

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
0541:2002**

**ALAMBRES Y CABLES AISLADOS
PARA DISTRIBUCIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA HASTA
2000 V Y CABLES DE CONTROL.**

1^{ra} REVISIÓN



CODELECTRA
COMITE DE ELECTRICIDAD DE VENEZUELA



FONDONORMA

PROLOGO

La presente norma sustituye totalmente a la Norma Venezolana **COVENIN 541:1973 Alambres y cables con aislamiento termoplástico para la transmisión y distribución de energía eléctrica**, fue revisada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización **CT-11 Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones**, por el Subcomité Técnico **SC-6 Conductores, Canalizaciones y Accesorios** a través del convenio para la elaboración de las normas suscrito entre **CODELECTRA** y **FONDONORMA**, siendo aprobada por **FONDONORMA** en su reunión del Consejo Superior N° **2002-10** de fecha **30/10/2002**.

En la revisión de esta norma participaron las siguientes entidades:

ARALVEN, S.A.
CABEL, C.A.
CABELUM
C.A ENERGIA ELECTRICA DE BARQUISIMETO
ELECTROCONDUCTORES
ICONEL
PDVSA

INDICE

	Página
1. Sección 1 General	1
1.1 Objeto	1
1.2 Información General	1
1.3 Información a ser suministrada por el comprador o usuario	1
Sección 2 Conductor	3
2. Generalidades	3
2.1 Propiedades físicas y eléctricas	3
2.2 Calibres del conductor	4
2.3 Resistencia cc del conductor por unidad de longitud	4
2.4 Diámetro del conductor	5
Tabla 2.1 Factores de incremento de peso	6
Tabla 2.2 Programa para establecer la resistencia cc máxima por unidad de longitud de conductores de cable terminado listado en Tablas 2-4 a 2-6	7
Tabla 2.3 Diámetros nominales para conductores de cobre y aluminio	8
Tabla 2.4 Resistencia nominal cc de conductor sólido o cableado en ohm por km a 25 °C	10
Tabla 2.5 Resistencia nominal cc a 25 °C para conductores flexibles de aluminio ..	10
Tabla 2.6 Resistencia nominal cc en ohm por km a 25°C para conductores flexibles de cobre blando	11
Tabla 2.7 Factores para determinar resistencia nominal de conductores cableados por km a 25°C	12
3. Sección 3 Aislamiento	13
3.1 Material	14
3.2 Niveles de aislamiento	14
3.3 Espesor del aislamiento	14
3.4 Espesor adicional de aislamiento para cables submarinos sin cubierta metálica exterior	15
3.5 Reparaciones	15
3.6 Grados y requisitos de aislamiento	15
Tabla 3.1 Clasificación del aislamiento	16
Tabla 3.2 Numerales de referencia para prueba de tensión	17
Tabla 3.3.1 Calibres de conductores, espesores de aislamiento y prueba de tensiones para aislamientos clase R (ver Tabla 3-1 para límites de tensión de diferentes grados de aislamiento)	18
Tabla 3.3.2 Calibres de conductores, espesores de aislamiento y prueba de tensiones para aislamientos clases T1 y T2 (ver Tabla 3-1 para límites de tensión de diferentes grados de aislamiento)	19
Tabla 3.4 Calibres de conductores, espesores de aislamiento, tensiones de prueba para aislamientos clase T4, T5, T6 y toda clase X y E (ver Tabla 3.1 para límites de tensión de diferentes grados de aislamiento)	20
Tabla 3.5 Calibres de conductores, espesor del aislamiento y tensiones de prueba para cables de potencia aislados clase T -3 cloruro de polivinilo/nylon	21
Tabla 3.6 Requisitos del aislamiento	22
Tabla 3.7 Requisitos del aislamiento	24
4. Sección 4 Recubrimientos	27
4.1 Cubiertas	27
Tabla 4.1 Requisitos de la Cubierta	29
Tabla 4.2 Espesor de Cubierta para Cables Monopolares Cables sin Pantalla 2.000 V o menos	31
Tabla 4.3 Espesor de Cubierta Opcional para los Cables Individuales de un Cable Múltiple Bajo una cubierta Común	32

	Tabla 4.4	Espesor de Cubierta Exterior para Cables Múltiples (Para Todos los Voltajes y Todos los Usos)	32
4.2		Revestimientos metálicos y asocia	32
4.3		División I	34
	Tabla 4.6	Espesor de Cubierta de Plomo para Cables sin Cubierta	34
	Tabla 4.7	Espesor de Cubierta de Plomo para Cables con Cubierta Exterior Termoestable o Termoplástica	35
	Tabla 4.8	Espesor de Cubierta Lisa de Aluminio	35
	Tabla 4.9	Ancho de la Cinta de Acero para Armaduras Planas (Con o sin Recubrimiento de Zinc)	37
	Tabla 4.10	Espesor de la Cinta de Acero para Armaduras Planas (Con o sin Recubrimiento de Zinc)	37
	Tabla 4.11	Ancho de la Cinta de Metal para Armaduras Entrelazadas	38
	Tabla 4.12	Espesor de la Cinta de Metal para Armaduras Entrelazadas	38
	Tabla 4.13	Espesor Mínimo del Metal para Armaduras de Corrugado Continuo	39
	Tabla 4.14	Número de Torsiones (Ensayo de Torsión)	40
	Tabla 4.15	Peso Mínimo de la Capa de Zinc	41
	Tabla 4.16	Diámetro del Mandril para Ensayo de Adherencia del Recubrimiento	41
	Tabla 4.17	Calibre del Alambre de Acero Galvanizado para Armadura de Cable Submarino	41
	Tabla 4.18	Tolerancias en Diámetro	41
	Tabla 4.19	Espesor del Asiento Bajo la Armadura Metálica para Núcleos sin Cubierta	42
	Tabla 4.20	Espesor de la Cubierta Exterior sobre Cubierta Metálica (Cables sin Armadura Metálica)	43
	Tabla 4.21	Espesor de la Cubierta Termoestable Reforzada Sobre Cubiertas o Armaduras Metálicas	43
	Tabla 4.22	Espesor de la Cubierta Termoestable No Reforzada y Cubierta Termoplástica Extruída Sobre Cubiertas o Armaduras Metálicas	46
4.4		División II	46
	Tabla 4.23	Calibre del Alambre de Acero Galvanizado para Armadura de Cable de Pozo de Perforación	47
	Tabla 4.24	Relación de Paso para Armadura de Alambres Galvanizados para Cable para Draga	47
	Tabla 4.25	Calibre del Alambre de Acero Galvanizado para Armadura de Cable para Draga	481
	Tabla 4.26	Calibre del Alambre de Acero Galvanizado para Armadura de Cable de Pozo de Minas y Elevadores Verticales	48
	Tabla 4.27	Espaciado y Ancho de las Bandas de Alambre	48
4.5		División III	49
	Tabla 4.28	Espesor del Asiento de Yute y Calibre del Alambre de la Armadura (División III)	49
5.		Sección 5 Cableados, rellenos e identificación de cables	50
5.1		Cableado de cables multipolares	50
5.		Cableado, rellenos, cintas agrupadoras e identificación de circuitos	50
	Tabla 5.1	Factor de longitud de paso	50
5.2		Rellenos	51
5.3		Identificación del conductor	51
5.4		Conductor de puesta a tierra	51
	Tabla 5.2	Calibre del Conductor de Puesta a Tierra para Cables de 0-2000 Voltios	51
6.		Sección 6 Ensayos y métodos de ensayo	52
6.1		Generalidades	52
	Tabla 6.1	Plan de ensayo	53
6.2		Mediciones de espesores	53
6.3		Muestras y probetas para ensayos físicos y de envejecimiento	53
6.4		Procedimientos para los ensayos de tracción, alargamiento y alargamiento permanente	57

6.5	Ensayos de envejecimiento	57
6.6	Ensayos de choque térmico y ambientales	58
	Tabla 6.2 Número de vueltas	58
6.7	Ensayos de doblaje y flexibilidad	59
	Tabla 6.3 Diámetro del mandril	59
6.8	Ensayos de comportamiento a la llama	60
6.9	Ensayo de absorción acelerada de agua (EM – 60)	61
6.10	Ensayos eléctricos en cables terminados	61
6.11	Repetición de ensayos	63
7.	Sección 7 Construcción de tipos especiales	
6.4	Resistencia de aislamiento	
6.5	Ensayo del nivel de corona	
7.	Construcción de tipos especiales	65
7.1	Cables aéreos preensamblados	65
7.2	Cables de control	65
	Tabla 7.1 Plan para Establecer La Resistencia cc Máxima Por Unidad de Longitud en un Cable Terminado	68
	Tabla 7.2 Resistencia Nominal cc en Ohms por km a 25° C de Conductores de Cobre Sólidos o de Cableado Concéntrico	69
	Tabla 7.3 Diámetro Nominal de Conductores de Cobre Sólidos	70
	Tabla 7.4 Espesor del aislamiento, milímetros	72
	Tabla 7.5 Requerimientos del aislamiento	75
	Tabla 7.6 Tensiones de prueba	77
	Tabla 7.7 Espesor de la Cubierta, Milímetros	80
	Tabla 7.8 Requerimientos de la Cubierta	81
	Tabla 7.9 Ancho de la Cinta Metálica para Armadura Entrelazada (INTERLOCKED)	83
	Tabla 7.10 Espesor de la Cinta Metálica para Armadura Entrelazada (INTERLOCKED)	83
	Tabla 7.11 Peso mínimo de la capa de zinc en alambres para armadura	84
	Tabla 7.12 Calibre de alambres de acero galvanizado para armadura	84
	Tabla 7.13 Tolerancias para los diámetros de los alambres de acero galvanizado	84
	Tabla 7.14 Ancho de la cinta metálica para armadura plana	85
	Tabla 7.15 Espesor nominal de la cinta de acero (desnuda o con capa de zinc)	86
	Tabla 7.16 Espesor mínimo de metal para armadura corrugada	86
	Tabla 7.17 Espesor de la cubierta sobre armadura metálica	87
	Tabla 7.18 Factores para la longitud máxima del paso	89
	Tabla 7.19 Diámetro del mandril para el ensayo de choque térmico de las cubiertas	92
	Tabla 7.20 Diámetro del mandril para el ensayo de doblado en frío de alambres y cables	93
	Tabla 7.21 Requerimientos físicos del Aislamiento	99
	Tabla 7.22 Requerimientos eléctricos del Aislamiento	99
	Tabla 7.23 Requerimientos físicos de la Cubierta	100
	Tabla 7.24 Requerimientos mecánicos de la Cubierta	100
	Tabla 7.25 Requerimientos de Combustión del Material para Cubiertas	101
	Tabla 7.26 Requerimientos para Cubierta Opcional Resistente al Aceite	101
8.	Sección 8	102
8.1	Apéndices relativos a los cables de distribución de Energía	102
	Apéndice A (Informativo)	102
A.1	Publicaciones NEMA †	102
A.2	Publicaciones ICEA *	102
A.3	Normas ASTM**	102
	Apéndice B Definiciones de temperaturas máximas de los conductores del cable aislado	105

B.1	Temperatura Máxima del Conductor – Operación Continua	105
B.2	Temperatura Máxima del Conductor – Sobrecarga de Emergencia	105
B.3	Temperatura Máxima del Conductor – Corto Circuito	105
	Apéndice C Sobrecargas de emergencias	106
	Apéndice D Símbolos y abreviaciones	107
	Apéndice E	108
	Apéndice F Radio de curvatura recomendado para cables	109
F.1	Alcance	109
F.2	Cables de Potencia sin Pantalla, sin Armadura o Cubierta Metálica	109
	Tabla F-1 Radio de curvatura (sin armadura)	109
F.3	Cables Sin pantalla con Armadura o Cubierta Metálica	109
F.4	Diámetro del Tambor de los Carretes	109
F.5	Temperaturas de Instalación	109
	Tabla F-2 Radio de curvatura (con armadura)	110
	Apéndice G Información adicional del conductor	111
	Tabla G-1 Conductores de Cobre y Aluminio Sólidos	111
	Tabla G-2 Conductores de Cobre y Aluminio Cableado Clase B	112
	Tabla G-3 Conductores de Cobre y Aluminio Cableado Clase C ó D	113
	Tabla G-4 Conductores de Cobre y Aluminio, Cableado Compuesto Clase G	114
	Tabla G-5 Conductores de Cobre y Aluminio, Cableado Compuesto Clase H	115
	Tabla G-6 Conductores de Cobre y Aluminio, Clase I Cada Hilo Individual de 24 AWG; 0,0201 pulgadas (0,511 mm)	116
	Tabla G-7 Conductores de Cobre, Clase K Cada Hilo Individual de 30 AWG; 0,0100 pulgadas (0,254 mm)	117
	Tabla G-8 Conductores de Cobre, Clase M Cada Hilo Individual de 34 AWG; 0,0063 pulgadas (0,160 mm)	118
	Apéndice H (Informativo) Apéndices relativos a los cables de control	119
	Apéndice I Información adicional sobre conductores	121
	Tabla I-1 Diámetro Aproximado de los Conductores de cobre cableados de las Clases B Y C	121
	Tabla I-2 Pesos aproximados de los conductores de cobre en Kg / km	121
	Apéndice J Valores representativos de la resistencia a la tensión y elongación de materiales no magnéticos para armaduras	122
	Tabla J-1 Materiales no magnéticos para armaduras	122
	Apéndice K Ensayo de la llama en cables completos	123
K.1	Alcance	123
K.2	Procedimientos	123
	Apéndice L Ensayo de la llama en cables completos	124
L.1	Alcance	124
L.2	Aplicación del código eléctrico nacional Covenin 200	124
L.3	Métodos de Identificación de Circuitos	124
	Tabla L-1 Secuencia de Colores, Incluyendo Blanco y Verde	126
	Tabla L-2 Secuencia de colores, excluyendo blanco y verde	128
	Tabla L-3 Secuencia de colores, incluyendo blanco y verde	128
	Tabla L-4 Secuencia de colores, excluyendo blanco y verde	129
	Tabla L-5 Secuencia de colores para mallas trenzadas, incluyendo blanco y verde	130
	Tabla L-6 Matices de los colores	131
	Tabla L-7 Secuencia de colores para cables aislados con goma de silicona	131

	Apéndice M Radio de curvatura recomendado para cables	132
		132
M.1	Alcance	132
M.2	Cables sin Cubierta Metálica, Pantalla ó Armadura	
	Tabla M-1 Radio Mínimo de Curvatura para Cables. Cables de Control de uno o	
	más conductores sin Cubierta Metálica, Pantalla o Armadura. Radio Mínimo de	
	Curvatura como Múltiplo del Diámetro del cables	132
M.3	Cables con Cubierta Metálica, Pantalla ó Armadura	132
M.4	Cables sin Armadura, con Pantalla Externa de Malla o Alambres	132
	Tabla M-2 Radio Mínimo de Curvatura para Cables. Cables de Control	
	Multiconductores con Cubierta Metálica, Pantalla o Armadura, Radio Mínimo de	
	Curvatura como Múltiplo del Diámetro del Cables	133
	Apéndice N Pruebas de aceptación después de instalado	134
		135
	Apéndice O Bibliografía	135
O.1	Para los cables de Distribución de Energía	135
O.2	Para los Cables de Control	135

SECCIÓN 1 **GENERAL**

1.1 Objeto

Esta norma establece los parámetros de diseño y control de los conductores eléctricos, de manera tal que conduzcan energía eléctrica en la forma más eficiente, asegurando la calidad del servicio, salvaguardando la seguridad de las personas y preservando el medio ambiente donde se encuentran instalados.

