una realización de la invención, durante la elaboración del cable autosellante, el material que suministra el cable con punción, grieta y propiedades autosellantes de vacío se incluye entre los rebordes o aletas y el aislamiento externo. Las regiones del canal se cargan al menos parcialmente con el material que fluirá hacia el vacío, punción, o grieta formada en el aislamiento, evitando así la migración de la humedad. El material autosellante está presente en las regiones del canal entre los rebordes o aletas y el aislamiento externo, por lo tanto el material autosellante no hace contacto con el conductor.

Breve descripción de los dibujos

Los objetos y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas de la misma en conjunto con los dibujos que la acompañan en los que:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un cable de la invención que muestra un conductor trenzado, la capa interna con aletas que rodea el conductor, el aislamiento, y el área entre las aletas que contiene el material que suministra el efecto autosellante;

La Figura 2 es una vista de extremo de la realización del cable mostrado en la Figura 1;

5 La Figura 3 es una vista lateral del cable mostrado en la Figura 1;

La Figura 12 es una vista lateral en corte de una cabeza de extrusión de flujo multicapa de la presente invención; y

La Figura 13 es una vista de extremo de una realización del cable de la presente invención.

#### Descripción Detalla de la Invención

10 Aunque los principios de la presente invención son aplicables a diferentes tipos de cables eléctricos, la invención se describirá en relación con una estructura de cable conocida, tal como un cable de 600 voltios, que normalmente comprende, como un mínimo:

(1) Un conductor central de alambres trenzados de un metal de buena conductividad tal como cobre, aluminio, aleaciones de cobre o aleaciones de aluminio; y

(2) Una capa de aislamiento alrededor de los conductores trenzados que se han extrudido sobre esta.

15 Se utilizan los mismos números para elementos similares en todas las figuras para claridad.

20 La Figura 1 muestra un cable 11 que comprende un conductor 12 de alambres trenzados de cobre o aluminio o aleaciones de los mismos. Una capa interna 14 circunda el cable 11 y tiene una pluralidad de aletas o rebordes que se extienden longitudinalmente 15 entre las cuales se extiende pluralidad de regiones del canal 16. Una capa 10 de material que suministra el efecto autosellante regiones de canal por lo menos parcialmente rellenas 16 entre los rebordes 15, la capa interna 14, y una cubierta de aislamiento externo 13. La cubierta de aislamiento 13 es de un material conocido y es preferiblemente un material polimérico extrudido.

25 El material preferido 10 comprende un polímero que se puede bombear fácilmente a temperaturas por lo menos tan bajas como 25° C. Preferiblemente, el polímero será un polímero de bajo peso molecular tal como un isómero de bajo peso molecular. Otros materiales, o combinaciones de materiales, con o sin dichos polímeros que tienen tales características también pueden ser útiles en la presente invención. Un polímero que se ha encontrado particularmente adecuado es poliisobuteno.

30 El polímero preferido de la presente invención tiene una muy poca dureza o no significativa Shore A. Una prueba para determinar si o no el polímero tiene propiedades aceptables es la Prueba del Penetrómetro incorporada en la Penetración de Materiales Bituminosos ASTM D5. El valor de penetración de la aguja de 100 gramos (0.1 kg) a 25° C debe ser mayor de aproximadamente 1 centésima de un milímetro (0.01 m).

El material utilizado para suministrar el efecto autosellante al cable eléctrico de la presente invención tiene las siguientes propiedades:

(a) El material es sustancialmente insoluble en agua;

(b) El material es un dieléctrico, es decir, no es conductor y no es semiconductor,

35 (c) El material hace que el cable sea autosellante, es decir, este fluirá a temperatura ambiente, hacia los vacíos del aislamiento y/o las grietas y evitará el contacto entre el conductor y la humedad que puede provocar la falla del cable; y

(d) El material no absorbe la humedad ni se infla en contacto con la humedad.

40 En la realización preferida de la presente invención, el material utilizado para por lo menos rellenar parcialmente las regiones del canal 16 es un compuesto de un isómero de bajo peso molecular o un copolímero de bajo peso molecular de un isómero. Preferiblemente, el material es poliisobuteno. De manera ventajosa existe poca o ninguna presencia de aire entre las regiones del canal 16 y la cubierta de aislamiento 13.

El material de la presente invención puede contener opcionalmente un material de relleno, pero está esencialmente libre de cualesquier solventes o aceites.

El cable 11 descrito en relación con la Figura 1 se puede utilizar sin las capas adicionales que rodean la cubierta de aislamiento 13.

5 También, en otras realizaciones de la presente invención descritas aquí, el conductor y las capas de aislamiento pueden ser las mismas como aquellas descritas en relación con la Figura 1.

El cable 11 ilustrado en la Figura 2 es una vista final del cable ilustrado en la Figura 1.

La Figura 3 es una vista lateral del cable 11 mostrado en la Figura 1 e ilustra las regiones del canal 16 y los rebordes o aletas 15.

10 La Figura 12 es una vista lateral en corte de la cabeza de extrusión de multicapa de la presente invención que muestra el flujo de la capa externa 13, la capa sellante 10 y la capa interna 14 y la formación de la multicapa de la misma sobre el conductor 12.

15 La Figura 13 es una vista de extremo de una realización del cable de la presente invención similar a la Figura 2, pero que muestra las regiones del canal 16 teniendo esquinas curvadas o radios en lugar de las esquinas anguladas que se muestran en la Figura 2. En la Figura 2 los ángulos de las esquinas de cada región de canal 16 pueden ser iguales o diferentes. De forma similar las esquinas curvadas 17 de cada región de canal 16 mostradas en la Figura 13 pueden tener el mismo o diferente radio.

20 La proporción de la altura de las aletas 15 puede variar con el ancho de las regiones del canal 16. De manera ventajosa, la proporción de altura al ancho varía de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 2,00. Preferiblemente la proporción de altura a ancho varía de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 1,00. Las aletas no tienen que estar igualmente separadas pero es de manera general deseable que las aletas estén igualmente separadas para lograr una distribución igual del medio que está en las regiones del canal 16 y para mejorar el centrado del cable. El número de aletas puede variar desde un mínimo de 2 hasta cualquier número práctico que se requiera con base en el tamaño del cable, necesidades estructurales del cable, el material que se utiliza en las regiones del canal, la tasa de suministro necesaria si es aplicable para el material, o el tamaño físico de material que se va a suministrar. El grosor base de las aletas no debe ser menor de aproximadamente 10 por ciento del ancho de las aletas. El grosor base puede variar con base en los requerimientos de grosor de especificaciones industriales, las necesidades estructurales del cable, u otras necesidades específicas del cable.

30 El mecanismo de retención entre la cubierta de encapsulamiento o aislamiento externa y la capa con aletas interna es de manera ventajosa un enlace polimérico entre la capa externa 13 las aletas 15, y la capa interna 14. El enlace polimérico debe constituir una unión de por lo menos 50% del área de la superficie expuesta de las aletas 15, es decir, la porción superior de las aletas que entra en contacto con la superficie interior de la capa extendida externa 13. Se pueden intersectar la porción superior de las aletas o contactar la capa extendida externa 13, puede traslaparse con la capa 13 como se muestra en la Figura 2, o el material de capa 13 puede formar una porción de aletas 15.

Se pueden suministrar materiales en las regiones del canal además de los materiales sellantes son fibra óptica, fluidos de transferencia de calor para mejorar las propiedades de transferencia de calor del cable, otros materiales deseables que suministrarían una propiedad benéfica del cable o el uso del cable como un mensajero para conectar un punto inicial y/o de extremo.

