



5.1 RECUBRIMIENTOS

Los recubrimientos en general son elementos de diferente constitución y aplicación que confieren protección eléctrica o mecánica al cable.

Cada uno de ellos tiene una función específica que determinará que el cable tenga un buen funcionamiento en el cometido para el que ha sido proyectado.

Entre los recubrimientos distinguimos los siguientes:

- AISLANTES
- SEMICONDUCTORES
- PANTALLAS METÁLICAS
- RELLENOS
- ASIENTO DE ARMADURA
- ARMADURAS
- CUBIERTAS

Que describimos a continuación:

5.2 AISLANTES

Es la capa que, contigua al conductor, lo protege eléctricamente con respecto a cuanto lo rodea. Son normalmente los elementos más delicados, siendo su deterioro, más o menos rápido, el que limita en la mayoría de los casos la vida de un cable. Las condiciones ambientales y climáticas o los contactos con agentes agresivos, así como la falta de cuidado en la instalación, manejo y conservación, son las causas principales por las que se limita la vida del cable.

Bajo el punto de vista científico, el estudio de los aislantes tiene un gran interés ya que sus propiedades eléctricas fundamentales deben ser conjugadas íntimamente con otras cualidades físicas, así como con su constitución química. Los aislantes no son dieléctricos perfectos y siempre existe la posibilidad de que un electrón pase de un átomo al contiguo, unas veces por su propia constitución atómica y otras debido a impurezas; esto da lugar a una corriente muy débil, pero no obstante apreciable, denominada corriente de fuga.



Los aislantes u otros recubrimientos empleados en la fabricación de cables son muchos y muy variados. Resulta pues difícil hacer una revisión somera de estos materiales sin olvidar algunos y dando una visión precisa de las propiedades, aplicaciones, ventajas y desventajas. Los reduciremos a los tipos genéricos más normales.

Se clasifican en dos grandes grupos: TERMOPLÁSTICOS Y TERMOESTABLES.



5.2.1 TERMOPLÁSTICOS

Se denominan así aquellos materiales poliméricos a los que al aumentarles la temperatura se deforman bajo presión por pérdida de sus propiedades mecánicas. Esta fluencia a alta temperatura se emplea para su aplicación como aislamientos o recubrimientos en general por técnicas de extrusión. Al enfriarse recobran sus características mecánicas iniciales.

Los más usuales en la fabricación de cables eléctricos son: Policloruro de Vinilo (PVC), Polietileno lineal (PE), Poliolefinas (Z1), Poliuretano (PU), Fluorados (Tefzel, Teflón), etc.

5.2.2 PRINCIPALES MATERIALES POLIMÉRICOS TERMOPLÁSTICOS

El **Policloruro de Vinilo (PVC)** se obtiene partiendo del etileno o del acetileno haciéndolo reaccionar con ácido clorhídrico o cloro, polimerizándose por diversos procedimientos. Originariamente es una resina de color claro, dura, rígida y con escasa estabilidad en condiciones normales, por lo que se le deben incorporar productos estabilizantes. También se le añaden otras sustancias como los plastificantes, que le confieren dureza y flexibilidad adecuada, cargas que modifican sus propiedades físicas y economizan la mezcla resultante, colorantes, etc.



Con todo ello, adecuando las debidas proporciones, se obtienen mezclas con propiedades particulares para su empleo tanto en aislamientos, asientos y cubiertas protectoras que tienen que responder a las normas y ensayos que se especifican, como a los condicionantes particulares que se le exigen al cable dado su entorno, climatología, servicio, etc. (resistencia a aceites, altas o bajas temperaturas, productos químicos, reacción al incendio, etc.)

Su utilización actual más común es para cubiertas interiores y exteriores de los cables. Hasta aparecer los polietilenos reticulados como aislantes, el PVC ha sido un destacado aislante para los cables de baja tensión.

El **Polietileno** resulta de la polimerización del etileno, obteniéndose una cadena larga sin dobles enlaces y por ello muy estable. La polimerización se ha conseguido durante mucho tiempo a altas presiones (1.500 bar) y temperaturas entre 100 y 250° C. Recientemente, se obtiene con presión normal y temperaturas entre 20-70° C.

Su producción se establece en diversas cualidades que se diferencian por el peso molecular medio del producto y por su viscosidad.