Esta norma aplica a materiales, construcciones y pruebas de alambres y cables sin pantalla hasta 2000 V, con aislamiento termoplástico, de polietileno reticulado y de goma reticulada, los cuales son usados para la transmisión y distribución de energía eléctrica en condiciones normales de instalación y servicio, ya sea interior, exterior, aérea, subterránea o submarina y cables de control.

1.2 Información general

Esta norma cubre los requerimientos para conductores, aislamientos, cubiertas protectoras y detalles generales de construcción y dimensionales comunes a la mayoría de los tipos de alambres y cables sin pantalla. La sección 7, u otras normas COVENIN, cubren la construcción de tipos especiales y de cables de control. Cuando se presenten discrepancias entre los requerimientos de la sección 7, u otras normas COVENIN, y los indicados en las secciones 1 a 6 de esta norma, aplicarán los de los cables especiales y cables de control. En el Apéndice A aparece una lista completa de publicaciones ICEA y ASTM, a las cuales se hace referencia en esta norma. Para procedimientos de ensayo no descritos en otra parte ver sección 6. Los radios mínimos de curvatura recomendados se mencionan en el apéndice F.

Para los aislamientos y cubiertas reticulados, el término "goma", sin otra descripción, se utiliza sólo para mencionar las gomas sintéticas.

Los espesores de aislamiento están definidos en términos de los niveles de aislamiento (véase 3.3).

En la clasificación utilizada en esta norma, se entiende por "cubierta" tanto el recubrimiento no metálico como el recubrimiento metálico continuo.

En esta norma, la mayoría de las dimensiones están expresadas en el sistema métrico. Para propósitos informativos se incluyen los equivalentes en unidades del sistema Inglés.

Los requisitos que se refieran a otra norma COVENIN o ASTM deben ser determinados de acuerdo con los procedimientos o métodos especificados en esa norma.

1.3 Información a ser suministrada por el comprador o usuario

Cuando se requiere un diseño del fabricante, en la orden de compra se debe suministrar la siguiente información:

1.3.1 Características del sistema en el cual será utilizado el cable

- 1) Corriente - alterna o continua
- 2) Frecuencia - Hertz
- 3) Tensión normal de operación entre fases, o en corriente continua, entre conductores
- 4) Número de fases y de conductores
- 5) Nivel de aislamiento del cable (ver 3.3)

- 6) Temperatura mínima del lugar de instalación del cable
- 7) Descripción de la instalación
 - a. en edificios
 - b. en ductos subterráneos
 - c. aéreos:
 - I. sobre un mensajero soportado por anillo
 - II. preensamblado
 - III. soportado por cable metálico espiralizado
 - d. cable directamente enterrado
 - e. submarino
 - f. otras descripciones
- 8) Condiciones de instalación
 - a) temperatura ambiente
 - b) número de cables baja carga en banco de ductos o conduit. Ducto/conduit, dar tipo de conduit (magnético/no magnético), calibre, número de conduits bajo carga, ductos encerrados o expuestos, y espaciamiento entre ductos/conduits.
 - c) factor de carga
 - d) método de conexión y aterramiento de las cubiertas metálicas
 - e) localización, húmeda o seca
- 9) Otras condiciones especiales

1.3.2 Cantidades y descripción del cable

1. Longitud total, incluyendo lo requerido para ensayos, y las longitudes de despacho, si se requieren tramos específicos.
2. Tipo de cable, si es monopolar, bipolar, tripolar, etc.
3. Tensión fase a fase del circuito.
4. Tipo de conductor: cobre o aluminio.
5. Calibre del conductor. Si se requiere un tipo de cableado diferente al estándar, se debe suministrar información detallada.
6. Tipo de aislamiento.
7. Espesor de aislamiento.
8. Tipo de cubierta externa.
9. Diámetro total máximo permisible. Si no hay limitaciones debido al tamaño del ducto, es preferible no restringir el diámetro total del cable.
10. Método de identificación de las fases, para el caso de cables multipolares.
11. Leyendas especiales sobre el producto terminado.

SECCIÓN 2 CONDUCTOR

2. GENERALIDADES

Los conductores deben cumplir con los requerimientos de las normas COVENIN aplicables, o de las ASTM referenciadas en esta norma, exceptuando que la resistencia determinará la sección transversal del conductor (ver 2.3) y los diámetros serán de acuerdo con lo indicado en 2.4.

En el apéndice G se encuentra la siguiente información típica sobre conductores:

- a. Diámetro aproximado de los alambres individuales de conductores cableados.
- b. Peso aproximado de los conductores.

2.1 Propiedades físicas y eléctricas

Los conductores usados en el cable y según sea aplicable, deben ser de cobre de acuerdo con 2.1.1 ó de aluminio con 2.1.2, excepto lo señalado en 2.0. Los conductores deben ser sólidos o cableados. La capa exterior de un conductor de cobre desnudo puede estañarse para evitar la oxidación o corrosión que producen algunos materiales aislantes y para obtener una fácil separación de la capa polimérica adyacente.

2.1.1 Referencias normativas

Las Normas indicadas en el texto y en los apéndices contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de la Norma Venezolana COVENIN. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos basándose en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las Normas citadas.

2.1.1.1 Conductores de cobre

- 1) ASTM B 3-90 Standard Specification for Soft or Annealed copper Wire (para cobre desnudo blando o recocido).
- 2) ASTM B 5-89 Standard Specification for Electrolytic Tough Pitch Copper Refinery Shapes (para cobre grado eléctrico).
- 3) ASTM B 8-90 Standard Specification for Concentric Lay Stranded Copper conductors, Hard, Medium Hard, or soft (para conductores de cobre cableados clases A, B, C o D).
- 4) ASTM B 33-91 Standard Specification for Tinned soft or Annealed Copper Wire for electrical purposes (para alambre de cobre blando o recocido revestido de estaño)
- 5) ASTM B 496-92 Standard Specification for Compact Round concentric- Lay Stranded Copper conductors (para conductores de cobre cableado compacto circular).
- 6) ASTM B 784-88 Standard Specification for modified concentric- Lay Stranded Copper conductors for use in insulated electrical cables, (para conductor de cobre cableado tipo concéntrico modificado)
- 7) ASTM B 785-88 Standard Specification for Compact Round modified concentric - Lay Stranded Copper conductors for use in insulated electrical cables (para conductor de cobre de cableado tipo concéntrico compacto circular modificado).
- 8) ASTM B 787-88 Standard Specification for 19 wire combination – unilay-Stranded Copper conductors for subsequent Insulation (para conductores de cobre cableado unidireccional combinado de 19 alambres).
- 9) ASTM B 835-93 Compact Round SIW Stranded Copper Conductors, Specification for (para conductores de cobre cableado compacto circular que usen construcciones de alambre de entrada única).

2.1.1.2 Conductores de aluminio

- 1) ASTM B 230M-89 Standard Specification for Aluminum 1350-H19 Wire for electrical purposes (metric) (para aluminio 1350-H19 grado eléctrico).
- 2) ASTM B 231M-88 Standard for concentric Lay- stranded Aluminum 1350 conductors (metric) (para conductores de aluminio 1350 de cableado clases A, B, C o D).
- 3) ASTM B 233-85 Aluminum 1350 Drawing Stock for electrical purposes, Spec. For (para alambión de aluminio 1350 grado eléctrico).
- 4) ASTM B 400-92 Standard Specification for Compact Round concentric- Lay Stranded aluminum 1350 conductors (para conductores de aluminio 1350 cableado compacto circular).
- 5) ASTM B 609M-91 Standard Specification for Aluminum 1350 Round Wire, Annealed and intermedated Tempers for electrical purposes (metric) (para alambre de aluminio 1350 grado eléctrico blando y de dureza intermedia).
- 6) ASTM B 786-88 Standard Specification for 19 wire combination – unilay-Stranded aluminum 0639 E-09 1350 conductors for subsequent Insulation (para conductores de aluminio 1350 cableado unidireccional combinado de 19 alambres).
- 7) ASTM B 800-88 88 Standard Specification for 8000 series Aluminum Alloy wire for electrical Purposes. Annealed and Intermediate Tempers (para aleaciones de aluminio serie 8000 blando y de dureza intermedia).
- 8) ASTM B 801-88 Standard Specification for Concentric Lay Stranded conductors of 8000 series aluminum Alloy for subsequent covering or Insulation (para conductores cableados de alambres de aleación de aluminio serie 8000, compacto circular, comprimido y tipo concéntrico clases A, B, C y D).
- 9) ASTM B 836-93 Compact Round SIW Stranded Copper Conductors, Specification for (para conductores de aluminio cableado compacto circular que usen construcciones de alambre de entrada única)

2.1.1.3 Conductores Flexibles

- 1) ASTM B 172-90 Standard Specification for Rope Lay-Stranded Copper conductors Having Bunch-Stranded (para conductores de cobre de cableado compuesto con miembros bunchados, para conductores eléctricos).
- 2) ASTM B 173 Standard Specification for Rope Lay-Stranded Copper conductors Having concentric Stranded Members, for electrical conductors (para conductores de cobre de cableado compuesto con miembros de cableados concéntricos, para conductores eléctricos)
- 3) ASTM B 174 Standard Specification for Bunch- Stranded Copper conductors for electrical conductors (para conductores de cobre bunchados, conductores eléctricos).

2.2 Calibres del conductor

El calibre del conductor se debe expresar por el área de la sección transversal en mil circular mil (kcmil). Los equivalentes AWG para calibres pequeños se encuentran en la Tabla 2-3.

2.3 Resistencia cc del conductor por unidad de longitud

La resistencia cc por unidad de longitud de cada conductor en una longitud de producción o de despacho de un cable terminado, no debe exceder el valor determinado según el listado de máxima resistencia cc especificada en tabla 2-2, cuando se utilizan los valores nominales apropiados especificados en tabla 2-4. La resistencia cc se debe determinar de acuerdo con 2.3.1.6 2.3.2.

Cuando la capa exterior de un conductor de cobre desnudo, es revestida con estaño, la resistencia a la corriente continua del conductor resultante no debe exceder el valor especificado para un conductor desnudo del mismo calibre.

Cuando se toma una muestra de un cable multipolar, la resistencia debe cumplir con el valor apropiado de máxima resistencia especificada para un cable monopolar.

2.3.1 Medición directa de la resistencia cc

La resistencia cc por unidad de longitud se debe determinar por mediciones de resistencia cc realizadas de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC53 ó UL – 1581 con una precisión de 2% o mejor. Si las mediciones son realizadas a una temperatura diferente a 25 °C, los valores medidos se deben convertir a 25 °C usando los métodos especificados en ICEA T-27-581/NEMA WC53 ó UL – 1581.

Si se requiere verificación de la resistencia en cc de un cable terminado, la medición se debe realizar sobre una muestra de al menos 0,305 m tomada del carrete o rollo en cuestión, y la resistencia cc de cada conductor se debe medir usando un puente tipo Kelvin o un potenciómetro.

2.3.2 Cálculo de la resistencia cc por unidad de longitud

La resistencia cc por unidad de longitud a 25 °C se debe calcular usando la fórmula siguiente:

$$R = K \bullet \frac{\rho}{A}$$

donde:

R = resistencia del conductor en Ω/km

K = factor de incremento de peso como se da en Tabla 2-1 o por la norma ASTM aplicable

ρ = Resistividad volumétrica en $n\Omega\text{-m}$ determinado de acuerdo con ASTM B 193 usando alambres circulares.

A = área de la sección transversal del conductor en mm^2 , determinada de acuerdo a ICEA T-27-581/NEMA WC 53 o ASTM B 258 para conductores sólidos ó ASTM B 263 para conductores de cableado concéntrico, cableado concéntrico comprimido o cableado compactado.

2.4 Diámetro del conductor

El diámetro promedio de un conductor se debe medir de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC53. El diámetro no debe diferir en más de $\pm 2\%$ de los valores nominales que se muestran en Tabla 2-3.

Tabla 2.1 Factores de Incremento de peso

Tipo de conductor/ calibre	Factor de peso (k)
Sólido, todos los calibres	1,00
Cableado clase B, C y D, y cableado unidireccional:	
hasta 2 000 kcmil	1,02
> 2000 hasta 3000 kcmil	1,03
Cables de cableado clases G y H con miembros de cableado concéntrico	
49 alambres	1,03
133 alambres	1,04
259 alambres	1,045
427 alambres	1,05
Mayor de 427 alambres	1,06
Bunchados simple	1,02
Cables de cableado I, K y M con miembros bunchados	
7 miembros Bunchados	1,04
19 miembros Bunchados	1,05
37 miembros Bunchados	1,05
61 miembros Bunchados	1,05
7x7 miembros Bunchados	1,06
19x7 miembros Bunchados	1,07
37x7 miembros Bunchados	1,07
61x7 miembros Bunchados	1,07
Basado en el método especificado ya sea en ASTM B 8, ASTM B 496, ASTM B 400, ASTM B 231, ASTM B 172, ASTM B 173, ASTM B 174, ASTM B 786 ASTM B 787 o ASTM B 801 que sea aplicable	

Tabla 2.2 Programa para establecer la resistencia cc máxima por unidad de longitud de conductores de cable terminado listado en Tablas 2-4 a 2-6

Tipo de cable	Resistencia cc máxima
Cables monopolares y cables planos paralelos	Valor de la Tabla 2-3 ¹⁾ más 2% (R max = R x 1,02)
Cables multipolares y ensambles de cables monopolares	Valor de la Tabla 2-3 ¹⁾ más 2%, más uno de los siguientes 2%-una capa de conductores (Rmax = Rx1,02x1,02) 3%-más de una capa de conductores (Rmax = Rx1,02 x 1,03) 4%-pares u otras unidades precableadas (Rmax = R x 1,02 x 1,04)
Conductores listados en las Tablas 2-5 y 2-6	
Cables monopolares y cables planos paralelos	Valor de la Tabla 2-5 ¹⁾ ó 2-6 ¹⁾ más 2% ²⁾ (Rmax = Rx1,02)
Cables multipolares y ensambles de cables monopolares	Valor de la Tabla 2-5 ¹⁾ ó 2-6 ¹⁾ más 2% ²⁾ , más 5% (R max = R x1,02x1,05)

¹Para conductores cableados o calibres no listados en las Tablas 2-4 a 2-6, la resistencia nominal cc por unidad de longitud de un cable monopolar terminado se debe calcular usando la fórmula siguiente:

$$R = 10^{-3} \frac{f}{A}$$

donde:

R = resistencia del conductor en Ω /km

f = factor de la Tabla 2-7

A = sección transversal del conductor en kcmil

Para la determinación del área de sección transversal ver ICEA T-27-581/NEMA WC 53

²Para conductores 18 AWG clase K especificados en Tabla 2-6 este valor debe ser 3%