40 Los materiales más deseables para uso como la capa interna 14, aletas 15, y capa de encapsulamiento externa 13 son plásticos que pueden ser termoendurecibles no termoplásticos. Se pueden utilizar los materiales plásticos conocidos con el fin de lograr las propiedades deseadas del cable. La capa interna 14, las aletas 15, y capa externa 13 pueden ser de materiales diferentes o iguales dependiendo de las características del cable deseadas.

45 Ventajosamente el material de la aleta 15 es el mismo que cualquier material de la capa interna 14 o material capa externa 13. Donde los materiales de la capa interna 14 y la capa externa 13 son diferentes, las aletas 15 pueden comprender de 0 a 100 por ciento de cualquier material. Preferiblemente las aletas 15 se forman al bloquear parcialmente el flujo del material de capa 10 en la medida en que el (los) material(es) fluyen a través de la cabeza de extrusión 20.

50 Los colores de la capa interna 14, las aletas 15, y los materiales de la capa externa 13 pueden ser iguales o pueden diferir. Se pueden utilizar diferentes colores para permitir la identificación más fácil del producto en el campo o para otras propiedades deseables del cable. Las aletas o los rebordes pueden ser rectos, pueden ser espiraladas, o

pueden oscilar alrededor del eje del cable, o pueden formar diferentes patrones dependiendo de las características deseadas del cable o la eficiencia y fluidez del material sellante utilizado.

5 Opcionalmente se puede aplicar un flujo de material ramificado al conductor antes de que se aplique el flujo multicapa combinado. Este se puede utilizar cuando se desea rellenar los intersticios del conductor para suministrar una superficie de cable más suave.

10 Se debe entender que las realizaciones adicionales pueden incluir capas adicionales de material protector entre el conductor y la cubierta de aislamiento como capas adicionales entre el conductor y el material autosellante y/o entre el material autosellante y la capa externa, que incluye una barrera para el agua adicional de una lámina o película de polímero, en cuyo caso no es esencial que la cubierta incluya herméticamente las capas entre ésta o ingrese en los espacios entre los alambres y los materiales protectores, es decir, el tamaño interno de la cubierta puede ser esencialmente igual al tamaño externo de los elementos alargados de tal manera que se evite la compresión de los elementos alargados, y de esta manera, la indentación de las capas entre estas incluye el aislamiento.

15 El cable de la presente invención es de particular ventaja porque no solo hace que el material rellene el espacio entre la capa interna y el aislamiento en la medida en que se elabora el cable, sino que después que el cable se coloca en servicio el material fluirá hacia cualquier corte o punción formada como resultado del daño durante el manejo y el aislamiento del cable y su uso en servicio. Las tensiones puestas sobre el conductor y el aislamiento durante el manejo e instalación del cable, tal como el doblamiento, tensión, enrollamiento o desenrollamiento, impacto y escalamiento y el equipo de instalación pueden formar cortes o punciones en el aislamiento y entre el aislamiento y el conductor. Dichos cortes o punciones también se pueden formar después de que el cable se ha  
20 colocado en servicio como resultado del daño de instalaciones de servicios públicos adyacentes, propietarios de casas, o descargas de rayos.

25 El cable de la presente invención puede suministrar un servicio aceptable aún después de que el aislamiento se ha cortado o punzado, exponiendo el conductor. Con el fin de determinar la eficiencia del cable de la presente invención se construyeron defectos en la capa de aislamiento de las dos muestras de cable de 600 V. Sobre una de las muestras de cable, se aplica una capa de polímero de poliisobuteno de acuerdo con la presente invención. La otra muestra de cable no tiene una capa de poliisobuteno. Se colocan por separado ambas muestras de cable dentro de vasos de precipitado de vidrio de 1 litro que contienen agua potable. Cada muestra de cable se energiza con 110 V a tierra con corriente CA. La muestra que no tiene una capa de poliisobuteno exhibe corrosión severa durante la  
30 noche. La muestra que contiene la capa de poliisobuteno no exhibe corrosión después de ser energizada y se sumerge durante 4 semanas en agua potable en el vaso de precipitado de vidrio.

#### **EJEMPLO 1**

Esta prueba se diseña para evaluar el desempeño del cable subterráneo de 600 V autosellante de la presente invención. El programa de prueba se modela después de un procedimiento previamente desarrollado para evaluar los diseños del cable autosellante o autorreparante.

35 Para conducir la prueba se colocan cables en un suelo húmedo especialmente mezclado. Después se energizan los cables con 120 V de CA a tierra. Se hacen mediciones que incluyen cambios en la corriente de escape a tierra y la resistencia del conductor del cable. También se monitorea la temperatura de cada cable cerca al punto de daño.

40 Se evalúan cuatro réplicas de muestra de control y ocho muestras autosellantes. Todas las cuatro muestras de control no pasaron la prueba relativamente temprano en este programa de prueba. Todas las ocho muestras autosellantes se desempeñan bien sin un incremento significativo de resistencia del conductor y valores bajos en la corriente de escape a través del periodo de prueba de 60 días.

Se probaron cables subterráneos para 600 voltios convencionales y autosellantes con un conductor de aluminio unilay de combinación 2/0 AWG en longitudes de 10 pies (3,05m).

45 El suelo utilizado en la prueba es una mezcla de Arena Ottawa, Bentonita Wyoming y fertilizante. La combinación de los tres materiales suministra un suelo tipo arena lodoso que es muy conductor. La arena sirve como la estructura de suelo básica mientras que el lodo suministra pequeñas partículas que pueden trabajar a su manera en las áreas dañadas del cable. El lodo también ayuda a mantener el agua homogéneamente dispersa a través del suelo. El fertilizante mejora la conductividad del suelo y puede mejorar la corrosión también. La meta es lograr una resistividad eléctrica del suelo de <50 ohmmetros.

50 Se utiliza agua corriente para lograr un contenido de humedad cercana a la saturación. Esta combinación de materiales del suelo suministra una condición en el peor de los casos para la corrosión ca del conductor de aluminio en cables subterráneos de 600 V y también se repite de laboratorio a otro laboratorio.



## ES 2 528 381 T3

La mezcla del suelo es:

100 libras (45.36 kg) de Arena Ottawa

3.33 libras (1.51kg) de Bentonita

23.33 libras (10.58 kg) de Agua Potable

- 5 1.26 libras (0.57 kg) de Fertilizante de plantas Peters 20-20-20 (se mezcla con el agua antes de ser agregado a los ingredientes de arena y arcilla)

La cantidad de agua agregada alcanza unas condiciones cercanas a la saturación. La densidad de humedad es aproximadamente 127 libras/pies (189 kg/m).

- 10 La caja de envejecimiento se hace de madera y se recubre internamente con polietileno para mantener la humedad. Las dimensiones internas aproximadas son 6.5 pies (1,98 m) de largo por 1.3 pies (0,4 m) de ancho por 1 pie (0.3 m) de alto. Un electrodo amplio a tierra con cinta de cobre cubre el fondo y los lados de la caja sobre la parte superior del polietileno. Un alambre conecta este electrodo a tierra.

- 15 Después de que el suelo húmedo se empaca en el fondo de la caja (aproximadamente 6 pulgadas (0,15 m)), se instalan cuatro muestras de control y ocho muestras autosellantes, aproximadamente con seis pulgadas (0,15 m) de separación.

Las dos muestras ajustadas son:

Muestras 1-4: alambre convencional de 600 V UD (muestras de control) todas en un daño de ranura en el centro de la muestra

Muestras 5-12: cable autosellante – todas con daño de ranura cerca al centro de la muestra

- 20 Inmediatamente antes que se coloquen las muestras en la caja, ellas dañaron el conductor. Se utiliza una condición de daño. Esta consiste de un corte ranura en el aislamiento por debajo del conductor, perpendicular al eje del cable. Se utiliza un cuchillo de afeitar y una guía de ángulo para controlar el tamaño de la ranura. El tamaño y la forma de la ubicación del daño se muestran en la Figura 4. Se escalonan ubicaciones del daño de tal manera que no estén adyacentes una a la otra.