Las propiedades eléctricas del polietileno son realmente excepcionales, por lo que lo hacen insustituible como aislamiento para cables de radiofrecuencia, en



la variante de polietileno celular y telecomunicaciones. Antes de aparecer la técnica de su reticulación, se usó también como aislamiento de cables de media tensión.

Al igual que el PVC, no sólo se utiliza como aislamiento sino como cubierta protectora de los cables eléctricos, tanto por su alta resistencia a los impactos y a la abrasión, como por su muy baja absorción de humedad, empleándose en la actualidad casi exclusivamente en los cables de media y alta tensión.

Cuando se emplea para cables de uso a la intemperie y dado que el polietileno presenta cierta degradación de sus características mecánicas por la acción de los rayos ultravioleta, resulta efectivo incorporarle una pequeña proporción de negro de humo que absorbe la radiación.

5.2.3 TERMOESTABLES

Se denominan así a los materiales poliméricos a los cuales se les incorporan peróxidos orgánicos bajo presiones y temperaturas adecuadas en el proceso de extrusión, consiguiendo así su vulcanización o reticulación al crearse enlaces transversales entre las moléculas del polímero, de tal forma que el material resultante no funde ni se deforma al aumentar la temperatura.

Los más usuales son: Etileno Propileno (EPR), Polietileno Reticulado (XLPE), Hypalon (CSP), Neopreno (PCP), Caucho Natural (SBR), Acetato de Etil Vinil (EVA), Silicona (SI), etc.



5.2.4 PRINCIPALES MATERIALES POLIMÉRICOS TERMOESTABLES

El **Polietileno Reticulado (XLPE)** empezó a usarse a partir de los años 60 para aislamiento de cables de Baja Tensión, extendiéndose su campo de aplicación posteriormente para cables de Media y Alta Tensión. Su consumo ha ido en constante aumento incluso para muy Altas Tensiones. En España, GENERAL CABLE produce e Instala (proyectos llave en mano) cables de 66 hasta 220 KV, mientras que las instalaciones disponibles en Francia ofrecen soluciones hasta 500KV.

El Polietileno Reticulado es un material duro, con una elevada resistencia a la rotura (superior al caucho y al Polietileno natural). Su condición de termoestable le permite temperaturas de régimen permanente de 90°C. Esta propiedad, junto a su baja resistividad térmica (350°C. cm/W), le permite soportar situaciones de emergencia. En cortocircuitos francos puede llegar incluso a 250°C. La resistencia a bajas temperaturas es excelente, llegando a - 70°C.

El **Polietileno** se reticula con la incorporación de peróxidos orgánicos (peróxido de dicumilo), cuando la temperatura del compuesto supera los 140°C el peróxido se descompone capturando átomos de hidrógeno de las cadenas poliméricas, es decir, creando radicales en el polietileno. Estos radicales forman enlaces

carbono-carbono uniendo las moléculas de polietileno en una red tridimensional.

En la fabricación de cables con este tipo de aislamiento, la extrusión y la reticulación se combinan en un único proceso.

Tras la extrusión y sin contacto

con el exterior, el cable penetra en el tubo de vulcanización donde se aumenta la temperatura, bien subiendo la presión del vapor del agua que llena el tubo, o bien mediante equipos de infrarrojos en atmósfera de N₂ en el procedimiento conocido como "dry curing", para que en presencia de peróxidos que actúan como catalizadores tenga lugar la reticulación.