Tabla 2.3 Diámetros nominales para conductores de cobre y aluminio

Calibre del conductor		Sólido	Cableado				
			Compacto ¹	Clase B Comprimido	Clase B	Clase C	Clase D
AWG o kcmil	mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm
14	2,08	1,63	-	1,80	1,85	1,87	1,87
13	2,63	1,83	-	2,03	2,07	2,10	2,10
12	3,31	2,05	-	2,26	2,32	2,35	2,36
11	4,17	2,30	-	2,54	2,62	2,64	2,64
10	5,26	2,59	-	2,87	2,95	2,97	2,97
9	6,63	2,91	-	3,20	3,30	3,33	3,35
8	8,37	3,26	3,40	3,61	3,71	3,76	3,76
7	10,6	3,67	3,86	4,04	4,17	4,22	4,22
6	13,3	4,11	4,29	4,52	4,67	4,72	4,72
5	16,8	4,62	4,85	5,08	5,23	5,28	5,31
4	21,2	5,19	5,41	5,72	5,89	5,94	5,97
3	26,7	5,83	6,02	6,40	6,60	6,68	6,71
2	33,6	6,54	6,81	7,19	7,42	7,52	7,54
1	42,4	7,35	7,59	8,18	8,43	8,46	8,46
1/0	53,5	8,25	8,53	9,19	9,45	9,50	9,50
2/0	67,4	9,27	9,55	10,3	10,6	10,7	10,7
3/0	85	10,4	10,7	11,6	11,9	12,0	12,0
4/0	107	11,7	12,1	13,0	13,4	13,4	13,5
250	127	12,7	13,2	14,2	14,6	14,6	14,6
300	152	13,9	14,5	15,5	16,0	16,0	16,0
350	177	15,0	15,6	16,8	17,3	17,3	17,3
400	203	16,1	16,7	17,9	18,5	18,5	18,5
450	228	17,0	17,8	19,0	19,6	19,6	19,6
500	253	18,0	18,7	20,0	20,7	20,7	20,7
550	279	-	19,7	21,1	21,7	21,7	21,7
600	304	-	20,7	22,0	22,7	22,7	22,7
650	329		21,5	22,9	23,6	23,6	23,6
700	355		22,3	23,7	24,5	24,5	24,5
750	380		23,1	24,6	25,4	25,4	25,4
800	405		23,8	25,4	26,2	26,2	26,2
900	456		25,4	26,9	27,8	27,8	27,8
1000	507		26,9	28,4	29,3	29,3	29,3
1100	557			29,8	30,7	30,7	30,7
1200	608			31,1	32,1	32,1	32,1
1250	633			31,8	32,7	32,8	32,8
1300	659			32,4	33,4	33,4	33,4
1400	709			33,6	34,7	34,7	34,7
1500	760			34,8	35,9	35,9	35,9
1600	811			35,9	37,1	37,1	37,1
1700	861			37,1	38,2	38,2	38,2
1750	887			37,6	38,8	38,8	38,8
1800	912			38,2	39,3	39,3	39,3
1900	963			39,2	40,4	40,4	40,4
2000	1013			40,2	41,5	41,5	41,5
2500	1267			44,9	46,3	46,3	46,3
3000	1520			49,2	50,7	50,7	50,7

¹ aplicable también a conductores de cableado compactado con alambres de entrada única (SIW).

Tabla 2.3 Diámetros nominales para conductores de cobre y aluminio (Continuación)

Calibre del conductor		Cableado de tipo concéntrico			
		Clase B Modificado	Compacto Modificado	Combinación unidireccional	Comprimido Unidireccional
AWG o kcmil	mm ²	mm	mm	mm	mm
14	2,08	-	-	-	-
13	2,63	-	-	-	-
12	3,31	-	-	-	-
11	4,17	-	-	-	-
10	5,26	-	-	-	-
9	6,63	-	-	-	-
8	8,37	-	-	3,63	-
7	10,6	-	-	4,06	-
6	13,3	-	-	4,55	-
5	16,8	-	-	5,13	-
4	21,2	-	-	5,74	-
3	26,7	-	-	6,45	-
2	33,6	-	-	7,26	-
1	42,4	8,433	7,595	8,15	7,95
1/0	53,5	9,474	8,534	9,14	8,94
2/0	67,4	10,643	9,550	10,3	10,03
3/0	85,0	11,938	10,744	11,5	11,25
4/0	107	13,411	12,065	13,0	12,65
250	127	14,605	13,208	14,1	13,77
300	152	16,022	14,478	15,4	15,09
350	177	17,297	15,646	16,7	16,28
400	203	18,491	16,739	17,8	17,40
450	228	19,609	17,780	18,9	18,47
500	253	20,650	18,694	19,9	19,46
550	279	21,717	19,685	-	20,42
600	304	22,682	20,650	-	21,34
650	329	23,597	21,463	-	22,20
700	355	24,486	22,276	-	23,04
750	380	25,349	23,063	-	23,85
800	405	26,187	23,825	-	24,61
900	456	27,788	25,375	-	26,11
1000	507	29,261	26,924	-	27,53
1100	557	30,709	-	-	28,88
1200	608	32,080	-	-	30,15
1250	633	32,741	-	-	30,78
1300	659	33,401	-	-	31,39
1400	709	34,646	-	-	32,56
1500	760	35,865	-	-	33,71
1600	811	37,059	-	-	34,82
1700	861	38,202	-	-	35,89
1750	887	38,760	-	-	36,42
1800	912	39,319	-	-	36,93
1900	963	40,386	-	-	37,95
2000	1013	41,453	-	-	38,94
2500	1267	-	-	-	-
3000	1520	-	-	-	-

Tabla 2.4 Resistencia nominal cc de conductor sólido o cableado en ohm por km a 25 °C

Calibre del Conductor	Sólido			Cableado ¹⁾				
	Aluminio	Cobre		Aluminio	Cobre			
		No revesti-do	Revestido		No revestido	Revestido con estaño		
AWG o kcmil				Clase B, C, D	Clase B,C,D	Clase B	Clase C	Clase D
14	---	8,43	8,76	---	8,63	8,96	9,15	-
13	---	6,69	6,96	---	6,82	7,09	7,25	-
12	8,73	5,32	5,51	8,86	5,45	5,64	5,74	-
11	---	4,23	4,40	---	4,30	4,46	4,46	-
10	5,48	3,35	3,48	5,58	3,41	3,54	3,54	-
9	4,33	2,65	2,73	4,43	2,71	2,81	2,81	-
8	3,44	2,10	2,16	3,51	2,14	2,22	2,22	2,23
7	2,73	1,67	1,71	2,79	1,70	1,77	1,77	1,77
6	2,17	1,32	1,36	2,21	1,35	1,40	1,40	1,40
5	1,72	1,05	1,08	1,75	1,07	1,11	1,11	1,11
4	1,36	0,830	0,856	1,39	0,847	0,883	0,883	0,883
3	1,08	0,659	0,676	1,10	0,673	0,699	0,699	0,699
2	0,856	0,522	0,536	0,872	0,532	0,555	0,555	0,555
1	0,679	0,413	0,428	0,692	0,423	0,440	0,440	0,440
1/0	0,538	0,328	0,335	0,551	0,335	0,348	0,348	0,348
2/0	0,426	0,260	0,267	0,436	0,266	0,276	0,276	0,276
3/0	0,338	0,207	0,212	0,344	0,211	0,219	0,220	0,220
4/0	0,269	0,164	0,168	0,274	0,167	0,172	0,174	0,174
250	0,228	-	-	0,232	0,141	0,147	0,147	0,147
300	0,190	-	-	0,194	0,118	0,123	0,123	0,123
350	0,162	-	-	0,166	0,101	0,105	0,105	0,105
400	0,142	-	-	0,145	0,0883	0,0909	0,0919	0,0919
450	0,126	-	-	0,129	0,0787	0,0807	0,0817	0,0817
500	0,114	-	-	0,116	0,0709	0,0728	0,0735	0,0735
550	-	-	-	0,105	0,0643	0,0669	0,0669	0,0669
600	-	-	-	0,0968	0,0591	0,0614	0,0614	0,0614
650	-	-	-	0,0892	0,0545	0,0561	0,0564	0,0568
700	-	-	-	0,0830	0,0505	0,0522	0,0525	0,0525
750	-	-	-	0,0774	0,0472	0,0486	0,0489	0,0492
800	-	-	-	0,0725	0,0443	0,0456	0,0459	0,0459
900	-	-	-	0,0643	0,0394	0,0404	0,0413	0,0413
1000	-	-	-	0,0581	0,0354	0,0364	0,0364	0,0367
1100	-	-	-	0,0528	0,0322	0,0331	0,0335	0,0335
1200	-	-	-	0,0482	0,0295	0,0303	0,0306	0,0306
1250	-	-	-	0,0462	0,0283	0,0291	0,0294	0,0291
1300	-	-	-	0,0446	0,0272	0,0280	0,0282	0,0283
1400	-	-	-	0,0413	0,0253	0,0260	0,0260	0,0263
1500	-	-	-	0,0387	0,0236	0,0243	0,0243	0,0245
1600	-	-	-	0,0364	0,0221	0,0228	0,0230	0,0230
1700	-	-	-	0,0341	0,0208	0,0214	0,0216	0,0216
1750	-	-	-	0,0331	0,0202	0,0208	0,0210	0,0210
1800	-	-	-	0,0322	0,0197	0,0202	0,0202	0,0204
1900	-	-	-	0,0305	0,0186	0,0192	0,0192	0,0193
2000	-	-	-	0,0290	0,0177	0,0182	0,0182	0,0184
2500	-	-	-	0,0235	0,0143	0,0147	-	-
3000	-	-	-	0,0195	0,0119	0,0123	-	-

¹⁾Cableado incluye conductores compactados y comprimidos

Tabla 2.5 Resistencia nominal cc a 25 °C para conductores flexibles de aluminio

Calibre del conductor	Clase G	Clase H	Clase I
AWG ó kcmil	ohm / km	ohm / km	ohm / km
8	-	-	3,510
7	2,814	-	2,788
6	2,234	-	2,253
5	1,771	-	1,788
4	1,404	-	1,417
3	1,115	-	1,125
2	0,882	0,892	0,892
1	0,708	-	0,708
1/0	0,561	0,564	0,564
2/0	0,446	0,446	0,449
3/0	0,351	0,354	0,358
4/0	0,279	0,281	0,282
250	0,238	0,239	0,241
300	0,198	0,199	0,201
350	0,170	0,171	0,172
400	0,149	0,149	0,151
450	0,132	0,133	0,134
500	0,119	0,119	0,121
550	0,108	0,110	0,110
600	0,100	0,100	0,100
650	0,0918	0,0928	0,0938
700	0,0853	0,0863	0,0869
750	0,0800	0,0804	0,0810
800	0,0749	0,0754	0,0761
900	0,0663	0,0669	0,0676
1000	0,0597	0,0604	0,0610
1100	0,0545	0,0548	0,0554
1200	0,0499	0,0502	0,0508
1250	0,0479	0,0482	0,0485
1300	0,0459	0,0463	0,0469
1400	0,0426	0,0430	0,0436
1500	0,0397	0,0403	0,0407
1600	0,0377	0,0377	0,0381
1700	0,0354	0,0354	0,0358
1750	0,0344	0,0344	0,0348
1800	0,0335	0,0335	0,0338
1900	0,0318	0,0318	0,0321
2000	0,0301	0,0301	0,0304

Tabla 2.6 Resistencia nominal cc en ohm por km a 25°C para conductores flexibles de cobre blando.

Calibre del conductor	No revestido					Revestido de estaño				
AWG ó kcmil	Clase G	Clase H	Clase I	Clase K	Clase M	Clase G	Clase H	Clase I	Clase K	Clase M
18	-	-	-	21,8	-	-	-	-	23,4	23,4
16	-	-	-	13,7	13,7	-	-	-	14,7	14,7
14	8,69	-	-	8,59	8,59	9,21	-	-	9,24	9,24
12	5,47	-	-	5,41	5,51	5,80	-	-	5,80	5,93
10	3,44	-	3,41	3,41	3,47	3,64	-	3,54	3,67	3,73
9	2,72	-	2,70	2,75	2,75	2,89	-	2,81	2,95	2,95
8	2,16	2,18	2,14	2,18	2,18	2,29	2,32	2,22	2,34	2,34
7	1,71	1,73	1,69	1,73	1,74	1,78	1,84	1,76	1,85	1,87
6	1,36	1,37	1,37	1,37	1,38	1,41	1,45	1,43	1,47	1,48
5	1,07	1,08	1,08	1,08	1,10	1,12	1,15	1,13	1,17	1,18
4	0,856	0,862	0,862	0,862	0,872	0,888	0,918	0,898	0,928	0,938
3	0,679	0,685	0,685	0,692	0,698	0,705	0,728	0,711	0,744	0,744
2	0,537	0,544	0,544	0,547	0,554	0,560	0,564	0,564	0,590	0,593
1	0,429	0,433	0,429	0,436	0,439	0,449	0,459	0,449	0,465	0,472
1/0	0,341	0,344	0,344	0,344	0,347	0,354	0,357	0,357	0,370	0,373
2/0	0,270	0,272	0,273	0,276	0,278	0,281	0,283	0,284	0,296	0,299
3/0	0,214	0,216	0,217	0,219	0,221	0,223	0,224	0,225	0,235	0,237
4/0	0,170	0,171	0,172	0,173	0,175	0,177	0,178	0,179	0,186	0,188
250	0,145	0,145	0,146	0,146	0,148	0,150	0,151	0,152	0,157	0,159
300	0,120	0,121	0,122	0,122	0,123	0,125	0,126	0,127	0,131	0,132
350	0,103	0,104	0,105	0,105	0,105	0,107	0,108	0,109	0,113	0,113
400	0,0905	0,0912	0,0918	0,0928	0,0928	0,0941	0,0948	0,0954	0,0997	0,0997
450	0,0807	0,0810	0,0817	0,0823	0,0823	0,0836	0,0843	0,0850	0,0886	0,0859
500	0,0725	0,0728	0,0735	0,0741	0,0741	0,0754	0,0758	0,0764	0,0797	0,0797
550	0,0663	0,0669	0,0669	0,0676	0,0676	0,0689	0,0695	0,0695	0,0725	0,0725
600	0,0607	0,0613	0,0613	0,0620	0,0620	0,0630	0,0636	0,0636	0,0666	0,0663
650	0,0561	0,0564	0,0571	0,0571	0,0571	0,0584	0,0587	0,0594	0,0613	0,0613
700	0,0522	0,0551	0,0531	0,0531	0,0531	0,0541	0,0548	0,0551	0,0571	0,0571
750	0,0485	0,0489	0,0495	0,0495	0,0495	0,0505	0,0508	0,0515	0,0531	0,0531
800	0,0456	0,0459	0,0462	0,0462	0,0462	0,0472	0,0479	0,0482	0,0499	0,0499
900	0,0403	0,0410	0,0413	0,0413	0,0413	0,0420	0,0426	0,0430	0,0443	0,0443
1000	0,0364	0,0367	0,0371	0,0371	0,0371	0,0377	0,0384	0,0387	0,0400	0,0397
1100	0,0331	0,0335	0,0338	-	-	0,0344	0,0348	0,0351	-	-
1200	0,0303	0,0306	0,0309	-	-	0,0316	0,0318	0,0322	-	-
1250	0,0291	0,0294	0,0297	-	-	0,0303	0,0306	0,0309	-	-
1300	0,0280	0,0283	0,0285	-	-	0,0291	0,0294	0,0297	-	-
1400	0,0260	0,0263	0,0265	-	-	0,0271	0,0273	0,0276	-	-
1500	0,0243	0,0245	0,0247	-	-	0,0253	0,0255	0,0257	-	-
1600	0,0230	0,0230	0,0232	-	-	0,0239	0,0239	0,0241	-	-
1700	0,0216	0,0216	0,0218	-	-	0,0225	0,0225	0,0227	-	-
1750	0,0210	0,0210	0,0212	-	-	0,0218	0,0218	0,0220	-	-
1800	0,0204	0,0204	0,0206	-	-	0,0213	0,0213	0,0215	-	-
1900	0,0194	0,0194	0,0195	-	-	0,0201	0,0201	0,0203	-	-
2000	0,0184	0,0184	0,0186	-	-	0,0191	0,0191	0,0193	-	-