- 25 Las muestras autosellantes de 10 pies (3.05 m) de largo se dañan primero en la mitad. Después de 5 minutos, se colocan en la caja con el daño enfrentado hacia arriba. Luego se cubren con tierra.

Las muestras de control son inicialmente de 2.5-pies (0.76 m) de largo. Ellas también se dañan en la mitad, luego se instalan en la caja. No hay periodo de espera antes que se cubran con tierra.

- 30 Como se instala cada muestra, un termopar tipo T con un glóbulo soldado se une a la superficie del cable, aproximadamente a una pulgada de la ubicación del daño. Una vez se instalan todas las muestras, se compacta el suelo. Después de 24 horas, se cortan los extremos de las muestras autosellantes de tal manera que ellas tienen las mismas longitudes de las muestras de control. El diseño de la prueba se muestra en la Figura 5.

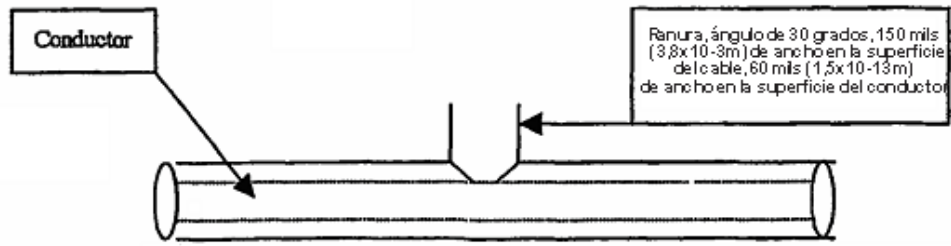
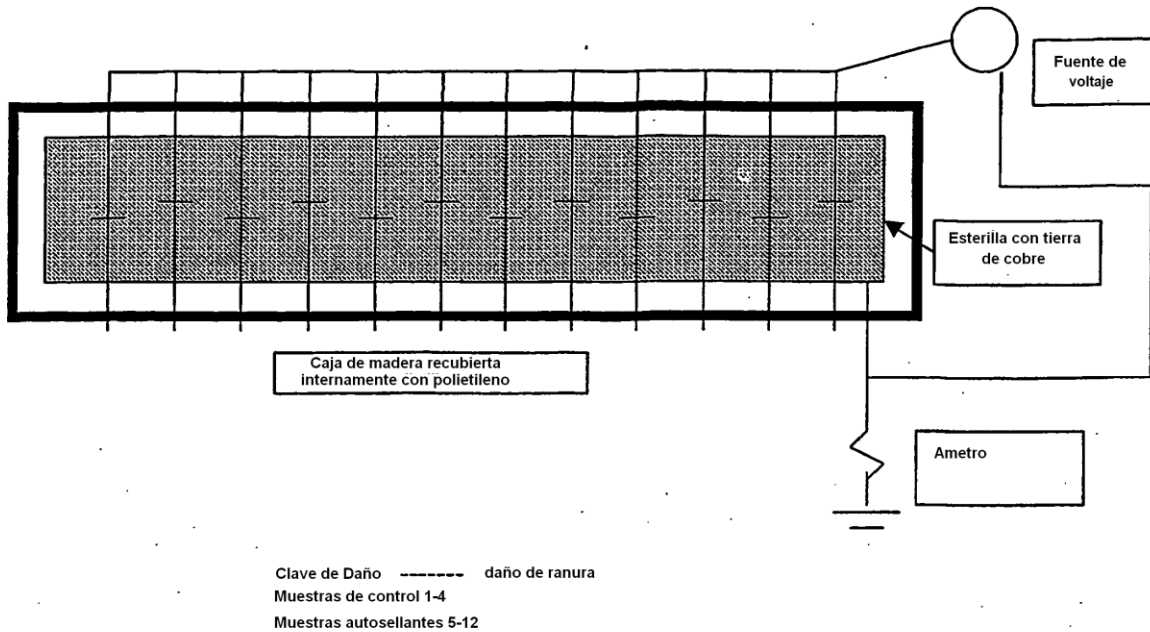


Figura 4:

daño

Figura 5: Diseño de muestra en la caja rellena con suelo



5 Después que se completa la instalación, se cubre el suelo con polietileno para minimizar la evaporación del agua desde el suelo. Se aplica 120 V de ca continuamente a todos los conductores de muestra. El suelo se pone a tierra a través de de una esterilla a tierra que cubre el tanque. La recolección de los datos es como sigue:

- 1) Mediciones (Medido inicialmente, luego diariamente durante los 5 primeros días de trabajo, luego el lunes, miércoles y viernes de cada semana en adelante).
  - a) Resistencia del conductor, cada muestra individualmente - Biddle DLRO, CQ # 1010 (Precisión esperada:  $\pm 3\%$  de la lectura)
  - 10 b) Escape a tierra @ 120 V, cada muestra individualmente - Fluke 87, CN 4007 (Precisión esperada:  $\pm 3\%$  de la lectura)
  - c) Temperatura de superficie de muestra - Yokagawa DC100, CN 4015 (Precisión esperada:  $\pm 2$  grados C)
- 2) La prueba se ejecuta durante 91 días. Cuando ocurre degradación significativa sobre una muestra, esta se desconecta de la fuente de voltaje. La degradación significativa se define como:
  - 15

- a) Varios días con una corriente de escape mayor de 1 amp en una muestra individual
- b) Resistencia del conductor en una muestra individual 10 veces mayor de la resistencia de inicio
- 3) Se mide la resistividad eléctrica del suelo final y el contenido de humedad cuando se completa la prueba
- 4) Se registran todas las mediciones y se grafican los datos de resistencia, escape y temperatura utilizando una hoja de cálculo de Excel

Durante los primeros 26 días de la prueba la resistencia del conductor y la corriente de escape en el suelo se incrementaron significativamente en todas las cuatro muestras de control. Se retiran cada una de la prueba (desconectadas del voltaje) en la medida en que la resistencia del conductor excede 1,000 micro-ohms.

La resistencia del conductor y la corriente de escape al suelo para las ocho muestras autosellantes no cambia significativamente durante la prueba.

Se mide la resistividad eléctrica del suelo al final de la prueba al colocar una muestra del suelo en un tubo de PVC de 17 pulgadas (0,43 m) de largo, 2 pulgadas (0,05 m) de diámetro interno. Este se empaca a la misma densidad utilizada en el tanque de prueba. Se presionan electrodos de placa de cobre de dos pulgadas (0,05 m) contra el suelo en cada extremo del tubo. Se aplica 120 voltios de ca a través de electrodos y se mide la corriente resultante. Se utilizan la corriente y el voltaje para calcular la resistencia de la muestra, la cual luego se convierte para resistividad.

Se mide el contenido de humedad y la densidad al inicio y al final de la prueba. Para hacer la medición, se toma una muestra de suelo utilizando un tubo shelly de metal de 1/30 pies cúbicos ( $9.4 \times 10^{-4} m^3$ ). La muestra se seca en horno para calcular la humedad y densidad. Se utilizan pesos medidos para calcular el contenido de humedad.

Se resumen las mediciones de resistividad, humedad y densidad en la Tabla 1.

Tiempo de medición	Resistividad Eléctrica (ohm-metros)	Contenido de humedad (% por peso)	Densidad de humedad (libras/pies <sup>3</sup> )
Inicial	4,3	Cerca a saturación	126 (2018kg/m <sup>3</sup> )
Final	5,1	15,8	126 (2018kg/m <sup>3</sup> )

Las mediciones de resistencia de aislamiento, resistencia del conductor y temperatura de la muestra realizada durante la prueba se muestran en las Figuras 6-8. Las muestras se identifican como S1, S2, S3, etc. Las primeras cuatro son control, las ocho restantes son autosellantes. Adicionalmente, C = Control, SS = Autosellante.