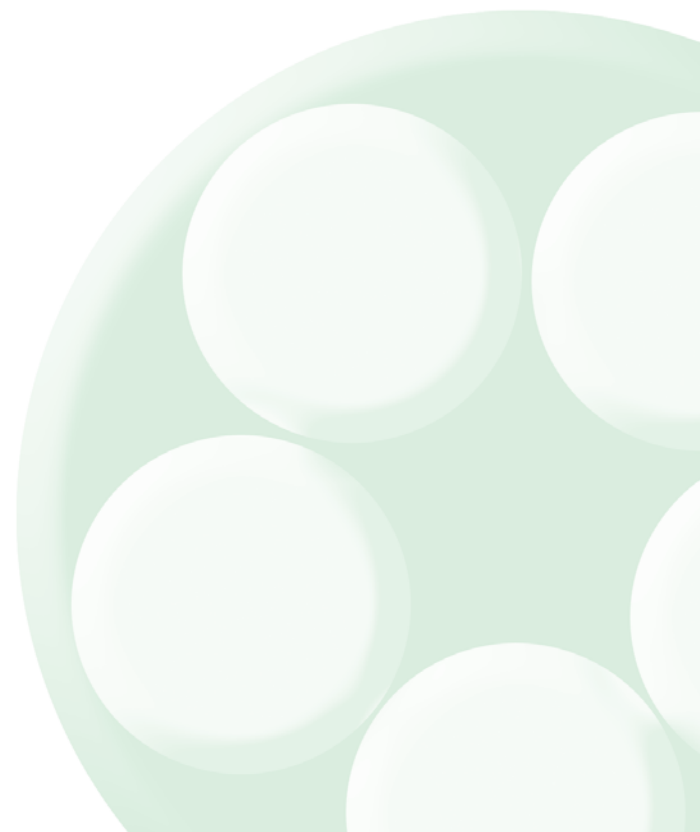




El **Etileno - Propileno (EPR)** es un copolímero de etileno y propileno. Con la incorporación de otros elementos: plastificantes, antioxidantes, lubricantes, colorantes y un buen número de otros variados productos, se consigue una mezcla cruda que tiene que ser vulcanizada mediante la incorporación de peróxidos. Esta vulcanización se consigue al extruirlo y con unas condiciones determinadas de presión y temperatura, siguiendo un proceso similar al descrito para el Polietileno Reticulado.

Las propiedades dieléctricas son muy buenas, lo que hacen de él un aislamiento adecuado para la fabricación de cables de Media Tensión. En el campo de la Alta Tensión su empleo queda algo limitado por tener una resistencia térmica considerable (500°C. cm/W) y por sus valores en pérdidas dieléctricas (tag δ) más elevados que el PRC. Su alta flexibilidad lo hace ideal para instalaciones móviles

tanto de Baja como de Media Tensión:
enrolladores, industria naval, minas,
canteras, etc.



5.3 RESISTENCIA A PRODUCTOS QUÍMICOS

PRODUCTOS	POLICLOROPRENO	PVC ACRÍLICO	PRC / XLPE	PVC
Ácidos				
ACÉTICO 50%	-	-	+	+
CLORHÍDRICO 10%	+	-	+	+
NÍTRICO 10%	-	-	+	+
SULFÚRICO 10%	+	+	+	+
Bases				
AMONÍACO	+	+	+	+
SOSA 10%	+	+	+	+
SOSA 70%	-	-	+	+
Sales				
CLORURO DE ALUMINIO	+	+	+	+
“ FÉRRICO	+	+	+	+
“ DE BARIO	+	+	+	+
BICROMATO DE POTASIO	+	+	+	+
BICROMATO DE SODIO	-	+	+	+
SULFATO DE COBRE	+	+	+	+
CLORURO DE MERCURIO	+	+	+	+
Disolventes				
ALCOHOL ETÍLICO	+	-	+	-
ALCOHOL METÍLICO	+	-	+	-
AGUA A 100° C	-	-	+	+
ETILENO GLICOL	+	+	+	+
ACEITE DE LINO	+	+	+	+
FENOL	0	0	-	0
CICLOHEXANONA	0	0	-	0
BENZENO	0	0	0	0
TOLUENO	0	0	0	0
CICLOHEXANOL	0	-	-	0
BUTANOL	+	-	+	-
TETRACLORURO DE CARBONO	0	0	0	0
TRICLORETIENO	0	0	0	0
TETRACLORETANO	0	0	-	0
DICLORETANO	0	0	-	0
SULFURO DE CARBONO	0	0	0	0
WHITE SPIRIT	-	+	-	-
ESENCIA DE TREMENTINA	0	0	0	0
ACEITE GRASO 70° C	-	+	0	-
PETRÓLEO	-	+	-	-
ACETONA	-	0	-	0
ACETATO DE ETILO	0	0	-	0
ACETATO DE BUTILO	0	0	-	0
CLOROFORMO	0	0	0	0
ACEITE DE TRANSFORMADOR	-	-	0	-
PIRALENO	0	0	0	0