Tabla 2.7 Factores para determinar resistencia nominal de conductores cableados por km a 25°C

Todos los calibres sin revestir		Diámetro de los alambres individuales de cobre revestidos de estaño en milímetros para conductores cableados					
Aluminio	Cobre	11,68 a 7,37 Inclusive	< 7, 37 a 2,62 Inclusive	< 2,62 a 0,51 Inclusive	< 0,51 a 0,28 Inclusive	< 0,28 a 0,025 Inclusive	
61	100	97,66	97,16	96,16	94,16	93,15	
Conductividad, Porcentaje							
Cableados de grupos							
49 alambres	35734	36591	36778	37162	37952	-	
133 alambres	36032	36945	37135	37522	38323	-	
259 alambres	36256	37122	37316	37703	38507	-	
427 alambres	36430	37303	37493	37883	38690	-	
Mas de 427 alambres	36774	37657	37851	38244	39058	-	
Bunchados							
Todos los calibres	35387	-	-	36801	37585	37988	
Cableado de grupos bunchados							
7 unidades de cableado bunchados	36082	-	-	37457	38323	38733	
19,37 ó 61 unidades de cableado bunchados	36430	-	-	37883	38690	39107	
7 x 7 Unidades de cableado bunchados	36774			38244	39058	39478	
19,37 ó 61 x 7 unidades de cableado bunchados	37122	-	-	38605	39429	39852	
Cableado Concéntrico							
≤ 14 AWG a 2000 kcmil	35387	36236	36423	36801	37585	37992	
> 2000 a 3000 kcmil	35734	36591	36781	37162	37952	38366	
> 3000 a 4000 kcmil	36082	36945	37136	37522	38320	38736	
> 4000 a 5000 kcmil	36430	37299	37493	37522	38687	39110	

Los factores dados en esta Tabla están basados en lo siguiente:

- Una resistividad de volumen de 34,695 Ω x cmil/m (100% de conductividad) a 25°C para cobre sin revestido
- Una resistividad de volumen a 25°C deducida de los valores especificados a 20°C en ASTM B 33 para cobre revestido con estaño
- Una resistividad de volumen de 56,906 Ω x cmil/m (61% de conductividad) a 25°C para aluminio

Los factores dados en esta Tabla están basados en lo siguiente:

1. Una resistividad de volumen de 34,695 $\Omega \times \text{cmil/m}$ (100% de conductividad) a 25°C para cobre sin revestido
2. Una resistividad de volumen a 25°C deducida de los valores especificados a 20°C en ASTM B 33 para cobre revestido con estaño
3. Una resistividad de volumen de 56,906 $\Omega \times \text{cmil/m}$ (61% de conductividad) a 25°C para aluminio

SECCIÓN 3 AISLAMIENTO

3.1 Material

El aislamiento debe ser un compuesto termoplástico, un compuesto de polietileno reticulado o un compuesto de goma reticulada. El material del aislamiento debe cumplir con los requisitos dimensionales, eléctricos y físicos especificados en esta sección.

El compuesto de polietileno reticulado puede ser con o sin carga. Un aislamiento de polietileno reticulado con carga, es aquel en el cual la cantidad de negro de humo y/o mineral de relleno es igual o mayor de 10%. Un aislamiento de polietileno reticulado sin carga es aquel en el cual la cantidad de carga de negro de humo y/o mineral de relleno es menor de 10 %.

El aislamiento se debe aplicar directamente a la superficie del conductor o cinta separadora opcional.

3.2 Niveles de aislamiento

Nivel 100%- En esta categoría los cables se pueden utilizar donde el sistema esté provisto con relé de protección, de manera que las fallas a tierra sean despejadas tan rápido como sea posible, pero en todo caso antes de un minuto. Aún cuando estos tipos de cables se utilizan, en su gran mayoría, en sistema aterrados, también pueden ser usados en otros sistemas, siempre que los requisitos de tiempo de despeje ya señalados se cumplan en la desenergización completa de la sección fallada.

Nivel 133 %- Este nivel de aislamiento corresponde al previamente designado para sistemas no aterrados. Los cables en esta categoría se pueden usar en situaciones donde los requisitos de tiempo de despeje de la categoría nivel 100 % no se pueden cumplir y, sin embargo, es posible asegurar que la sección fallada será desenergizada en un tiempo que no exceda una hora.

Nivel 173 %- Los cables en esta categoría se deberían emplear en sistemas donde el tiempo requerido para desenergizar una sección aterrada es indefinido. También su uso es recomendado para sistemas resonantes aterrados.

NOTA 1: El uso de cables, en conjunto con otros equipos eléctricos, no es recomendado en sistemas donde la relación de reactancia de secuencia cero a la reactancia de secuencia positiva del sistema se ubique entre -1 y -40, ya que se pueden inducir tensiones excesivamente altas en el caso de fallas a tierra.

3.3 Espesor del aislamiento

El espesor del aislamiento indicado en tablas 3-3.1 y 3-3.2, 3-4 y 3-5, aplica a la tensión nominal del circuito de, fase a fase, y son adecuados para niveles de aislamiento de 100% y 133%.

Los espesores de aislamiento indicados en Tablas 3-3.1 y 3-3.2, 3-4 y 3-5, se deben utilizar en cables monopolares y en conductores individuales de cables multipolares, excepto cables submarinos sin cubierta (ver 3.4).

El espesor promedio del aislamiento no debe ser menor al señalado en Tablas 3-3.1 y 3-3.2, 3-4 y 3-5. El espesor mínimo no debe ser menor del 90% de los valores indicados en las Tablas 3-3.1 y 3-3.2, 3-4 y 3-5, para los diferentes tipos de aislamiento y voltajes.

3.3.1 El espesor de aislamiento para distintos sistemas se debe determinar como sigue:

3.3.1.1 Sistemas trifásicos con nivel de aislamiento 100% ó 133%:

Utilizar los valores señalados en Tablas 3-3.1 y 3-3.2, 3-4 y 3-5 según aplique.

3.3.1.2 Sistemas Delta donde un lado puede estar aterrado por periodos superiores a una hora.

Ver en numeral 3.2 nivel 173%.

Multiplicar la tensión a tierra por 1,732. Usar el valor de tensión resultante para seleccionar el correspondiente espesor de aislamiento de las Tablas 3-3.1 y 3-3.2, 3-4 y 3-5, según aplique.

3.3.1.3 Sistemas monofásicos y bifásicos con nivel de aislamiento 100% ó 133%.

Multiplicar la tensión a tierra por 1,732. Usar el valor de tensión resultante para seleccionar el correspondiente espesor de aislamiento de las Tablas 3-3.1 y 3-3.2, 3-4 y 3-5, según aplique. Si esta tensión excede de 2000V, ver ICEA S-96-659/NEMA WC71.

3.4 Espesor adicional de aislamiento para cables submarinos sin cubierta metálica exterior.

Para cables submarinos sin cubierta metálica:

- a) Se debe agregar 0,76 mm a los espesores indicados en Tabla 3-3.1 para aislamientos del tipo clase R, y en Tabla 3-4 sólo para aislamiento clase E1.
- b) Se debe agregar 0,38 mm a los espesores indicados en Tabla 3-3.2 para aislamiento clase T-1 y T-2.
- c) El espesor del aislamiento indicado en Tabla 3-4 clase T-4 y E-2 no debe ser menor de 1,52 mm.

3.5 Reparaciones

Las reparaciones o uniones en el aislamiento deben estar conforme a las limitaciones sobre espesor del aislamiento indicado en 3.3. Cada longitud de conductor aislado que contenga reparaciones o uniones debe cumplir los requisitos eléctricos de las Tablas 3-3.1, 3-3.2, 3-4 y 3-5 según aplique.

3.6 Grados y requisitos de aislamiento

3.6.1 Las clases de aislamiento y sus características generales están indicadas en la Tabla 3-1.

3.6.2 Ensayos de tensión

Cada longitud de cable terminado debe ser probada de acuerdo a los parámetros especificados en Tabla 3-2. El cable debe resistir, sin falla, las pruebas de tensión dadas en Tablas 3-3.1, 3-3.2, 3-4 y 3-5 según aplique. Las pruebas de tensión se deben basar en la tensión nominal de cable y el calibre del conductor y no sobre el espesor aparente del aislamiento.

3.6.3 Resistencia de aislamiento

Cada conductor aislado en el cable terminado, cuando es probado de acuerdo a 6.10.2, debe tener una resistencia de aislamiento no menor que la correspondiente a la constante de resistencia de aislamiento (IRK) especificada en las Tabla 3-6 y 3-7 según aplique.

Cuando un conductor aislado es individualmente cubierto con una cubierta no metálica, la resistencia de aislamiento no debe ser menor que el 60% de aquella requerida para el aislamiento, basada en su espesor de aislamiento y no en la suma de aislamiento más cubierta.

Tabla 3.1 Clasificación del aislamiento

Aislamiento	Temperatura máxima, °C ¹⁾	Adecuación para localizaciones seca o húmeda ²⁾	Tensión nominal máxima del circuito fase a fase ³⁾	Clase con la que cumple	Tabla de espesor
Goma sintética 90°C	90	Seco	2000	R-1	3-3.1
Goma silicona	125	Seco	2000	R-2	3-3.1
Goma silicona	90	Húmedo	2000	R-3	3-3.1
Polietileno clorosulfonado	90	Seco o Húmedo	2000	R-4	3-3.1
Cloruro de polivinilo	60	Seco o Húmedo	600	T-1	3-3.2
Cloruro de polivinilo	75	Seco o Húmedo	600	T-2	3-3.2
Cloruro de polivinilo/nylon	90	90 Seco o 75 Húmedo	600	T-3	3-5
Polietileno	75	Seco o Húmedo	2000	T-4	3-4
Polietileno reticulado	90	Seco o Húmedo	2000	X-1	3-4
Polietileno reticulado	90	Seco o Húmedo	2000	X-2	3-4
Polietileno reticulado	90	Seco o Húmedo	2000	X-3	3-4
TPE					
Elastómero termoplástico (tipo I)	90	90 Seco o 75 Húmedo	600	T-5	3-4
TPE					
Elastómero termoplástico (tipo II)	90	90Seco o 75Húmedo	600	T-6	3-4
Goma de etileno propileno tipo I	90	Seco o Húmedo	2000	E-1	3-4
Goma de etileno propileno Tipo II	90	Seco o Húmedo	2000	E-2	3-4

1) Para clasificaciones de sobrecarga de emergencia ver Apéndice C

2) Las localizaciones secas son ambientes libres de humedad, tales como en conduit secos, o debajo de cubiertas metálicas continuas

3) La tensión nominal del circuito cubierto por esta Tabla es para cables definidos en el alcance de esta norma y no se aplica a cables submarinos, para taladros u otros tipos específicos cubiertos por la sección 7.

Tabla 3.2 Numerales de referencia para prueba de tensión

	Cables monopolares	Ensamblajes de cables monopolares aislados	Ensamblajes de conductores aislados y no aislados	Cables multiconductores con cubierta común
Sin armadura o cubierta metálica	6.10.1.1.3 ó	6.10.1.1.3 ó	6.10.1.1.3 ó	6.10.1.1.3 ó
	6.10.1.1.4 ó	6.10.1.1.4 ó	6.10.1.1.4	6.10.1.1.4
	6.10.1.2.3 ó	6.10.1.2.3 ó	-	-
	6.10.1.2.4	6.10.1.2.4	-	-
Con armadura o cubierta metálica	6.10.1.1.3 ó	6.10.1.1.3 ó	6.10.1.1.3 ó	6.10.1.1.3 ó
	6.10.1.1.4	6.10.1.1.4	6.10.1.1.4	6.10.1.1.4

Ver en sección 6:

- 6.10.1.1.3 Prueba resistencia a la tensión ca
- 6.10.1.1.4 Prueba resistencia a la tensión cc
- 6.10.1.2.3 Prueba de chispeado ca
- 6.10.1.2.4 Prueba de chispeado cc

Tabla 3.3.1 Calibres de conductores, espesores de aislamiento y prueba de tensiones para aislamientos clase R (ver Tabla 3-1 para límites de tensión de diferentes grados de aislamiento)

Tensión nominal del circuito fase a fase, ¹⁾ Volts	Calibre del conductor (AWG o kcmil) ²⁾	Espesor de Aislamiento ⁴⁾		Prueba de tensión ca	Prueba de tensión cc	Prueba de chispeado tensión ca	Prueba de chispeado tensión cc
		mm	mils				
0-600	14 - 9	1,14	45	4.5	13.5	kV ³⁾ 7.5	kV 13.5
	8 - 2	1,52	60	6.0	18.0	10.0	18.0
	1 - 4/0	2,03	80	7.5	22.5	12.5	22.5
	225 - 500	2,41	95	8.5	25.5	15.0	25.5
601-2000	525 - 1000	2,79	110	10.0	30.0	17.5	30.0
	1025 - 2000	3,18	125	11.5	34.5	20.0	34.5
	14 - 9	2,03	80	7.5	22.5	12.5	22.5
	8 - 2	2,41	95	8.5	25.5	15.0	25.5
	1 - 4/0	2,79	110	10.0	30.0	17.5	30.0
	225 - 500	3,18	125	11.5	34.5	20.0	34.5
	525 - 2000	3,56	140	11.5	34.5	22.5	34.5
1) La tensión real de operación no debe exceder la tensión nominal del circuito por más de:							
a) 5% durante operación continua o							
b) 10% en emergencias que no duren más de 15 minutos.							
2) Para cables o condiciones de servicio donde dominan tensiones mecánicas, tales como en cables submarinos o largas							
Galerías verticales, estos calibres mínimos quizás no sean lo suficientemente fuertes.							
3) Las tensiones ac son valores rms.							
4) Los espesores de aislamiento son adecuados para niveles de aislamiento de 100% y 133%							

Tabla 3.3.2 Calibres de conductores, espesores de aislamiento y prueba de tensiones para aislamientos clases T1 y T2 (ver Tabla 3-1 para límites de tensión de diferentes grados de aislamiento)

Tensión nominal del circuito fase a fase, volts ¹	Calibre del conductor (AWG o kcmil) ²⁾	Espesor de aislamiento ^{4) 5)}		Prueba de tensión ca	Prueba de tensión cc	Prueba de chispeado tensión ca	Prueba de chispeado tensión cc
		mm	mils				
0-600	14 - 10	0,76	30	2,0	6,0	7,5	13,5
	9 - 8	1,14	45	4,5	13,5	7,5	13,5
	7 - 2	1,52	60	6,0	18,0	10,0	18,0
	1 - 4/0	2,03	80	7,5	22,5	12,5	22,5
	225 - 500	2,41	95	8,5	25,5	15,0	25,5
601-2000	525 - 1000	2,79	110	10,0	30,0	17,5	30,0
	1025 - 2000	3,18	125	11,5	34,5	20,0	34,5
	14 - 9	2,03	80	7,5	22,5	12,5	22,5
	8 - 2	2,41	95	8,5	25,5	15,0	25,5
	1 - 4/0	2,79	110	10,0	30,0	17,5	30,0
	225 - 500	3,18	125	11,5	34,5	20,0	34,5
	525 - 2000	3,56	140	11,5	34,5	22,5	34,5

1) La tensión real de operación no debe exceder la tensión nominal del circuito por más de:

- a) 5% durante operación continua o
- b) 10% en emergencias que no duren más de 15 minutos.