Durante los periodos de corriente con relativamente alto escape sobre las muestras de control la temperatura de dichas muestras también son relativamente altas. En las Figuras 5, 6 y 7 se muestran fotografías de las muestras bajo prueba. A partir de las fotografías es obvio que las muestras de control experimentan corrosión significativa mientras que las muestras autosellantes no experimentan corrosión notable.

**EJEMPLO 2**

Se corre una prueba de carga cíclica sobre el cable con aletas de la presente invención y se compara con los cables técnica anterior sin aletas similares. Se prueban muestras de 50 pies (15.2 m). Las muestras tienen una temperatura de conductor de 50 ° C y se ciclizan en 8 horas un día y apagadas 16 horas, 7 días a la semana. Los cables terminan con un conector mecánico. No se utiliza sello de ducto, cinta de enmascarar, cinta eléctrica, o similares. Las partes superiores de las muestras están aproximadamente 11 pies (3.35 m) por encima del piso. Las muestras gradualmente se inclinan hacia el piso.

ES 2 528 381 T3

Muestra 1 (Invección)			
Semanas de Envejecimiento	Retroencogimiento en la parte superior	Retroencogimiento en la parte inferior	Retroencogimiento total (pulgadas)
Inicial	,0000	,0000	,0000
1	,3035 ( $7,7 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,1510 ( $3,8 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,4545 ( $1,2 \times 10^{-2} \text{m}$ )

Muestra 2 (Invección)			
Semanas de Envejecimiento	Retroencogimiento en la parte Superior	Retroencogimiento en la parte Inferior	Retroencogimiento Total (pulgadas)
Inicial	,0000	,0000	,0000
1	,1385 ( $3,5 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,1880 ( $4,8 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,3265 ( $8,3 \times 10^{-3} \text{m}$ )

Muestra 1 - Simple (Técnica Anterior)			
Semanas de Envejecimiento	Retroencogimiento en la Parte Superior	Retroencogimiento en la Parte Inferior	Retroencogimiento Total (pulgadas)
Inicial	,8450 ( $21,46 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,2220 ( $5,64 \times 10^{-3} \text{m}$ )	1,0670 ( $27,10 \times 10^{-3} \text{m}$ )
1	4,6375 ( $117,79 \times 10^{-3} \text{m}$ )	1,2010 ( $30,50 \times 10^{-3} \text{m}$ )	5,8385 ( $148,29 \times 10^{-3} \text{m}$ )
2	5,5390 ( $140,69 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,8220 ( $20,88 \times 10^{-3} \text{m}$ )	6,3610 ( $161,57 \times 10^{-3} \text{m}$ )
3	5,9350 ( $150,75 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,6735 ( $17,107 \times 10^{-3} \text{m}$ )	6,6085 ( $167,86 \times 10^{-3} \text{m}$ )
4	6,1110 ( $155,22 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,6150 ( $15,62 \times 10^{-3} \text{m}$ )	6,7260 ( $170,84 \times 10^{-3} \text{m}$ )
5	5,9065 ( $150,03 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,5850 ( $14,86 \times 10^{-3} \text{m}$ )	6,4915 ( $162,94 \times 10^{-3} \text{m}$ )
6	6,3725 ( $161,86 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,6020 ( $15,29 \times 10^{-3} \text{m}$ )	6,9745 ( $177,15 \times 10^{-3} \text{m}$ )
7	6,2960 ( $159,92 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,7320 ( $18,59 \times 10^{-3} \text{m}$ )	7,0280 ( $178,51 \times 10^{-3} \text{m}$ )
8	6,4500 ( $163,83 \times 10^{-3} \text{m}$ )	,5340 ( $13,56 \times 10^{-3} \text{m}$ )	6,9840 ( $177,39 \times 10^{-3} \text{m}$ )

ES 2 528 381 T3

9	6,6855 (169,81x10 <sup>-3</sup> m)	,4350 (11,05x10 <sup>-3</sup> m)	7,1205 (180,86x10 <sup>-3</sup> m)
---	------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------

Muestra 2 - Sello del Ducto (Técnica anterior)			
Semanas de Envejecimiento	Retroencogimiento en la Parte Superior	Retroencogimiento en la Parte Inferior	Retroencogimiento Total (pulgadas)
Inicial	3,1,345 (79,62x10 <sup>-3</sup> m)	2,7980 (71,07x10 <sup>-3</sup> m)	5,9325 (150,68x10 <sup>-3</sup> m)
1	3,7155 (94,37x10 <sup>-3</sup> m)	2,7255 (69,23x10 <sup>-3</sup> m)	6,441,0 (163,60x10 <sup>-3</sup> m)
Muestra 2 - Sello del Ducto (Técnica anterior)			
2	4,7570 (120,83x10 <sup>-3</sup> m)	2,0195 (51,29x10 <sup>-3</sup> m)	6,7765 (172,12x10 <sup>-3</sup> m)
3	5,1600 (131,06x10 <sup>-3</sup> m)	1,531,5 (38,90x10 <sup>-3</sup> m)	6,6915 (169,96x10 <sup>-3</sup> m)
4	5,4965 (139,61x10 <sup>-3</sup> m)	1,2150 (30,86x10 <sup>-3</sup> m)	6,7115 (170,47x10 <sup>-3</sup> m)
5	5,7300 (145,54x10 <sup>-3</sup> m)	1,1115 (28,23x10 <sup>-3</sup> m)	6,8415 (173,77x10 <sup>-3</sup> m)
6	5,6915 (150,24x10 <sup>-3</sup> m)	1,2420 (31,55x10 <sup>-3</sup> m)	6,9335 (176,11x10 <sup>-3</sup> m)
7	3,1,345 (79,62x10 <sup>-3</sup> m)	2,7980 (71,07x10 <sup>-3</sup> m)	5,9325 (150,68x10 <sup>-3</sup> m)
8	6,0065 (152,56x10 <sup>-3</sup> m)	1,0395 (26,40x10 <sup>-3</sup> m)	7,0460 (178,97x10 <sup>-3</sup> m)
9	6,1285 (155,66x10 <sup>-3</sup> m)	,8860 (22,50x10 <sup>-3</sup> m)	7,0145 (178,17x10 <sup>-3</sup> m)

Muestra 3 -Cinta de Enmascarar (Técnica anterior)			
Semanas de envejecimiento	Retroencogimiento en la parte superior	Retroencogimiento en la parte inferior	Retroencogimiento Total (pulgadas)
Inicial	,2270 (5,76x10 <sup>-3</sup> m)	,2195 (5,57x10 <sup>-3</sup> m)	0,4465 (11,34x10 <sup>-3</sup> m)
1	3,6490 (92,68x10 <sup>-3</sup> m)	1,6500 (41,91x10 <sup>-3</sup> m)	5,2990 (134,59x10 <sup>-3</sup> m)
2	3,5330 (89,74x10 <sup>-3</sup> m)	2,0550 (52,197x10 <sup>-3</sup> m)	5,5880 (141,94x10 <sup>-3</sup> m)
3	4,0990 (104,11x10 <sup>-3</sup> m)	1,6900 (42,93x10 <sup>-3</sup> m)	5,7890 (147,04x10 <sup>-3</sup> m)
4	4,3685 (110,96x10 <sup>-3</sup> m)	1,5315 (38,90x10 <sup>-3</sup> m)	5,9000 (149,86x10 <sup>-3</sup> m)
5	4,4675 (113,47x10 <sup>-3</sup> m)	1,4650 (37,21x10 <sup>-3</sup> m)	5,9325 (150,68x10 <sup>-3</sup> m)
6	4,6870 (119,05x10 <sup>-3</sup> m)	1,3660 (34,69x10 <sup>-3</sup> m)	6,0530 (153,74x10 <sup>-3</sup> m)
7	4,6605 (118,37x10 <sup>-3</sup> m)	1,3435 (34,12x10 <sup>-3</sup> m)	6,0040 (152,50x10 <sup>-3</sup> m)
8	4,7635 (120,99x10 <sup>-3</sup> m)	1,2190 (30,96x10 <sup>-3</sup> m)	5,9825 (151,95x10 <sup>-3</sup> m)
9	4,9370 (125,39x10 <sup>-3</sup> m)	1,0500 (26,67x10 <sup>-3</sup> m)	5,9870 (152,07x10 <sup>-3</sup> m)

Más del 80% del retroencongimiento total del cable de la técnica anterior ocurre en la primera semana de la prueba.