(+) = BUENO (-) = POCO (0) = NULO



5.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES POLIMÉRICOS

TABLA 5

CARACTERÍSTICAS	PVC	PE	PRC XLPE	EPR	CAUCHO	POLICLORO- PRENO	HYPALON	PVC NITRILO
MECÁNICAS	MB	B	B	P	P-MB	B-MB	MB	B
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	B	EX	EX	MB	B	R	P	R
PÉRDIDAS ELÉCTRICAS	P	EX	MB	B	B	R	R	R
RESISTENCIA A LA INTEMPERIE	B	R-B	MB	B	R	B	MB	B
RESIST. PROPAG. DE LA LLAMA	B	N	R	N	N	B	B	B
RESISTENCIA AL OZONO	EX	EX	EX	EX	N	B	EX	EX
RESIST. AL ENVEJEC. Y AL CALOR	B	B	MB	MB	P	B	MB	B
TEMPERATURA MÁX. DE SERVICIO PERM.	70	65	90	90	60	75	85	75
RESISTENCIA AL ACEITE MINERAL	B	P	P	R	R	MB	MB	EX
FRAGILIDAD A BAJA TEMPERATURA	P	EX	MB	EX	MB	MB	B	B

EX: EXCELENTE

MB: MUY BUENO

B: BUENO

P: PASABLE

R: REGULAR

N: NULO

5.5 SEMICONDUCTORES

Consisten en capas extruidas de resistencia eléctrica reducida de materiales afines a los aislamientos. Si éstos son termoestables, las capas semiconductoras también lo serán.

Son aplicables fundamentalmente a los cables de media y alta tensión en dos capas:

La primera, directamente sobre el conductor, tiene por función confinar el campo eléctrico dentro de una superficie cilíndrica y equipotencial lo más uniformemente posible y con un espesor adecuado como para poder eliminar las irregularidades de los alambres que forman el conductor. Sin esta pantalla, el aislamiento quedaría sujeto a distintos gradientes de potencial. Este material está estudiado para que sea compatible con el aislamiento.

La segunda capa semiconductora tiene una misión análoga a la anterior, entre el aislamiento y la pantalla.

En GENERAL CABLE, el proceso de producción de los cables de media y alta tensión, en cuanto a la colocación de las capas semiconductoras y del aislamiento, se realiza por el procedimiento de “Triple Extrusión Simultánea”, que consiste en hacer confluír los tres fluidos por diferentes canales dentro de un único cabezal en el mismo instante y sin presencia de atmósfera contaminante, como se puede dar en los sistemas convencionales de extrusión.

Las pantallas semiconductoras también tienen gran aplicación para cables de baja tensión en la industria minera y en los cables de utilización para usos móviles. Esta capa semiconductora permite captar radialmente cualquier corriente de defecto originada entre el conductor y su aislamiento y trasladarla por un conductor auxiliar de drenaje hasta un circuito de control de defectos, que permita la desconexión inmediata del servicio del cable. Por consiguiente, a





la vez que interrumpe la posibilidad de un cortocircuito importante que destruya la zona afectada del cable, elimina la posibilidad de que la gran energía liberada en la chispa o explosión, sea causa de incendio o deflagración.



5.6 PANTALLAS METÁLICAS

Son elementos conductores, generalmente de cobre o de aluminio, que pueden tener diversas funciones:

- Proteger de la influencia de inducciones exteriores
- Dar salida a las corrientes de defecto
- Uniformizar y conferir los campos eléctricos
- Blindar de señales externas o internas
- Etc.

En los cables de media y alta tensión, se emplean básicamente tres tipos:

- Flejes de cobre arrollados en hélice solapada sobre capa semiconductor (H1).
- Alambres de cobre adaptados en hélice sobre capa semiconductor con una sección específica (H16, H25, etc.).
- Funda de plomo (Pb) en la industria petroquímica para asegurar estanqueidad ante la presencia de hidrocarburos y en cables de aislamiento de papel (prácticamente abandonado).

Se utilizan otros tipos de pantallas para cables de control, instrumentación, telefonía, datos, etc., cuya aplicación sólo es exclusiva para que las débiles corrientes que circulan por los conductores no se vean afectadas por señales de otros conductores contiguos o señales externas de tipo electrostático. Es corriente ver cables de instrumentación con pantallas individuales para cada par, así como otra colectiva sobre todo el conjunto de pares. Estas pantallas

generalmente están constituidas por una lámina de aluminio de pocas micras de espesor que se encuentra adherida a un soporte de tereftalato de Pe (Melinex, Mylar, etc.) que le confiere mayor resistencia mecánica al conjunto. Esta cinta se arrolla en hélice sobre el cable a proteger; no obstante, con objeto de asegurar su continuidad al conjunto apantallado, se le dota de un conductor flexible de escasa sección llamado drenaje.