2) Para cables o condiciones de servicio donde dominan tensiones mecánicas, tales como en cables submarinos o largas Galerías verticales, estos calibres mínimos quizás no sean lo suficientemente fuertes.

3) Las tensiones ac son valores rms.

4) Los espesores de aislamiento son adecuados para niveles de aislamiento de 100% y 133%

5) Para cables monopolares instalados en ductos subterráneos o directamente enterrados, agregar 0,38 mm (15 mils) a los espesores de aislamiento dados en Tabla 3-3 para aislamiento tipos T-1 y T-2

Tabla 3.4 Calibres de conductores, espesores de aislamiento, tensiones de prueba para aislamientos clase T4, T5, T6 y toda clase X y E (ver Tabla 3.1 para límites de tensión de diferentes grados de aislamiento)

Tensión nominal del circuito fase a fase, volts ¹⁾	Calibre del conductor AWG o kcmil ²⁾	Espesor ⁴⁾ de aislamiento				Prueba tensión ca, kV	Prueba tensión cc, kV	Prueba de chispeado tensión cc kV		Prueba de chispeado tensión ca kV	
		mm		mils				Columna A	Columna B	Columna A	Columna B
		Columna A	Columna B	Columna A	Columna B						
0-600	14-9 ³⁾	1,14	45	0,76	30	3,5	10,5	16,0	10,5	10,0	7,5
	8-2	1,52	60	1,14	45	5,5	16,5	21,0	16,5	15,0	10,0
	1-4/0	2,03	80	1,40	55	7,0	21,0	23,0	21,0	17,5	12,5
	225-500	2,41	95	1,65	65	8,0	24,0	33,5	24,0	20,0	15,0
	525-1000	2,79	110	2,03	80	10,0	30,0	38,5	30,0	27,5	17,5
601-2000	1025-2000	3,56	125	2,54	100	11,5	34,0	44,0	34,0	31,0	20,0
	14-9 ³⁾	1,52	60	1,14	45	5,5	16,5	21,0	16,5	15,0	10,0
	8-2	1,78	70	1,40	55	7,0	21,0	24,5	21,0	17,5	12,5
	1-4/0	2,29	90	1,65	65	8,0	24,0	31,5	24,0	20,0	15,0
	225-500	2,54	100	1,91	75	9,5	28,5	37,0	28,5	25,0	17,5
	525-1000	3,05	120	2,29	90	11,5	34,5	42,0	34,5	30,0	20,0
	1025-2000	3,56	140	2,92	115	13,5	40,0	49,0	40,0	35,0	24,0

1) La tensión real de operación no debe exceder la tensión nominal del circuito por más de:

a) 5% durante operación continua o

b) 10% en emergencias que no duren más de 15 minutos.

2) Para cables o condiciones de servicio donde dominan tensiones mecánicas, tales como en cables submarinos o largas galerías verticales, estos calibres mínimos quizás no sean lo suficientemente fuertes.

3) Los cables monopolares de calibres 9 AWG y menores no se deben usar directamente enterrados

4) Los espesores de la columna A se deben aplicar a cables monopolares y multipolares sin una cubierta no metálica exterior, para aplicación general, que utilizan un aislamiento resistente a la luz solar, pigmentado con negro de humo, pero sin cubierta final.

Los espesores de la columna B aplican a cables monopolares y multipolares con cubiertas exteriores. Los espesores de la columna B se consideran adecuados para propósitos eléctricos y pueden ser especificados para cables monopolares que emplean un aislamiento resistente a la luz solar, pigmentado con negro de humo, sin cubierta final. Estos cables se pueden usar en aplicaciones donde la instalación y las condiciones de servicio son tales que el espesor adicional para protección mecánica no son necesarios para una operación satisfactoria.

Los espesores de aislamiento son adecuados para niveles de aislamiento de 100% y 133%.

Tabla 3.5 Calibres de conductores, espesor del aislamiento y tensiones de prueba para cables de potencia aislados clase T -3 cloruro de polivinilo/nylon

Tensión nominal del circuito fase a Volts ¹⁾	Calibre del conductor	Espesor ²⁾ del aislamiento				Prueba tensión, KV ³⁾			Prueba de chispeado, tensión		
		PVC		NYLON ⁴⁾		ca	cc	cc	ca	cc	cc
	AWG o kcmil	mm	mils	mm	mils						
0-600	14-11	0,38	15	0,10	4	2.0	6.0		6.0	7.5	
	10-9	0,51	20	0,10	4	2.0	6.0		6.0	7.5	
	8-5	0,76	30	0,13	5	2.0	6.0		6.0	10.0	
	4-2	1,02	40	0,15	6	2.0	6.0		6.0	10.0	
	1-4/0	1,27	50	0,18	7	2.5	7.5		7.5	12.5	
	250-500	1,52	60	0,20	8	3.0	9.0		9.0	15.0	
	550-1000	1,78	70	0,23	9	3.5	10.5		10.5	17.5	

1) La tensión real de operación no debe exceder la tensión nominal del circuito por más de:

- a) 5% durante operación continua o
- b) 10% en emergencias que no duren más de 15 minutos.

2) Los espesores dados en esta Tabla aplican a conductores monopolares instalados en conduit y a conductores individuales de todos cables multipolares que tenga una cubierta metálica o no metálica.

Los espesores son adecuados para los niveles de aislamiento de 100% y de 133%.

3) Las tensiones ac son valores rms.

4) Los espesores que se dan para nylon son espesores mínimos.

Tabla 3.6 Requisitos del aislamiento

Propiedades	Clase de aislamiento			
	R-1 Goma sintética	R-2 Goma silicónica	R-3 Goma silicónica	R-4 Goma CSPE
Propiedades físicas				
Resistencia a la tracción, mínima, psi	4,8	5,5	5,5	10,3
Alargamiento, mínimo %	300	250	250	300
Alargamiento permanente, máximo, %	25	-	-	-
Envejecimiento en horno de aire				
Porcentaje mínimo de retención del valor original				
Resistencia a la tracción	60	500 ⁽¹⁾	500 ⁽¹⁾	85
Alargamiento	60	125 ⁽²⁾	125 ⁽²⁾	50
después de envejecimiento durante (horas)	168	168	168	168
Temperatura de envejecimiento $\pm 1^{\circ}\text{C}$	121	200	200	121
Aire caliente a presión				
Porcentaje mínimo de retención del valor original				
Resistencia a la tracción	50	-	-	-
Alargamiento	50	-	-	-
después de envejecimiento durante (horas)	42	-	-	-
Temperatura de envejecimiento $\pm 1^{\circ}\text{C}$	127	-	-	-
Inmersión en aceite				
Porcentaje mínimo de retención del valor original				
Resistencia a la tracción	-	-	-	60
Alargamiento	-	-	-	60
después de envejecido durante (horas)	-	-	-	18
Temperatura de envejecimiento $\pm 1^{\circ}\text{C}$	-	-	-	121

Tabla 3.6 Requisitos del aislamiento (continuación)

Propiedades	Clase de aislamiento			
	R-1 Goma sintética	R-2 Goma silicónica	R-3 Goma silicónica	R-4 Goma CSPE
Propiedades eléctricas				
Temperatura después de la inmersión en agua ± 1°C	-	-	75	75
Después de 24 horas, máxima permitividad (SIC)	-	-	6.0	10
Aumento en capacitancia máxima, %				
1-14 días	-	-	10	6.0
7-14 días	-	-	3.0	2.0
Factor de estabilidad después de 14 días, máximo	-	-	-	1.0
Factor de estabilidad alterna, diferencia 1-14 días, máximo	-	-	-	0.5
Resistencia del aislamiento				
IRK a 15,6°C, mínimo	1220	1220	1220	610
Megaohm km				

1) Valor absoluto en Mpa

2) Valor absoluto en porcentaje

NOTA: Un guión debajo de cualquier aislamiento indica que no se requiere un valor aplicable para esa propiedad en particular

Tabla 3.7 Requisitos del aislamiento

Clases de aislamiento											
Propiedades	X-1	X-2	X-3	E-1	E-2	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
	XLPE	XLPE	XLPE	Goma EP		PVC	PVC	PVC/ Nylon	PE	TPE	TPE
Resistencia a la tracción inicial, mínima Psi Mpa	1800 12,4	1800 12,4	1800 12,4	700 4,8	1200 8,2	1500 10,3	2000 13,8	2000 13,8	1400 9,65	1500 10,3	1500 10,3
	250	250	150	250	150	100	150	150	350	300	300
Resistencia a la ruptura al 100% del alargamiento mínimo, psi	-	-	-	-	500	-	-	-	-	-	-
Retención, % mínimo de:											
Resistencia a la tracción	75	75	85	75	75	65	80	75	75	75	75
Alargamiento	75	75	60	75	75	65	75	65	75	75	75
Después de la exposición al horno de aire											
Tiempo (horas)	168	168	168	168	168	168	168	168	48	168	168
Temperatura ± 1°C	121	121	121	121	121	100	121	136	100	121	121
Retención, % mínimo de:											
Resistencia a la tracción	-	-	-	-	-	85	85	50	-	-	-
alargamiento	-	-	-	-	-	85	85	50	-	-	-
Después de la inmersión en aceite											
Tiempo (horas)	-	-	-	-	-	4	4	96	-	-	-
Temperatura ± 1°C	-	-	-	-	-	70	70	100	-	-	-
Deformación por calor											
% máximo	-	-	-	-	-	50	25	25	-	25	25
Temperatura ± 1°C	-	-	-	-	-	121	121	136	-	121	121

Tabla 3.7 Requisitos de aislamiento (continuación)

Propiedades	Clases de aislamiento										
	X-1	X-2	X-3	E-1	E-2	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
	XLPE	XLPE	XLPE	Goma EP		PVC	PVC	PVC/ Nylon	PE	TPE	TPE
Alargamiento en caliente (ICEA T-28-562) después de acondicionada a 150°C ± 2°C	175	100	100	50	50	-	-	-	-	-	-
	10	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-
Alargamiento permanente, % máximo	-	-	-	-	-	Sin Grietas	Sin Grietas	Sin Grietas	-	-	-
Choque térmico a 121 ± 1°C	-	-	-	-	-	Sin Grietas	Sin Grietas	Sin Grietas	-	-	-
Prueba a la llama tipo A	-	Pasa ^{a)}	-	-	Pasa ^{a)}	Pasa ^{a)}	-	-	-	-	-
Prueba a la llama tipo B	-	-	Pasa ^{a)}	-	-	Pasa	Pasa	Pasa	-	-	-
Doblado en frío después de 1 h a la temperatura ± 2° C mínimo	-	-	-	-	-	-10°C	-30°C	-25°C	-	-	-
	-	-	-	-	-	Sin Grietas	Sin Grietas	Sin Grietas	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	Sin Grietas	-	-
Resquebrajamiento por esfuerzo ambiental	-	-	-	-	-	-	-	-	Sin Grietas	-	-
Prueba de enrollado	-	-	-	-	-	-	-	Sin Grietas	-	-	-

Tabla 3.7 Requisitos de Aislamiento (continuación)

Propiedades	Clases de aislamiento										
	X-1	X-2	X-3	E-1	E-2	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
	XLPE	XLPE	XLPE	Goma EP		PVC	PVC	PVC/ Nylon	PE	TPE	TPE
Propiedades eléctricas											
Después de la inmersión en agua a la temperatura indicada $\pm 1^{\circ}\text{C}$	75	75	75	75	75	50	75	75	75	75	75
Permitividad (SIC), después de 24 h, máximo	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	10,0	10,0	10,0 ^{b)}	-	3,0	4,0
Incremento en la capacitancia, máximo											
1-14 días	3,0	3,0	4,0	5,0	5,0	10,0	4,0	6,0 ^{b)}	-	3,0	4,0
7-14 días	1,5	1,5	2,0	3,0	3,0	5,0	2,0	3,0 ^{b)}	-	1,5	2,0
Factor de estabilidad ^{c)} después de 4 días, máximo	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	1,0	1,0
Factor de estabilidad alterno ^{c)} , diferencia máxima, 1-14 días	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	0,5	0,5
Resistencia del aislamiento, constante IRK @ 15,6°C, megohm-km, mínimo	3050	3050	3050	3050	3050	610	610	915	15240	12190	12190
a) Las pruebas opcionales se aplican cuando se requiere retardancia a la llama											
b) Sin el nylon.											
c) Sólo se necesita cumplir uno de esos requisitos, no ambos											
Un guión debajo de cualquier aislamiento indica que no se requiere un valor aplicable para esa propiedad en particular.											

SECCION 4 RECUBRIMIENTOS

4.1 Cubiertas

4.1.1 Cubiertas Termoestables y Termoplásticas. Generalidades

Las cubiertas descritas en los numerales 4.1.3 a 4.1.13 pueden ser aplicadas directamente sobre el aislamiento o sobre un conjunto de conductores aislados no apantallados. La cubierta debe cumplir con los requisitos indicados en ellos y con los especificados en la Tabla 4-1. Los ensayos deben hacerse solamente cuando las cubiertas tengan un espesor nominal de 0,76mm (30 mils) o mayor.

Las cubiertas a ser utilizadas sobre recubrimientos metálicos están listadas en los numerales 4.3.8 y 4.3.9. La cubierta debe cumplir con los requisitos indicados en ellos y en la Tabla 4-1.

En la clasificación utilizada en esta norma, se entiende por "cubierta" tanto recubrimiento no metálico como el recubrimiento metálico continuo.

4.1.2 Reparaciones

Las cubiertas pueden ser reparadas utilizando los procedimientos de una buena práctica comercial. Los cables con cubierta reparada deben cumplir con todos los requisitos de esta norma que le sean aplicables.

4.1.3 Neopreno, Negro de uso pesado (CR-HD)

El material para esta cubierta será un compuesto termoestable de neopreno negro. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.4 Neopreno, Uso general (CR-GP)

El material para esta cubierta será un compuesto termoestable de neopreno. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.5 Cloruro de Polivinilo (PVC)

Esta cubierta consistirá de un compuesto de cloruro de polivinilo. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.6 Polietileno de Baja Densidad y Polietileno Lineal de Baja Densidad (LDPE y LLDPE)

Esta cubierta consistirá de un compuesto de polietileno de baja densidad o lineal de baja densidad capaz de ser expuesto a la luz solar que cumpla los requisitos del ensayo de coeficiente de absorción. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.7 Polietileno de Media Densidad (MDPE)

Esta cubierta consistirá de un compuesto de polietileno de media densidad capaz de ser expuesto a la luz solar que cumpla los requisitos del ensayo de coeficiente de absorción. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.8 Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Esta cubierta consistirá de un compuesto de polietileno de alta densidad capaz de ser expuesto a la luz solar que cumpla los requisitos del ensayo de coeficiente de absorción. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.9 Butadieno-nitrilo/Cloruro de Polivinilo, Uso Pesado (NB/PVC-HD)

El material para esta cubierta será un compuesto termoestable de acrilonitrilo-butadieno/cloruro de polivinilo. Tendrá como base una mezcla de “flujo” de goma sintética de acrilonitrilo-butadieno y resina de cloruro de polivinilo. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.10 Butadieno-nitrilo/Cloruro de Polivinilo, Uso General (NB/PVC-GP)

El material para esta cubierta será un compuesto termoestable de acrilonitrilo-butadieno/cloruro de polivinilo. Tendrá como base una mezcla de “flujo” de goma sintética de acrilonitrilo-butadieno y resina de cloruro de polivinilo. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.11 Polietileno Clorosulfonado, Uso Pesado (CSPE-HD)

Esta cubierta consistirá de un compuesto termoestable de polietileno clorosulfonado. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.12 Polietileno Clorado, Termoplástico (CPE-TP)

Esta cubierta consistirá de un compuesto termoplástico de polietileno clorado. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.13 Polietileno Clorado, Termoestable, Uso Pesado (CPE-XL-HD)

Esta cubierta consistirá de un compuesto termoestable de polietileno clorado. Usando los procedimientos de ensayo de la sección 6, la cubierta debe cumplir con todos los requisitos aplicables de la Tabla 4-1.