Los resultados comparativos con la presente invención muestran una reducción dramática en el retroencogimiento después de 1 semana de prueba. La reducción es de más del 92% cuando se compara con la técnica anterior.

**REIVINDICACIONES**

1. Un cable eléctrico (11) que comprende:
  - un conductor trenzado (12);
  - una capa interna (14) alrededor del conductor trenzado;
- 5 una capa externa (13);
  - una pluralidad de aletas (15) que conectan la capa interna y la capa externa, las aletas comprenden una porción de la capa interna y una porción de la capa externa; y
  - un material sellante (10) dispuesto entre la capa interna, la capa externa, y una pluralidad de aletas;
  - en donde la composición de la capa interna y la capa externa son diferentes.
- 10 2. El cable eléctrico (11) de la reivindicación 1, en donde:
  - la capa interna (14) comprende un termoplástico o un termoendurecido; y
  - la capa externa (13) comprende un termoplástico o un termoendurecido.
3. El cable eléctrico (11) de la reivindicación 1, en donde:
  - la capa interna (14) comprende un polietileno o un PVC; y
- 15 la capa externa (13) comprende un polietileno o un PVC.
4. El cable eléctrico (11) de la reivindicación 1, en donde el conductor trenzado (12) comprende cobre, aluminio, aleaciones de cobre, o aleaciones de aluminio.
5. El cable eléctrico (11) de la reivindicación 1, en donde el cable eléctrico se configura para llevar voltajes de hasta 15 kV.
- 20 6. El cable eléctrico (11) de la reivindicación 1, en donde el material sellante (10) comprende poliisobuteno.
7. El cable eléctrico (11) de la reivindicación 1, en donde la capa interna (14), la capa externa (13), y el material sellante (10) comprenden un flujo multicapa formado antes de ser aplicado al conductor trenzado (12).
8. Un método para elaborar un cable eléctrico autosellante (11), el método comprende:
  - (a) proporcionar un conductor (12);
- 25 (b) formar un flujo multicapa que comprende:
  - Una capa interna (14),
  - Una capa externa (13),
  - Una pluralidad de aletas (15) que conectan la capa interna y la capa externa, y
  - Un material sellante (10) dispuesto entre la capa interna, la capa externa, y la pluralidad de aletas; y
- 30 (c) aplicar el flujo multicapa sobre el conductor;
  - En donde el flujo multicapa se forma antes de ser aplicado sobre el conductor.
9. El método de la reivindicación 8, en donde el conductor (12) es un conductor trenzado.

10. El método de la reivindicación 8, en donde las aletas (15) comprenden una porción de capa interna (14) y una porción de capa externa (13).
11. El método de la reivindicación 8, en donde la composición de la capa interna (14) y la capa externa (13) son diferentes.
- 5 12. El método de la reivindicación 8, en donde el flujo multicapa se forma dentro de una cabeza de extrusión multicapa antes de ser aplicada sobre el conductor (12).
13. El método de la reivindicación 8, en donde
- la capa interna (14) comprende un termoplástico o un termoendurecido; y
- la capa externa (13) comprende un termoplástico o un termoendurecido.
- 10 14. El método de la reivindicación 8 en donde:
- la capa interna (14) comprende un polietileno o un PVC;
- la capa externa (13) comprende un polietileno o un PVC; y
- el material sellante (10) comprende poliisobuteno.