5.7 RELLENOS

El relleno es la masa de material que tiene por función ocupar los espacios vacíos dejados en el cableado de los conductores aislados, de tal forma que sea capaz de conferir una envolvente cilíndrica y lisa. Los rellenos pueden ser de textiles o de material plástico.

Las condiciones fundamentales que se deben exigir a los rellenos son:

- NO HIGROSCOPICIDAD (facultad de no absorber o exhalar humedad).
- COMPATIBILIDAD CON LOS MATERIALES CONTIGUOS.



5.8 ASIENTO DE ARMADURA

Los cables diseñados con armaduras metálicas disponen de una capa extruida que, colocada sobre el relleno anteriormente citado, sirve de colchón de la armadura y por tanto puede proteger los aislamientos de posibles interacciones con las masas metálicas.



El asiento de armadura será de PVC, por regla general, en los cables cuya cubierta exterior también lo sea. Si esta particularidad queda reflejada en la designación del cable, ej.: R V M V., la calidad y características de este PVC deben corresponder a las mismas que de la cubierta exterior del cable. Por el contrario, el hecho de que no quede indicado en la designación, ej.: R M V, demuestra que el ASIENTO tiene una calidad que no responde a la exigencia de la NORMA constructiva.

En los cables armados y con cubiertas elastoméricas: (Policloroprenos, Hypalon, etc.), el asiento de armadura será de características elastoméricas.

Las Normas exigen para los asientos:

- ESPESORES
- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
- ESTANQUEIDAD
- NO HIGROSCOPICIDAD
- COMPATIBILIDAD CON LOS MATERIALES CONTIGUOS



5.9 ARMADURA

Son elementos metálicos destinados a la protección mecánica del cable. Generalmente son de acero galvanizado o pavonado. Para evitar las pérdidas por inducción en los cables unipolares, las armaduras deben estar constituidas por metales amagnéticos: aluminio, cobre, bronce, etc.

Los tipos de armaduras más utilizados son: ARMADURA DE FLEJES, ARMADURA DE ALAMBRES Y ARMADURA DE FLEJES CORRUGADOS.

5.9.1 ARMADURA DE FLEJES

Constituida por dos flejes aplicados en hélice, de forma que el superior cubre los espacios libres que deja el inferior, permitiendo por tanto que el conjunto tenga cierto grado de movilidad durante su tendido en las curvas, así como deslizamiento de las espiras que constituyen la armadura.

5.9.2 ARMADURA DE ALAMBRES

Constituida por alambres de acero galvanizado o alambres de aluminio en el caso de ser cables unipolares, que se aplican cableados alrededor del asiento de armadura, en disposición contigua en hélice, cubriendo la totalidad de la periferia del cable. Los alambres de acero tienen una carga de rotura mínima de 35 Kg/mm² y los de aluminio de 16 Kg/mm².

Las armaduras de alambres son muy adecuadas para soportar esfuerzos de tracción durante el tendido del propio cable o bien para soportar su peso en canalizaciones con pendientes pronunciadas e incluso en instalación vertical como ocurre en los pozos de las minas. Es frecuente, cuando se utiliza en la industria minera, incorporar a los alambres de acero otros de cobre y del mismo diámetro, al objeto de aumentar la conductancia de la armadura y poder ser utilizada ésta además como conductor de protección.

Los cables con armaduras de alambres de acero son utilizados tanto en el sector industrial y petroquímico como en distribución y minería, así como prescritos en instalaciones de locales con riesgo de incendio y explosión, según se desprende de la Instrucción ITC-BT-029.

Los cables ARMIGRON UNIFIRE RVhMVh - 0,6/1kV cumplen esta instrucción.



Una variedad de la armadura de alambres es la trenza metálica. Constituida por un tejido de alambres de acero galvanizado o bronce, de diámetros pequeños: 0,2 a 0,5 mm que, entrelazados, forman una cobertura que puede llegar al 100% de la superficie a proteger. Su utilización es casi exclusiva para cables flexibles en servicios móviles, para cables de la industria naval, cables de señalización y control de la industria minera, o simplemente como una perfecta protección contra la acción destructiva de los roedores.