4.1.14 Requisitos Opcionales

Los requisitos indicados a continuación son opcionales y no serán exigidos a menos que sean expresamente requeridos.

4.1.14.1 Ensayo de Llama en cables tipo Bandeja

Este ensayo se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma ICEA T-30-520. La llama no debe propagarse hasta el tope de las muestras.

4.1.14.2 Cubiertas Resistentes a la Luz Solar

Las cubiertas destinadas a ser instaladas expuestas directamente a la luz solar deben ser calificadas para tal uso. Los ensayos se realizarán de acuerdo con la norma ASTM G23 o G26. Una cubierta se considerará resistente a la luz solar si después de una exposición de 720 horas, las propiedades de resistencia a la tracción y de alargamiento se mantienen en un mínimo del 80% de sus valores originales

4.1.15 Separador bajo cubierta

Si antes de aplicar la cubierta se utiliza un separador sobre el conjunto cableado de cables, este debe ser de un material compatible.

Tabla 4.1 Requisitos de la Cubierta

Propiedades	CHRD	CRGP	PVC	LDPE& LLDPE	MDPE	HDPE	NBR/PVC HD	NBR/PVC GP	CSPE HD	CPE TP	CPE-XL HD
Tensión de ruptura sin envejecer											
Mínimo Mpa	12,4	10,3	10,3	9,65	13,8	17,2	12,4	10,3	12,4	9,65	12,4
Kg/mm ²	1,27	1,05	1,05	0,98	1,41	1,76	1,27	1,05	1,27	0,98	1,27
psi	1800	1500	1500	1400	2000	2500	1800	1500	1800	1400	1800
Alargamiento a ruptura sin envejecer, % mínimo	300	250	100	350	300	300	300	250	300	150	300
Tensión para alargamiento sin envejecer %	200						200		200	100	200
Mínimo Mpa	3,45						3,45		3,45	6,89	3,45
Kg/mm ²	0,35						0,35		0,35	0,70	0,35
psi	500						500		500	1000	500
Asentamiento sin envejecer, máximo %	20	20					30	30	30		
Después de envejecimiento en aire en horno a °C	100	100	100	100	100	100	100	100	100	121	100
P/duración de horas	168	168	120	48	48	48	168	168	168	168	168
% mínimo de retención sobre muestra no envejecida											
Tensión de ruptura	50	50	85	75	75	75	50	50	85	85	85
Alargamiento	50	50	60	75	75	75	50	50	65	50	65
Después de ensayo de inmersión en aceite a °C	121	121	70				121	121	121	100	121
P/duración de horas	18	18	4				18	18	18	18	18
% mínimo de retención sobre muestra no envejecida											
Tensión de ruptura	60	60	80				60	60	60	60	60
Alargamiento	60	60	60				60	60	60	60	60
Deformación por calor a °C			121	90	100	110				121	
Máximo %			50	25	25	25				25	
Choque térmico @121 °C ±1°C											
Grietas permitidas			No								
Agrietamiento por esfuerzo ambiental, ‡											
Grietas permitidas				No †	No †	No ††					
Doblado en frío @ -35 °C ±1°C, grietas permitidas			No							No	
Coeficiente de absorción, mínimo ‡ Milli (absorbancia/metro)				320	320	320					
Densidad de la resina base (D ^{23°C}), g/cm ³											
Min.				0,910	0,926	0,941					
Max.				0,925	0,940	0,965					
Ensayo de alargamiento en caliente @ 150 °C											
% alargamiento									100 •		
% alargam. permanente									10 •		

NOTA:

Los espacios en blanco significan que el ensayo para esa propiedad no se aplica a ese material

- † Utilizar la Condición A con la solución Igepal CO 630 de concentración entera o equivalente, como se define en ASTM D1693
- †† Utilizar la Condición B con la solución Igepal CO 630 de concentración entera o equivalente, como se define en ASTM D1693
- ‡ En lugar del ensayo de las cubiertas de cable terminado, será suficiente un certificado del fabricante del compuesto de polietileno indicando que se cumple este requisito
- Este ensayo puede ser usado como alternativa al ensayo de asentamiento para verificar el curado de las cubiertas de CSPE-HD. Es necesario solamente realizar uno de los dos ensayos (Asentamiento no envejecido o Fluencia por calor).

4.1.15.1 Espesor de cubiertas

El espesor promedio de las cubiertas no será menor que el espesor indicado en la Tabla 4-2 para cables monopolares y en las Tablas 4-3 ó 4-4 para cables múltiples. El espesor mínimo no será menor que el 80% de los valores dados en esas tablas. (Véase la Sección 6 para los métodos de medición).

Tabla 4.2 Espesor de Cubierta para Cables Monopolares Cables sin Pantalla 2.000 V o menos

Diámetro Calculado del Cable Bajo la Cubierta		Espesor de la Cubierta	
mm	pulgadas	mm	mils
6,35 o menos	0,250 o menos	0,38	15
6,38-10,80	0,251-0,425	0,76	30
10,82-17,78	0,426-0,700	1,14	45
17,81-38,10	0,701-1,500	1,65	65
38,13-63,50	1,501-2,500	2,41	95
63,53 y mayor	2,501 o mayor	3,18	125

Estos espesores son válidos solamente para las cubiertas y no se aplican a recubrimientos de color utilizados con el propósito de identificación de cables individuales de cables múltiples.

Los cables monopolares de calibre 9 AWG o menores no se utilizarán directamente enterrados en tierra.

NOTA 2: El cálculo del espesor de la cubierta para cables paralelos planos se basará en el mayor diámetro calculado del núcleo.

Tabla 4.3 Espesor de Cubierta Opcional para los Cables Individuales de un Cable Múltiple Bajo una cubierta Común

Diámetro Calculado del Cable Individual Bajo la Cubierta		Espesor de la Cubierta*	
mm	pulgadas	mm	mils
6,35 o menos	0,250 o menos	0,38	15
6,38-10,80	0,251-0,425	0,64	25
10,82-17,78	0,426-0,700	0,76	30
17,81-38,10	0,701-1,500	1,27	50
38,13-63,50	1,501-2,500	2,03	80

* Estos espesores son válidos solamente para las cubiertas y no se aplican a recubrimientos de color utilizados con el propósito de identificación de cables individuales de cables múltiples.

Tabla 4.4 Espesor de Cubierta Exterior para Cables Múltiples (Para Todos los Voltajes y Todos los Usos)

Diámetro Calculado del Cable Bajo la Cubierta		Espesor de la Cubierta	
mm	pulgadas	mm	mils
10,80 o menos	0,425 o menos	1,14	45
10,82-17,78	0,426-0,700	1,52	60
17,81-38,10	0,701-1,500	2,03	80
38,13-63,50	1,501-2,500	2,79	110
63,53 y mayor	2,501 o mayor	3,56	140

NOTA 3: La Tabla 4.4 es válida para la cubierta exterior de los cables múltiples redondos y para los cables paralelos planos

NOTA 4: El cálculo del espesor de la cubierta para cables paralelos planos se basará en el mayor diámetro calculado del núcleo.

4.2 Revestimientos metálicos y asociados

4.2.1 Generalidades

Los requisitos indicados en esta sección se aplican a cables utilizados en condiciones normales de instalación, operación y mantenimiento.

Cuando se trate de condiciones de instalación, operación o mantenimiento no usuales, estas condiciones deben ser definidas con el fin de que se realicen las modificaciones necesarias en el diseño final del cable. Al clasificar las cubiertas en estas normas, el término cubierta se refiere tanto a los recubrimientos no metálicos como a los recubrimientos metálicos continuos.

Los tipos de recubrimientos y las condiciones de su instalación son como sigue:

1. Cubierta metálica de plomo o aluminio.
 - a. En tuberías, ductos, canales o canalizaciones.
 - b. Suspendidos de un cable mensajero aéreo.
 - c. Para otros tipos de instalación cuando están adecuadamente protegidos por armadura metálica o recubrimientos no metálicos.
2. Armadura de cinta metálica plana.
 - a. Enterrado directamente en zanjas.
 - b. Suspendidos de un cable mensajero aéreo.

La armadura de cinta de acero galvanizado o no, dependiendo de las condiciones del suelo y la presencia de agua, con un recubrimiento adicional para protección contra la corrosión, se considera adecuada para la instalación directamente enterrada y en conductos verticales si el cable está sujeto a intervalos.

La armadura de cinta de acero galvanizado sin recubrimientos adicionales se considera adecuada para los cables suspendidos de un cable mensajero aéreo.

3. Armadura de cinta metálica entrelazada o cinta corrugada sellada continua.

- a. Directamente enterrada en zanjas*
- b. Canales
- c. Bastidores
- d. Canalizaciones
- e. Suspendidos de un cable mensajero aéreo

Los cables con armadura de cinta metálica entrelazada o de corrugado continuo, sin recubrimiento exterior pero con un asiento o una cubierta bajo la armadura, son adecuados para uso interior y para uso a la intemperie aéreo.

* Los cables con armadura de cinta metálica entrelazada, con un asiento o cubierta bajo la armadura y con un recubrimiento adicional para protección contra la corrosión o una cubierta termoplástica sobre la armadura, son adecuados para instalaciones subterráneas.

4. Armadura de alambres de acero galvanizado.

- a. Cables submarinos.
- b. Cables para dragas.
- c. Cables para elevadores verticales, pozos de perforación o de minas, suspendido desde un extremo.
- d. Directamente enterrados en zanjas y sujetos a esfuerzos longitudinales no usuales.

No se requieren recubrimientos adicionales de yute o equivalente en los cables para dragas y elevadores verticales. Si se requiere en los cables submarinos, para pozos de perforación y de minas, cuando existen condiciones severas de instalación y uso. También se requiere para los cables directamente enterrados. Cuando, por las condiciones de transporte, sea requerida una protección para el galvanizado de los alambres de la armadura se puede añadir un recubrimiento de yute o equivalente.

4.2.1.1 Divisiones

Las instalaciones específicas se definen según tres divisiones:

División I (Ver 4.3) define los materiales, construcción y requisitos para recubrimientos metálicos y asociados recomendados para uso bajo condiciones normales de instalación, operación y mantenimiento de cables de potencia. También cubre los cables submarinos

Los requisitos de la División I con relación a la calidad de los materiales, diseño y construcción se aplican también a las Divisiones II y III indicadas más abajo, excepto en los detalles particulares indicados expresamente en cada división o modificados de cualquier otra manera.

División II (Ver 4.4) concierne a la armadura de alambres redondos para cables para pozos de perforación y de minas, dragas, y elevadores verticales.

División III (ver 4.5) se refiere a la armadura de alambres redondos para cables enterrados directamente.

4.3 División I

4.3.1 Cubiertas metálicas lisas

4.3.1.1 Cubiertas de plomo

4.3.1.1.1 Material

Alrededor del cable debe formarse una cubierta de plomo comercialmente puro o aleado bien ajustada alrededor del núcleo del cable. El tipo de plomo será determinado por el fabricante y debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM B29 a menos que entre el fabricante y el usuario se acuerden otras composiciones y requisitos de ensayo. Cuando se utilice plomo químico o aleación de plomo y cobre, el contenido de cobre, en peso, debe estar entre 0,040 y 0,080 por ciento.

Se puede utilizar plomo recuperado de cables nuevos, siempre que cumpla con los requisitos aquí establecidos.

4.3.1.1.2 Espesor

El espesor promedio de la cubierta de plomo que no lleve una cubierta exterior debe cumplir con lo especificado en la Tabla 4.6. El espesor mínimo no será menor que el 90 por ciento del espesor especificado en la tabla.

El espesor promedio de la cubierta de plomo que lleve una cubierta exterior de un compuesto termoestable o termoplástico debe cumplir con lo especificado en la Tabla 4-7. El espesor mínimo no será menor que el 90 por ciento del espesor especificado en la tabla.

El espesor se medirá de acuerdo a lo indicado en la Sección 6. Habrá ocasiones en que los espesores indicados deban ser incrementados, especialmente en los cables de calibres pequeños, tales como cuando deban introducirse varios cables simultáneamente en un ducto o la longitud de los tramos es muy grande, o cuando el manejo durante la instalación sea severo o difícil, como por ejemplo en algunos sótanos de transformadores.

4.3.1.1.3 Reaplicación de la cubierta de plomo

Cuando la cubierta no cumpla con los requisitos de esta norma, no será reparada. Deberá retirarse la cubierta en toda la longitud del cable y colocar una nueva.

Tabla 4.6 Espesor de Cubierta de Plomo para Cables sin Cubierta

Diámetro Calculado del Núcleo *		Espesor de la Cubierta	
mm	pulgadas	mm	mils
0 - 10,80	0- 0,425	1,14	45†
10,82-17,78	0,426-0,700	1,65	60†
17,81-26,67	0,701-1,050	2,03	80
26,70-38,10	1,051-1,500	2,41	95
38,13-50,80	1,501-1,500	2,79	110
50,83-76,20	2,001-3,000	3,18	125
76,23 y mayor	3,001 y mayor	3,56	140

* El espesor de la cubierta de plomo para cables paralelos planos se basará en el mayor diámetro calculado del núcleo.

† En los cables submarinos el espesor será de 2,03 mm (80 mils).

Tabla 4.7 Espesor de Cubierta de Plomo para Cables con Cubierta Exterior Termoestable o Termoplástica

Diámetro Calculado del Núcleo *		Espesor de la Cubierta	
mm	pulgadas	mm	mils
0 - 10,80	0- 0,425	1,14	45†
10,82-17,78	0,426-0,700	1,40	55†
17,81-26,67	0,701-1,050	1,78	70
26,70-38,10	1,051-1,500	2,16	85
38,13-50,80	1,501-2,000	2,41	95
50,83-76,20	2,001-3,000	2,79	110
76,23 y mayor	3,001 y mayor	3,18	125

* El espesor de la cubierta de plomo para cables paralelos planos se basará en el mayor diámetro calculado del núcleo.
† En los cables submarinos el espesor será de 1,78 mm (70 mils).

4.3.1.2 Cubiertas de Aluminio

4.3.1.2.1 Material

Alrededor del cable debe formarse una cubierta lisa de aleación de aluminio 1060, 1350 u otra aleación con no menos de 99,5 por ciento de aluminio, bien ajustada alrededor del núcleo del cable. El tipo de aleación será determinado por el fabricante a menos que entre el fabricante y el usuario se acuerde otra cosa.