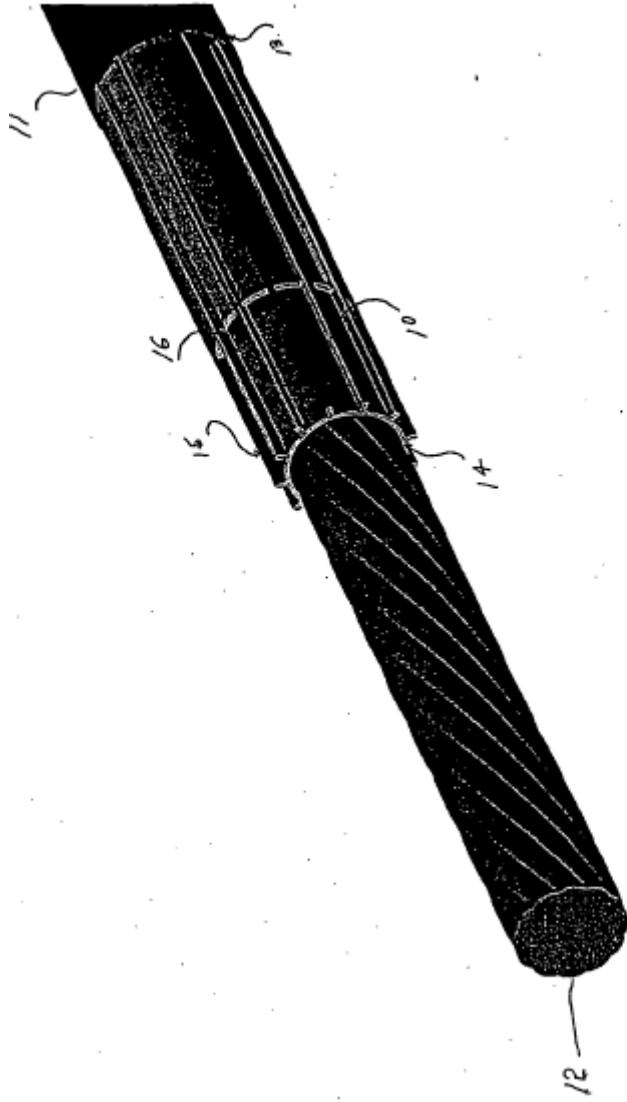


FIG. 1

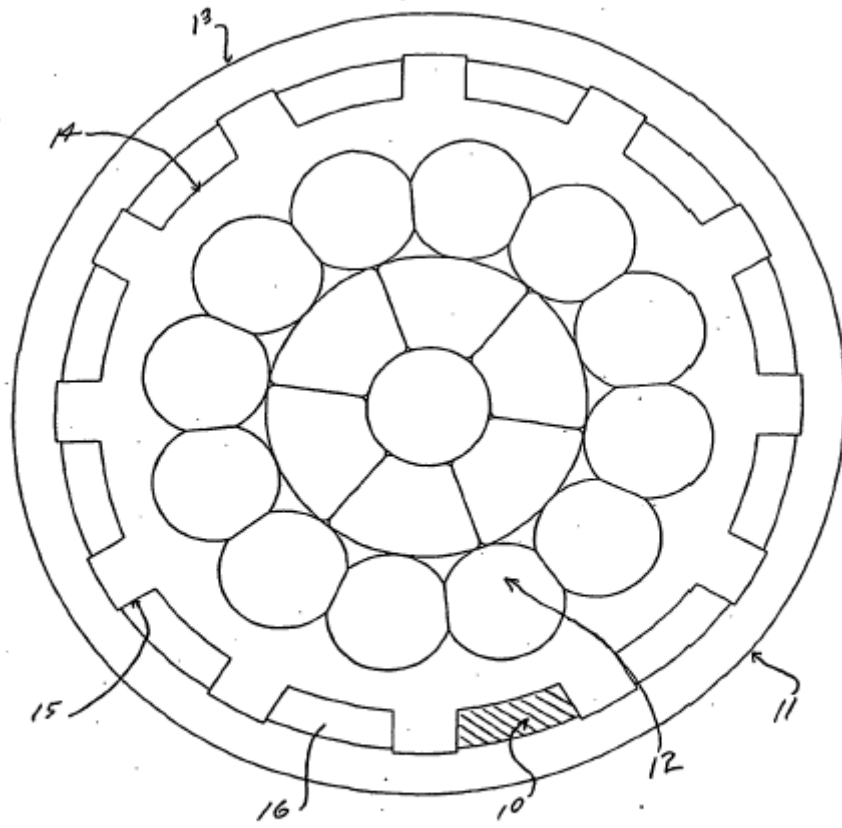


FIG. 2

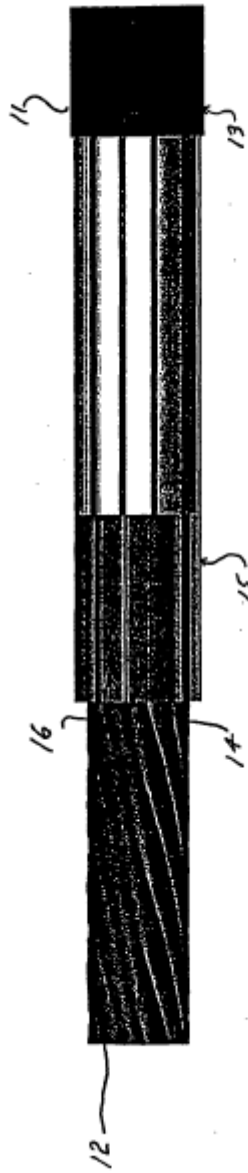
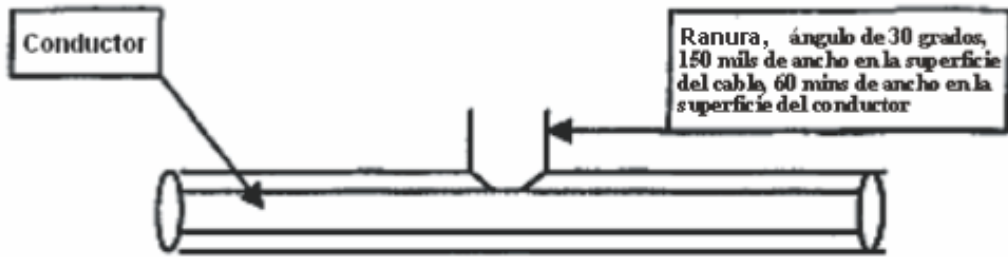
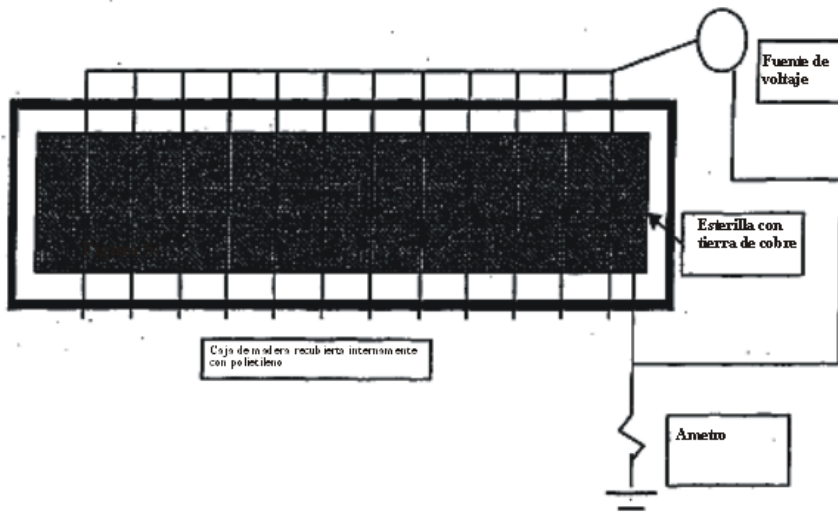


FIG. 3



**FIG. 4**



Caja de muestra recubierta internamente con polietileno

Fuente de voltaje

Esterilla con tierra de cobre

Ametro

Clave de Daño:----daño de ranura  
Muestras de control 1-4  
Muestras autosellantes 5-12