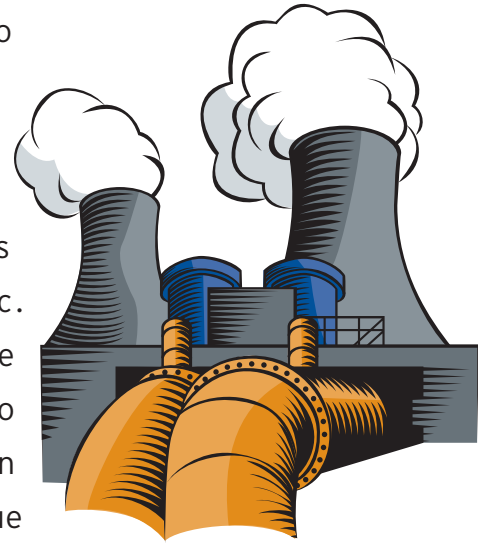
5.9.3 ARMADURA CORRUGADA

Está formada por el fleje longitudinal envolvente, teniendo las huellas de corrugación en sentido transversal al eje del cable, permitiendo un cierto grado de flexibilidad al mismo tiempo que ejerce una buena protección mecánica y antirroedores.



5.10 CUBIERTAS

Son las capas o envolventes externas que actúan como protección de los cables eléctricos, estando fundamentada su utilización por un gran número de causas, siendo la más común la de soportar tanto durante su tendido (instalación) como a lo largo de su vida útil los efectos mecánicos producidos por golpes, rozamientos, presiones, etc. Dependiendo de la ubicación, medio ambiente, tipo de instalación y servicio, así como por motivos de precaución o seguridad, las cubiertas también deben tener un comportamiento adecuado a cada una de las sollicitaciones que a priori se pidan. Es común que, para instalaciones dentro de los recintos en



refinerías y petroquímicas, la cubierta de PVC deba soportar la influencia de contactos accidentales con hidrocarburos o disolventes, existiendo para su comprobación normas que especifican ensayos, procedimientos y cumplimientos. Para centrales nucleares, las cubiertas deben responder, entre otros muchos cumplimientos, a una particular



resistencia a los efectos de las radiaciones, por estar dentro de un medio ambiental con alguna posibilidad de escape o fuga radioactiva. Para instalaciones eléctricas de cables en locales de concurrencia pública y ante la posibilidad de producirse fuegos, a pesar de las medidas de seguridad, los cables, y muy particularmente las cubiertas, deben presentar una determinada resistencia a los incendios: "CABLES NO

PROPAGADORES DE INCENDIO", a la vez que ausencia de gases halogenados que se generan en la descomposición por el fuego, ausencia de humos opacos de muy baja corrosividad.

Y así se podría definir un elevado número de situaciones particulares que, por experiencia en GENERAL CABLE, ya han sido estudiadas en multitud de

ocasiones, dando en cada caso la solución más adecuada que responda a los condicionantes solicitados.

La cubierta en los cables eléctricos, por tanto, es una protección general del cable, no debiendo olvidar nunca que la vida útil disminuye rápidamente ante cubiertas deterioradas por impactos, perforaciones, etc.

Esta circunstancia hace que en algunos tipos de cables, como son los de Media y Alta Tensión, sea extremadamente importante que se utilicen medios adecuados al realizar el tendido de los cables en canalizaciones subterráneas al objeto de no ser dañados. Un pequeño agujero, por imperceptible que sea, es suficiente para que se produzca una entrada de agua, o cuando menos humedad, que fluirá a lo largo del cable, produciéndose unos fenómenos electroquímicos que provocan la

aparición y desarrollo de las arborescencias, lo que significa una constante degradación de los materiales aislantes hasta producirse la perforación dieléctrica.



Al igual que en los aislamientos que ya hemos detallado anteriormente, las cubiertas podemos clasificarlas en dos grandes grupos: **TERMOPLÁSTICAS**, como el PVC, POLIETILENO y POLIURETANO en todas sus variedades, como las más utilizadas; y **TERMOESTABLES**, como el POLICLOROPRENO, HYPALON, CAUCHO NATURAL, SILICONAS, ACRILO NITRILO, etc.



5.11 CABLEADO

Consiste en la operación de enrollar dos o más conductores uno sobre el otro, alrededor de un eje imaginario, formando una hélice visible. La longitud más corta entre dos puntos del mismo conductor y de una misma generatriz después de haber dado la vuelta completa al eje de cableado y que al unirse forman una línea

recta se denomina: **PASO DE CABLEADO.**



En los cables utilizados para servicios móviles: grúas, enrolladores, minería, etc., los cableados deben tener un paso más corto que en cables rígidos convencionales.