4.3.1.2.2 Espesor

El espesor promedio de la cubierta de aluminio debe cumplir con lo especificado en la Tabla 4-8. El espesor mínimo no será menor que el 90 por ciento del espesor especificado en la tabla. El espesor se medirá de acuerdo a lo indicado en la Sección 6.

Tabla 4.8 Espesor de Cubierta Lisa de Aluminio

Diámetro Calculado del Núcleo *		Espesor de la Cubierta	
Mm	pulgadas	mm	mils
10,16 o menos	0,400 o menos	0,89	35
10,19-18,80	0,401-0,740	1,14	45
18,82-26,67	0,741-1,050	1,40	55
26,70-33,02	1,051-1,300	1,65	65
33,05-39,37	1,301-1,550	1,90	75
39,40-45,72	1,551-1,800	2,16	85
45,75-52,07	1,801-2,050	2,41	95
52,10-58,42	2,051-2,300	2,67	105
58,45-64,77	2,301-2,550	2,92	115
64,80-71,12	2,551-2,800	3,18	125
71,15-77,47	2,801-3,050	3,43	135
77,50-83,82	3,051-3,300	3,68	145
83,85-90,17	3,301-3,550	3,94	155
90,30-96,52	3,551-3,800	4,19	165
96,55-102,9	3,801-4,050	4,45	175

* El espesor de la cubierta de aluminio para cables paralelos planos se basará en el mayor diámetro calculado del núcleo.

4.3.1.2.3 Reaplicación de la Cubierta de Aluminio

Cuando la cubierta no cumpla con los requisitos de esta norma, no será reparada. Deberá retirarse la cubierta en toda la longitud del cable y colocar una nueva.

4.3.2 Armadura de Cinta Plana de Acero

Para la armadura de cinta plana de acero, aplicada de acuerdo con 4.3.2.4, se deberá utilizar cinta plana de acero con o sin recubrimiento de zinc, en bobinas. Se pueden utilizar cubiertas exteriores adicionales cuando sea requerido para protección contra la corrosión u otra protección.

4.3.2.1 Esfuerzo de Tracción y Alargamiento

La cinta de acero con o sin recubrimiento de zinc deberá tener una resistencia a la tracción de no menos de 276 MPa (28,12 Kg/mm²)(40.000 psi) y no más de 482 MPa (49,21 Kg/mm²) (70.000 psi). La resistencia a la tracción se determinará en muestras tomadas longitudinalmente, del mismo ancho de la cinta cuando sea posible o en una muestra recta cortada del centro de la cinta. El alargamiento no será menor del 10 por ciento en 254 mm (10 pulgadas). El alargamiento será el incremento permanente en la longitud de la sección marcada en la cinta, originalmente de 254 mm (10 pulgadas) de longitud y será determinado después de la rotura de la muestra. Todos los ensayos se harán antes de aplicar la cinta sobre el cable.

4.3.2.2 Ensayo del Galvanizado (Capa de Zinc)

4.3.2.2.1 Peso de la Capa de Zinc

El recubrimiento de zinc deberá ser aplicado ya sea por el proceso de inmersión en caliente o por galvanizado electrolítico. El peso de la capa de zinc se determinará antes de la aplicación de la cinta sobre el cable. La cinta deberá tener un recubrimiento que pese por lo menos 106,8 gramos por metro cuadrado (0,35 onzas por pie cuadrado) de superficie expuesta. El peso del recubrimiento se determinará utilizando al método descrito en la norma ASTM A90.

4.3.2.2.2 Adherencia del Recubrimiento

El recubrimiento de zinc deberá permanecer adherido sin mostrar escamas o astillas, cuando la cinta se doble 180° sobre un mandril de 8,38 mm (0,33 pulgadas) de diámetro. Se considerará que el recubrimiento de zinc cumple con este requisito cuando al doblar la cinta alrededor del mandril especificado, el recubrimiento no se escama y nada de él se puede remover de la cinta al frotarlo con los dedos.

Si durante el ensayo de adherencia superficial se produjera aflojamiento o desprendimiento de pequeñas partículas de zinc formadas por el pulimento mecánico de la superficie de la cinta recubierta de zinc esto no constituirá falla del ensayo.

4.3.2.3 Calibre de la Cinta

4.3.2.3.1 Ancho

El ancho nominal de la cinta de metal no será mayor que el especificado en la Tabla 4-9. Para anchos nominales de 25,4 mm (1,000 pulgadas) o menores, la tolerancia será de 0,79 mm (0,031 pulgadas). Para anchos nominales mayores de 25,4 mm (1,000 pulgadas), la tolerancia será de 1,19 mm (0,047 pulgadas).

Tabla 4.9 Ancho de la Cinta de Acero para Armaduras Planas (Con o sin Recubrimiento de Zinc)

Diámetro Calculado del Cable Bajo el Asiento *		Ancho Nominal de Cinta de Acero	
mm	Pulgadas	mm	mils
11,43 o menos	0,450 o menos	19,0	0,750
11,46-25,40	0,451-1,000	25,4	1,000
25,43-35,56	1,001-1,400	31,8	1,250
35,59-50,80	1,401-2,000	38,1	1,500
50,83-88,90	2,001-3,500	50,8	2,000
88,93 y mayor	3,501 y mayor	76,2	3,000

* Para cables paralelos planos, el ancho nominal se basará en el mayor diámetro calculado del núcleo.

4.3.2.3.2 Espesor

El espesor nominal de la cinta de acero no será menor que lo indicado en la Tabla 4-10. Véase la Sección 6 para el método de medición del espesor de la cinta de metal. La tolerancia en el espesor nominal de la cinta será de 0,08 mm (3 mils).

Para la cinta recubierta de zinc, los valores especificados de espesor y tolerancia se aplican a la cinta sin el recubrimiento. La cinta recubierta de zinc no tendrá un espesor mayor en 20 por ciento que el espesor de la cinta sin el recubrimiento.

Tabla 4.10 Espesor de la Cinta de Acero para Armaduras Planas (Con o sin Recubrimiento de Zinc)

Diámetro Calculado del Cable Bajo el Asiento *		Espesor Nominal de Cinta de Acero	
mm	pulgadas	mm	mils
25,40 o menos	1,000 o menos	0,51	20
25,43 y mayor	1,001 o mayor	0,76	30

* Para cables paralelos planos, el espesor nominal se basará en el mayor diámetro calculado del núcleo.

4.3.2.4 Aplicación, Paso y Espaciado de las Cintas

Sobre el asiento se deberán aplicar dos cintas helicoidalmente en la misma dirección. Cuando el área de la sección transversal de los conductores sea mayor de 25,34 mm² (50.000 circular mils), las cintas se podrán aplicar en direcciones inversas. Cuando el asiento sea de cinta aplicada helicoidalmente, de hilo o tejido, la dirección de aplicación de la cinta interna será opuesta a la dirección de aplicación de la capa externa del asiento. La máxima separación entre espiras de la cinta metálica de la armadura no excederá el 20 por ciento del ancho de la cinta o de 5,08 mm (0,200 pulgadas), lo que sea mayor. Cuando se apliquen las dos cintas de la armadura en la misma dirección, la cinta exterior será centrada aproximadamente entre las espiras de la cinta interna.

A menos que se aplique un recubrimiento posterior de protección contra la corrosión, las cintas se rociarán antes o durante su aplicación, de un compuesto adecuado para prevenir la corrosión.

4.3.3 Armadura de Cinta Metálica Entrelazada

La armadura entrelazada de cables eléctricos se formará a partir de cinta metálica en bobinas. Todos los ensayos se realizarán antes de su aplicación a los cables.

4.3.3.1 Cinta de acero

La cinta de acero a utilizar para la armadura entrelazada puede ser normal si se utiliza una cubierta exterior como protección adicional. De otra manera la cinta debe tener un recubrimiento de zinc excepto si es de acero inoxidable. Los requisitos de resistencia a la tracción y de recubrimiento de zinc para la cinta plana de acero deben cumplir con lo indicado en el numeral 4.3.2.1.

4.3.3.1.1 Ancho

El ancho máximo nominal de la cinta metálica no será mayor que el indicado en la Tabla 4-11. Para cualquier ancho de cinta metálica utilizado la tolerancia será de + 0,25 mm (0,010 pulgadas) y - 0,13 mm (0,005 pulgadas).

Tabla 4.11 Ancho de la Cinta de Metal para Armaduras Entrelazadas

Diámetro Calculado del Cable Bajo la Armadura		Ancho Nominal de la Cinta de Metal	
mm	pulgadas	mm	pulgadas
0-12,70	0-0,500	12,7	0,500
12,73-25,40	0,501-1,000	19,0	0,750
25,43-50,80	1,001-2,000	22,2	0,875
50,83 y mayor	2,001 y mayor	25,4	1,000

4.3.3.1.2 Espesor

El espesor nominal de la cinta de metal no será menor que el indicado en la Tabla 4-12. Véase la Sección 6 para el método de medición del espesor de la cinta de metal. La tolerancia en el espesor nominal de la cinta será de $\pm 0,08$ mm (3 mils).

Para la cinta recubierta de zinc, los valores especificados de espesor y tolerancia se aplican a la cinta sin el recubrimiento. La cinta recubierta de zinc no tendrá un espesor mayor en 20 por ciento que el espesor de la cinta sin el recubrimiento.

Tabla 4.12 Espesor de la Cinta de Metal para Armaduras Entrelazadas

Diámetro Calculado del Cable Bajo la Armadura		Espesor Nominal			
		Cinta de CuNi, Latón, Acero, Bonce, Acero Inoxidable y Monel		Cinta de Aluminio y de Zinc	
mm	pulgadas	mm	mils	mm	mils
38,10 o menos	1,500 o menos	0,51	20	0,51	20
38,13 y mayor	1,501 o mayor	0,64	25	0,76	30

4.3.3.2 Cinta No Magnética

Cuando se usan cintas no magnéticas tales como las de aluminio, latón, bronce, zinc o acero inoxidable, el ancho debe cumplir con lo indicado en el numeral 4.3.3.1.1 (excepto que la tolerancia para el aluminio será de $\pm 0,25$ mm (0,010 pulgadas) y el espesor cumplirá con lo indicado en el numeral 4.3.3.1.2.

En el apéndice E se dan valores representativos para la resistencia a la tracción y el alargamiento de metales no magnéticos.

4.3.4 Armadura Metálica De Corrugado Continuo

La armadura de metal de corrugado continuo será fabricada utilizando cinta plana de metal aplicada longitudinalmente alrededor del núcleo del cable, con soldado de la costura y corrugado, o por aplicación sobre el núcleo del cable de una cubierta sin costura o tubo que se corruga posteriormente. Cuando se requiera pueden aplicarse cubiertas exteriores adicionales contra la corrosión u otra protección de la armadura.

4.3.4.1 Tipo de Metal

4.3.4.1.1 Cuando la armadura se forma de una cinta plana de metal, las cintas utilizadas deben ser de aluminio, cobre o acero, puros o en aleaciones.

4.3.4.1.2 Cuando la armadura se forma por la aplicación de una cubierta sin costura o tubo, el metal será de aluminio o de una aleación de aluminio.

4.3.4.2 Espesor

El espesor mínimo de la cinta o de la cubierta o del tubo antes de corrugar será como se indica en la Tabla 4-13

Tabla 4.13 Espesor Mínimo del Metal para Armaduras de Corrugado Continuo

Diámetro Calculado del Cable Bajo la Armadura		Espesor Mínimo					
		Aluminio		Cobre		Acero	
mm	pulgadas	mm	mils	mm	Mils	mm	mils
0-55,37	0-2,180	0,56	22	...	...	...	...
55,40-81,03	2,181-3,190	0,74	29	...	...	...	...
81,05-106,70	3,190-4,200	0,86	34	...	...	...	...
0-60,70	0-2,365	...	...	0,43	17	...	...
60,10-90,40	2,366-3,545	...	...	0,53	21	...	...
90,07-106,70	3,546-4,200	...	...	0,64	25	...	...
0-48,39	0-1,905	...	...	...	...	0,41	16
48,41-72,39	1,906-3,050	...	...	...	...	0,51	20
72,42-106,70	3,051-4,200	...	...	...	...	0,61	24

4.3.4.3 Flexibilidad

El cable armado debe ser capaz de ser doblado alrededor de un mandril con un diámetro de 14 veces el diámetro del cable. La armadura no mostrará evidencias de fracturas visibles a simple vista. Este ensayo se realizará de acuerdo a los procedimientos establecidos en la Sección 6.

4.3.5 Armadura de Alambres de Acero Galvanizado

Se usará alambre de acero de bajo carbono recubierto de zinc para la armadura de cables de potencia para uso normal en pozos de perforación, elevadores verticales, submarinos y subterráneos. Para armaduras para usos especiales véanse las Divisiones II y III (numerales 4.4 y 4.5). Todos los ensayos se realizarán antes de la aplicación de los alambres sobre el cable.

4.3.5.1 Requisitos Físicos

Los alambres recubiertos de zinc deben ser de un diámetro uniforme y estar libres de grietas, astillas u otras fallas.

4.3.5.1.1 Resistencia a la Tracción

El alambre recubierto de zinc tendrá una resistencia a la tracción no menor de 345 MPa (35,15 Kg/mm²) (50.000 psi) y no mayor de 483 MPa (49,21 Kg/mm²) (70.000 psi). La resistencia a la tracción será ensayada de acuerdo con la norma ASTM E 8.

4.3.5.1.2 Alargamiento

El alambre recubierto de zinc tendrá un alargamiento de no menos del 10 por ciento en 254 mm (10 pulgadas). El alargamiento será el incremento permanente en la longitud de la sección marcada en el alambre, originalmente de 254 mm (10 pulgadas) de longitud y será determinado después de la rotura de la muestra.

4.5.5.1.3 Ensayo de Torsión

El alambre recubierto de zinc resistirá, sin rotura, el número mínimo de torsiones especificadas en la Tabla 4-14. Este ensayo se hará sobre una muestra del alambre con una separación inicial de 152 mm (6 pulgadas) entre las mordazas de una máquina estándar de torsión o equivalente, con uno de los cabezales de la máquina que se pueda desplazar horizontalmente. La velocidad efectiva de rotación no excederá 60 r.p.m.

Tabla 4.14 Número de Torsiones (Ensayo de Torsión)

Diámetro Nominal del Alambre		Número Mínimo de Torsiones
mm	mils	
6,05-4,22	238-166	7
4,19-2,79	165-110	10
2,77-1,65	109-65	14

4.3.5.2 Ensayos de Galvanizado (Recubrimiento de Zinc)

4.3.5.2.1 Peso de la Capa de Zinc

El recubrimiento de zinc deberá ser aplicado ya sea por el proceso de inmersión en caliente o por galvanizado electrolítico. El peso de la capa de zinc se determinará antes de la aplicación del alambre sobre el cable. El alambre deberá tener un recubrimiento con un peso por unidad de superficie según lo indicado en la Tabla 4-15. El peso del recubrimiento se determinará por un ensayo de desprendimiento según lo descrito en la norma ASTM A90.