FIG. 5

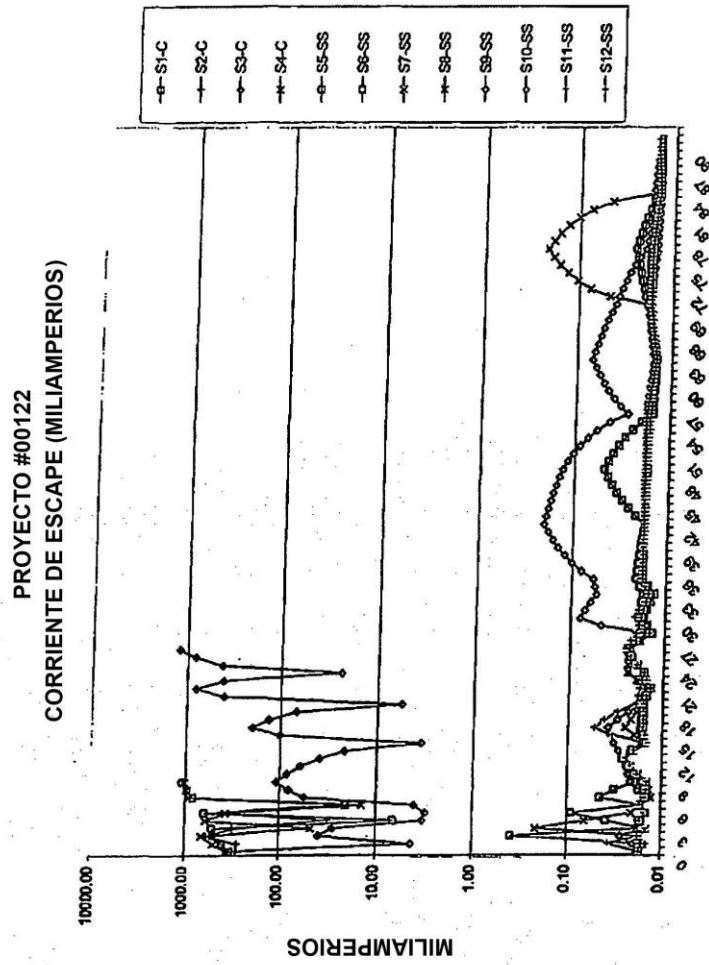


Figura 6. Mediciones de Corriente de Escape de Muestra de Cable

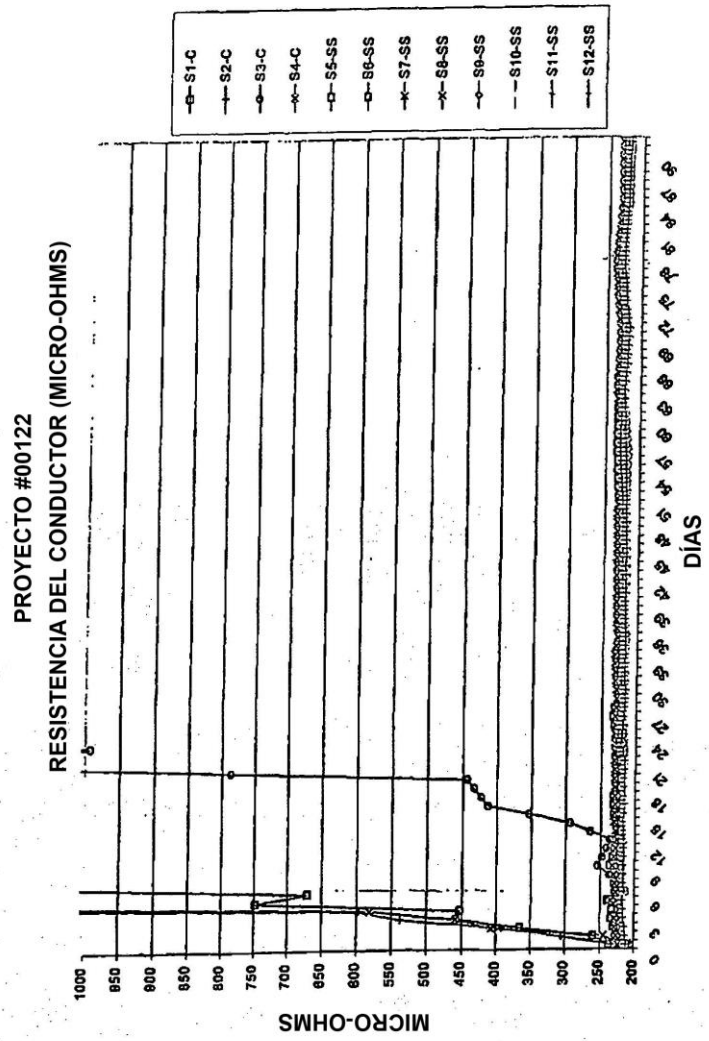


Figura 7. Mediciones de Resistencia de conductor de Muestra de Cable

PROYECTO #00122  
PERFIL DE TEMPERATURA

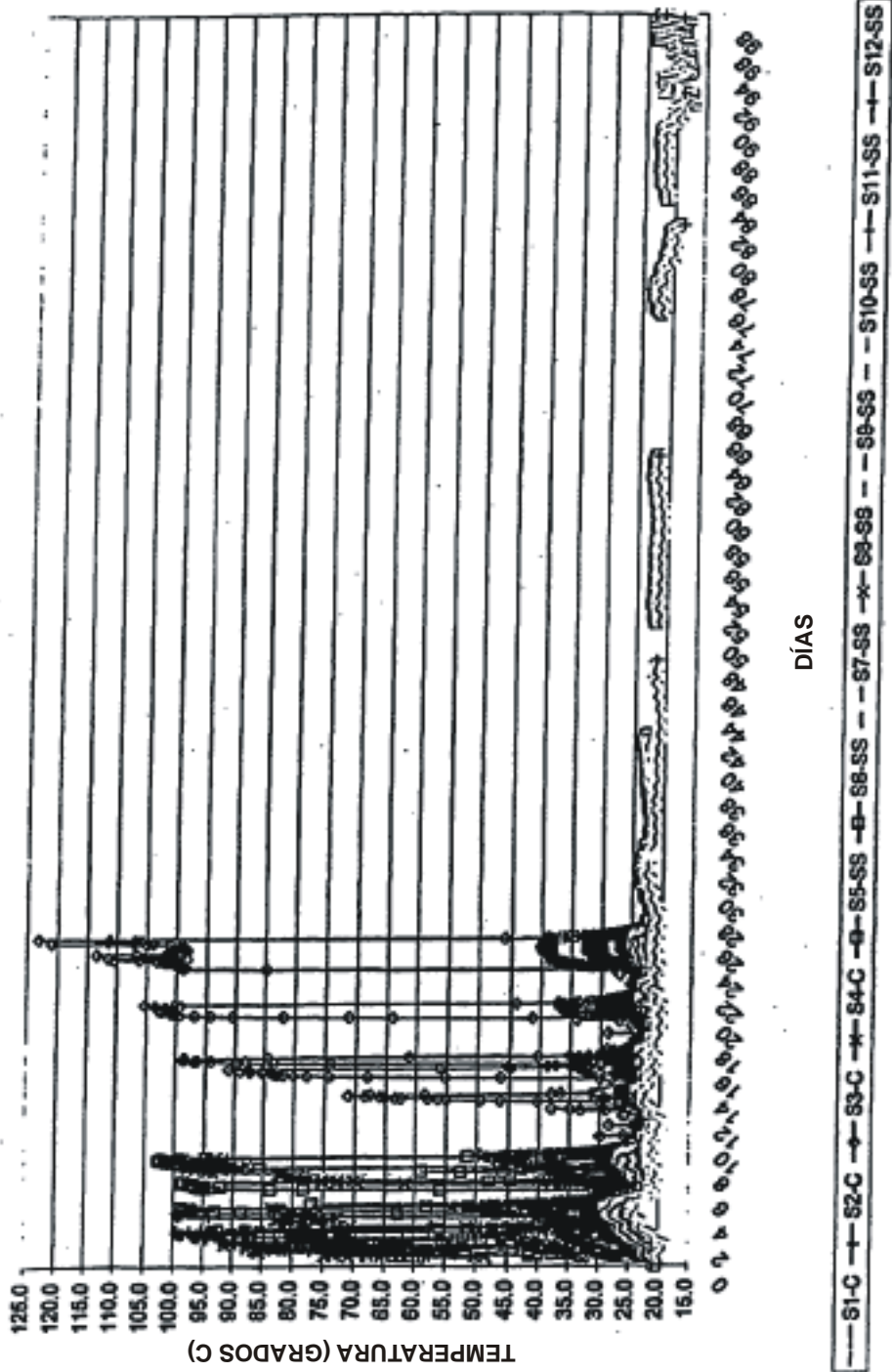


Figura 8. Mediciones de Corriente de Escape de Muestra de Cable



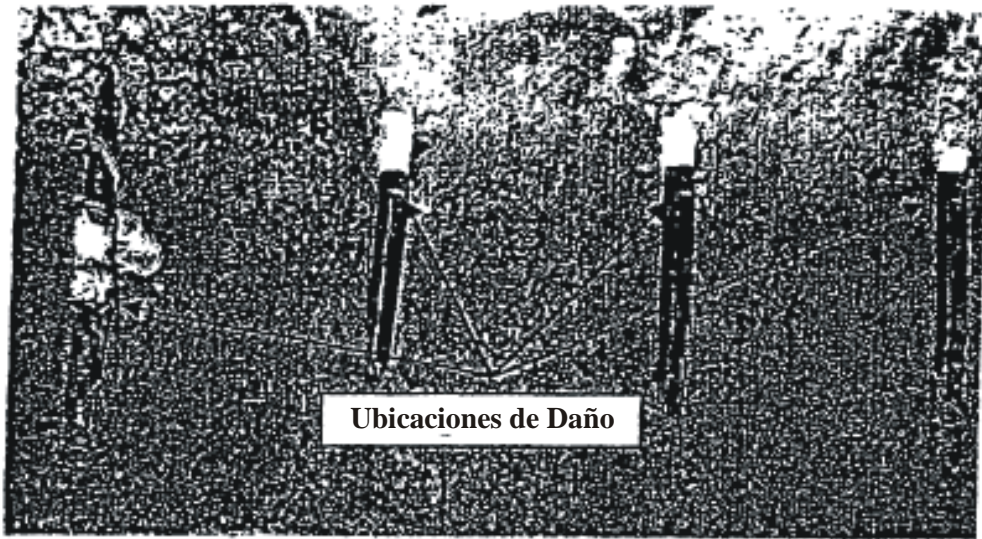


Figura 9: Izquierda a Derecha Muestra 4 (Control) y Muestras 5-7 (Autosellante) después de 91 días en prueba

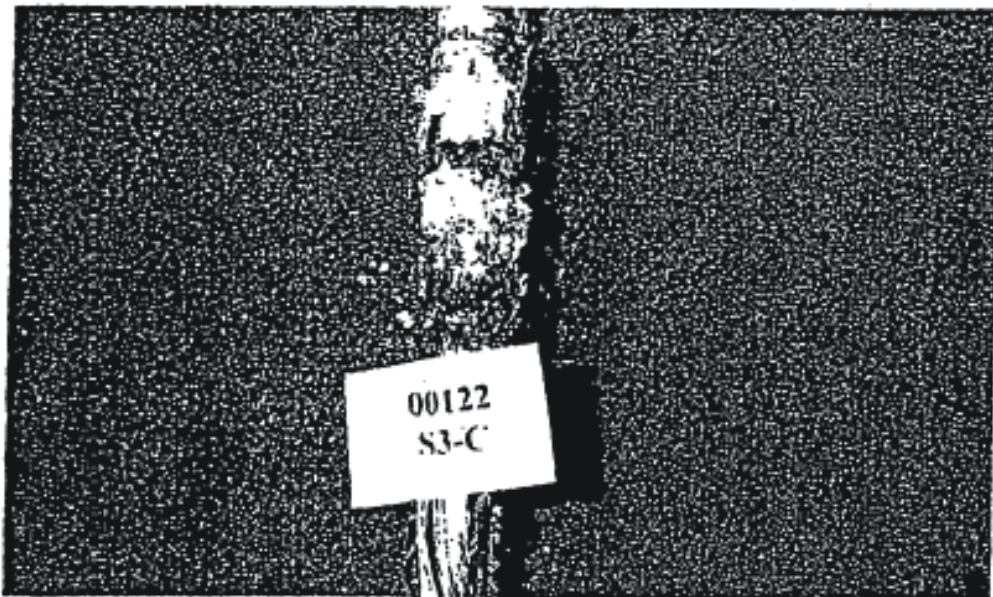


Figura 10: Muestra 3 (Control) con corrosión significativa después de 91 días en la prueba



**Figura 11: Muestra 8 (Autosellante) Corrosión no visible después de 91 días en la prueba**

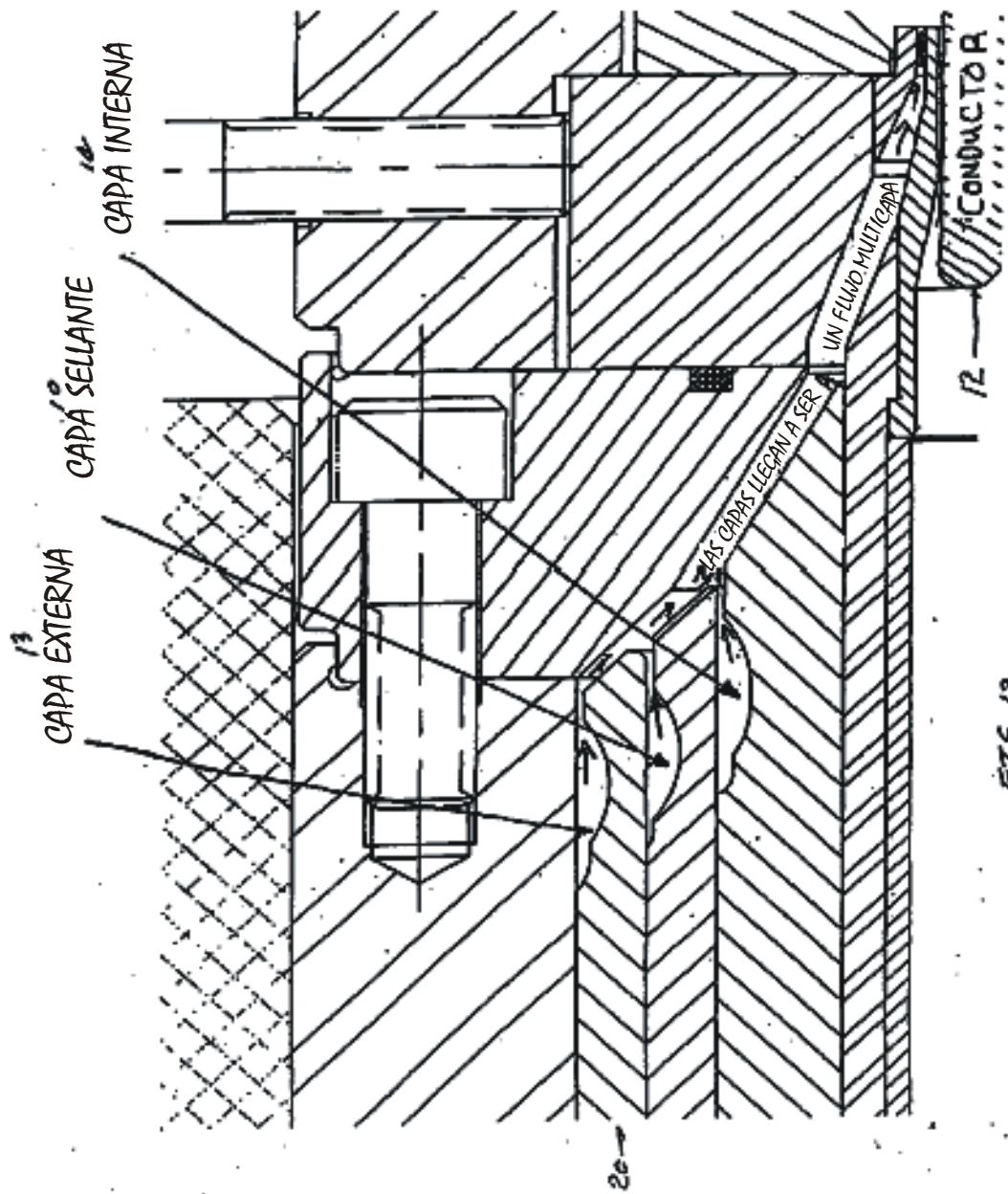


FIG. 12

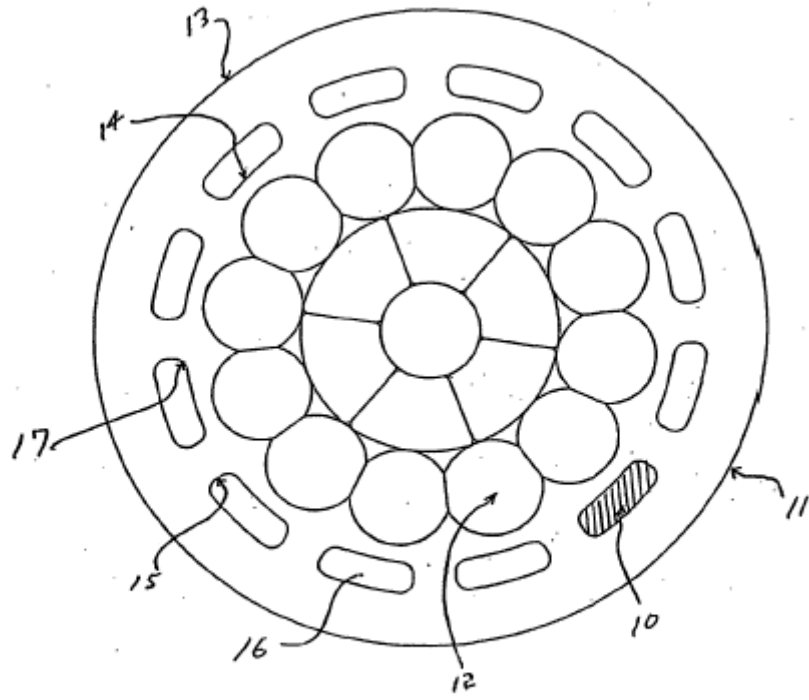


FIG. 13