Tabla 4.15 Peso Mínimo de la Capa de Zinc

Calibre y Diámetro Nominal del Alambre Recubierto			Peso Mínimo de la Capa de Zinc Por Unidad de Area de Superficie Expuesta	
Calibre BWG	Diámetro		Gramos por Metro Cuadrado	Onzas por Pié Cuadrado
	mm	mils		
4	6,05	238	305	1,00
5	5,59	220	305	1,00
6	5,16	203	305	1,00
8	4,19	165	275	0,90
10	3,40	134	244	0,80
12	2,77	109	244	0,80
14	2,11	83	183	0,60

4.3.5.2.2 Adherencia de la Capa

La capa de zinc debe permanecer adherida cuando el alambre sea enrollado, a no más de 15 vueltas por minuto, en una hélice de por lo menos dos vueltas alrededor de un mandril del diámetro especificado en la Tabla 4-16. Se considere que la capa de zinc cumple con este requisito cuando estando el alambre enrollado alrededor del mandril especificado, el recubrimiento no se escama y nada de él se puede remover frotándolo con los dedos.

Si durante el ensayo de adherencia superficial se produjera aflojamiento o desprendimiento de pequeñas partículas de zinc formadas por el pulimento mecánico de la superficie del alambre recubierta de zinc esto no constituirá falla del ensayo.

Tabla 4.16 Diámetro del Mandril para Ensayo de Adherencia del Recubrimiento

Diámetro Nominal del Alambre		Diámetro del Mandril
mm	mils	
menos de 3,40	menos de 134	2 veces el diámetro del alambre
3,40 y mayor	134 y mayor	3 veces el diámetro del alambre

4.3.5.3 Calibre del Alambre de la Armadura

El calibre del alambre de la armadura para cables submarinos deberá estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 4-17, salvo que el comprador especifique otros calibres ó diámetros. Si los requisitos de servicio son excepcionalmente severos, podrían requerirse calibres mayores. Las tolerancias en el diámetro de los calibres de alambre de la armadura están dadas en la Tabla 4-18.

Tabla 4.17 Calibre del Alambre de Acero Galvanizado para Armadura de Cable Submarino

Diámetro Calculado del Cable Bajo el Asiento		Calibre Nominal del Alambre para Armadura			
mm	pulgadas	BWG		mm	mils
0-19,05	0-0,750	12		2,77	109
19,08-25,40	0,751-1,000	10		3,40	134
25,43-43,18	1,001-1,700	8		4,19	165
43,21-63,50	1,701-2,500	6		5,16	203
63,53 y mayor	2,501 y mayor	4		6,05	238

Tabla 4.18 Tolerancias en Diámetro

Diámetro Nominal del Alambre Galvanizado		Tolerancia	
mm	mils	mm	mils
1,65 hasta 2,75	65 hasta 108	± 0,08	± 3
2,77 hasta 4,20	109 hasta 165	± 0,10	± 4
4,22 hasta 6,25	166 hasta 238	± 0,13	± 5

4.3.5.4 Paso

"Paso" se define como sigue: "El paso de cualquier elemento helicoidal de un cable es la longitud axial de una vuelta de la hélice de ese elemento".

4.3.5.4.1 Longitud

La longitud del paso de los alambres de la armadura no será menor de siete veces ni mayor de doce veces el diámetro de la hélice en todos los tipos excepto en los cables de dragas. Para cables de dragas ver numeral 4.4.2.

4.3.5.4.2 Dirección de Paso

Las capas sucesivas del asiento y de la armadura serán cableadas en direcciones opuestas. La dirección de cableado de los alambres de la armadura se escogerá para reducir al mínimo el efecto de jaula en el cable que se está armando.

4.3.6 Asiento sobre el Núcleo de Cables para ser Armados con Armadura Metálica

4.3.6.1 Núcleos sin Cubierta

Si se va a armar el núcleo de cable sin cubierta, con cintas planas de acero o alambres redondos, debe ser protegido por una cinta adecuada (impregnada en compuesto o equivalente) más un asiento adicional de un espesor como se indica en la Tabla 4-19. Si la armadura va ser de cinta entrelazada o de corrugado continuo, solo es necesario un asiento de cinta adecuada.

Una cinta impregnada en compuesto es una cinta de tela tratada en una o ambas caras con un compuesto no conductor. Cuando se use, esta cinta se aplicará helicoidalmente con un solape de no menos del 10 por ciento de su ancho. (Para los núcleos con diámetros menores de 7,62 mm (0,300 pulgadas), se puede sustituir esta cinta por yute o fibra equivalente).

Cuando los cables con armadura de cintas planas de acero, cintas entrelazadas o de alambres redondos, no lleven cubierta externa y sean para instalación bajo el nivel de tierra o en ambientes potencialmente húmedos, los núcleos que tengan asientos de cintas o de yute deberán ser pasados a través de un compuesto de asfalto caliente o un compuesto de sello equivalente. Cuando los cables sean para instalación en locales por encima del nivel de tierra, permanentemente secos, no será necesaria la aplicación de los compuestos de sello a los asientos del núcleo.

Cuando la armadura tenga una cubierta protectora externa, el núcleo del cable, con o sin pantalla de cinta metálica o asientos, no requerirá el compuesto de sello.

El espesor del asiento deberá cumplir con lo indicado en la Tabla 4-19. El espesor será determinado mediante el uso de una cinta de medir diámetros y será igual a la mitad de la diferencia entre las mediciones por debajo y por encima del asiento.

Tabla 4.19 Espesor del Asiento Bajo la Armadura Metálica para Núcleos sin Cubierta

Diámetro Calculado del Cable Bajo el Asiento		Bajo Armadura de Cinta Plana de Acero y de Cinta Entrelazada		Bajo Armadura de Alambres Redondos	
mm	pulgadas	Espesor del asiento		Espesor del Asiento	
		mm	mils	mm	mils
11,45 o menos	0,450 o menos	0,76	30	2,03	80
11,46-19,05	0,451-0,750	1,14	45	2,03	80
19,06-25,40	0,750-1,000	1,14	45	2,41	95
25,41-63,50	1,001-2,500	1,65	65	2,79	110
63,51 y mayor	2,501 y mayor	1,65	65	3,18	125

4.3.6.2 Núcleos con Cubierta

Cuando un núcleo de cable con cubierta va a ser armado, si es necesario un asiento este puede ser de cualquier cinta apropiada o un entorchado de yute u otra fibra.

Si el núcleo con cubierta va a recibir una armadura de cintas planas de acero o de alambres redondos, debe ser protegido por asiento adecuado con un espesor de acuerdo a lo indicado en la Tabla 4-19. Cuando la armadura sea de cinta entrelazada o de corrugado continuo, sobre la cubierta se puede utilizar una cinta separadora apropiada.

Cuando los cables con armadura de cintas planas de acero, cintas entrelazadas o de alambres redondos, no lleven cubierta externa y sean para instalación bajo el nivel de tierra o en ambientes potencialmente húmedos, las capas de cubierta metálica o asientos de yute aplicados sobre la cubierta o el asiento del núcleo, deberán ser pasados a través de un compuesto de asfalto caliente o alquitrán o un compuesto de sello equivalente. Cuando los cables sean para instalación en locales por encima del nivel de tierra, permanentemente secos, no será necesaria la aplicación de los compuestos de sello a los asientos del núcleo.

4.3.7 Cubiertas Exteriores

4.3.7.1 Sobre Cubierta Metálica sin Armadura Metálica

4.3.7.1.1 Cuando se especifique para la protección mecánica de la cubierta metálica, el cable con la cubierta será impregnado con un compuesto de asfalto caliente o alquitrán o compuesto de sello equivalente, y le será aplicada una (o dos si se especifica) capa bien apretada de hilaza de yute No. 16/3 impregnada, yute plisado u otras hilazas de espesor equivalente. Si se aplican dos capas, estas deben estar bien apretadas y ser aplicadas en direcciones opuestas. Después de la aplicación de la primera capa de nuevo se impregnará el cable con un compuesto de asfalto caliente, alquitrán o compuesto de sello equivalente. Tanto en el caso de una capa como en el de dos, la capa exterior debe ser impregnada posteriormente con un material adecuado para prevenir que se peguen las vueltas adyacentes cuando se enrolle el cable en un carrete.

4.3.7.2 Espesor

El espesor total de la cubierta exterior de protección de una y dos capas aplicada sobre la cubierta metálica como protección mecánica será como se indica en la Tabla 4-20.

Tabla 4.20 Espesor de la Cubierta Exterior sobre Cubierta Metálica (Cables sin Armadura Metálica)

Diámetro Calculado del Cable Bajo la Cubierta Exterior *		Espesor Promedio de la Cubierta Exterior			
mm	pulgadas	Una Capa		Dos Capas	
		mm	mils	mm	mils
25,40 o menos	1,000 o menos	1,65	65	2,41	95
25,43-63,50	1,001-2,500	1,65	65	2,79	110
63,52 y mayor	2,501 y mayor	1,65	65	3,18	125

* Para cables paralelos planos, el espesor nominal se basará en el mayor diámetro calculado del núcleo

4.3.7.3 Sobre Cables con Armadura Metálica

4.3.7.3.1 Cuando se requiera una cubierta exterior, el cable con armadura será impregnado con un compuesto de asfalto caliente o alquitrán o equivalente, y le será aplicada una capa bien apretada de hilaza de yute No. 16/3 impregnada o yute plisado equivalente. De nuevo se impregnará el cable con un compuesto de asfalto caliente, alquitrán o equivalente, y finalmente se impregnará con un material adecuado para prevenir que se peguen las vueltas adyacentes cuando se enrolle el cable en un carrete.

4.3.7.2.2 Dirección de paso

La dirección de paso de la capa de yute será opuesta a la de la armadura en contacto con él.

4.3.8 Cubierta Termoestables Sobre Recubrimientos Metálicos (Cubiertas o Armaduras)

Cuando se aplique sobre una cubierta o armadura metálicas lisas, la cubierta termoestable podrá ser del tipo reforzado o no.

4.3.8.1 Cubierta Termoestable Reforzada.

Cuando se aplique una cubierta termoestable reforzada, esta consistirá de una combinación de cintas fibrosas tratadas de refuerzo y un compuesto de neopreno adecuada para exposición a la luz solar.

Las propiedades físicas del compuesto de neopreno de la cubierta deben cumplir con los requisitos siguientes:

Requisitos físicos: (ver Sección 6)

Resistencia a la tracción, mínimo, MPa	8,27
Kg/mm ²	0,84
Psi	1200
Alargamiento a la ruptura, mínimo, porcentaje	250
Asentamiento, máximo, porcentaje	20

Requisitos de envejecimiento:

En horno de aire a 70 ± 1 °C durante 168 horas	
Resistencia a la tracción, mínimo, MPa	6,89
Kg/mm ²	0,70
Psi	1000
Alargamiento a la ruptura, mínimo, porcentaje	200
Por inmersión en aceite a 121 ± 1 °C durante 18 horas	
Resistencia a la tracción y alargamiento a la ruptura, Porcentaje mínimo del valor no envejecido	60

Los ensayos deben hacerse sobre muestras tomadas del cable terminado, o si no es posible, de un compuesto para cubierta de neopreno que sea idéntico al utilizado en el cable y al que se le haya dado el mismo tratamiento que a la cubierta de neopreno.

4.3.8.1.1 Espesor

El espesor promedio de la cubierta termoestable no será menor que el especificado en la Tabla 4-21. El espesor será determinado mediante el uso de una cinta de medir diámetros y será igual a la mitad de la diferencia entre las mediciones por debajo y por encima de la cubierta.

El espesor mínimo no será menor que el 80 por ciento de los valores dados en la Tabla 4-21.

Tabla 4.21 Espesor de la Cubierta Termoestable Reforzada Sobre Cubiertas o Armaduras Metálicas

Diámetro Calculado del Cable Bajo la Cubierta		Espesor	
mm	pulgadas	mm	mils
38,10 o menos	1,500 o menos	1,65	65
38,13-76,20	1,501-3,000	2,41	95
76,23 y mayores	3,001 y mayores	3,18	125

4.3.8.1.2 Cubierta Termoestable No Reforzada

Cuando se aplique una cubierta termoestable no reforzada, esta será de uno de los materiales siguientes, extruído directamente sobre la cubierta o armadura metálicas y cumplirá con los requisitos de los numerales de la Sección 4 indicados:

Neopreno Negro de Uso Pesado	4.1.3
Nitrilo-butadieno/Cloruro de Polivinilo, Uso Pesado	4.1.9
Polietileno Clorosulfonado, Uso Pesado	4.1.11
Polietileno Clorado Termoestable, Uso Pesado	4.1.13

4.3.8.1.3 Espesor

El espesor promedio de la cubierta termoestable no reforzada no será menor que el especificado en la Tabla 4-22. El espesor será determinado mediante el uso de una cinta de medir diámetros y será igual a la mitad de la diferencia entre las mediciones por debajo y por encima de la cubierta. El espesor mínimo no será menor que el 70 por ciento de los valores dados para el espesor promedio.

La cubierta termoestable no reforzada aplicada sobre la cubierta o armadura no debe presentar irregularidades tal como se determinan por el procedimiento dado en la norma ICEA T-27-581. Los métodos a utilizar son:

- Método A para Neopreno
- Método B para Nitrilo-butadieno/PVC y Polietileno Clorosulfonado
- Método C para Polietileno Clorado Termoestable

4.3.9 Cubiertas Termoplásticas Sobre Recubrimientos Metálicos (Cubiertas o Armaduras)

Cuando se usen cubiertas termoplásticas, estas serán de uno de los materiales siguientes, extruído directamente sobre la cubierta metálica y firmemente adherido a ella:

Cloruro de Polivinilo que cumpla con los requisitos dados en el numeral 4.1.5, excepto que el doblado en frío será como se indica en el numeral 4.3.9.3

Polietileno clorado negro que cumpla los requisitos dados en el numeral 4.1.12, excepto que el doblado en frío será como se indica en el numeral 4.3.9.3

Polietileno negro que cumpla los requisitos dados en el numeral 4.1.6 para el material de baja densidad y lineal de baja densidad, o en el numeral 4.1.7 para él de media densidad y en el numeral 4.1.8 para él de alta densidad.

4.3.9.1 Espesor

El espesor promedio de la cubierta termoplástica no será menor que lo especificado en la Tabla 4-22. El espesor mínimo no será menor que el 70 por ciento de los valores dados en la tabla. El espesor promedio se tomará como la mitad de la diferencia entre los diámetros debajo y sobre la cubierta determinados por mediciones de la circunferencia. El espesor mínimo de la cubierta será determinado por mediciones directas con un micrómetro de microscopio en un anillo de la cubierta tomado del cable.

Tabla 4.22 Espesor de la Cubierta Termoestable No Reforzada y Cubierta Termoplástica Extruida Sobre Cubiertas o Armaduras Metálicas

Diámetro Calculado del Cable Sobre la Cubierta Metálica		Espesor	
mm	pulgadas	mm	mils
19.05 o menos	0.750 o menos	1.27	50
19.08-38.10	0.750-1.500	1.65	65
39.13-57.15	1.501-2.250	2.03	80
57.16-76.20	2.251-3.000	2.41	95
76.23 y mayor	3.001 y mayor	2.79	110

4.3.9.2 Ajuste de la Cubierta de Polietileno a la Cubierta Metálica

De una muestra del cable de una longitud de 305 mm (12 pulgadas) se removerán 127 mm (5 pulgadas) de cubierta dejando en el centro un anillo de 50.8 mm (2 pulgadas) intacto y sin ninguna alteración. Esta muestra se inserta verticalmente en un hueco de una placa rígida plana, el cual es por lo menos 0,254 mm (10 mils) mayor que el diámetro sobre la cubierta metálica pero no más de 1.02 mm (40 mils). El anillo central no debe tener ningún movimiento cuando se aplique un peso en el extremo superior de la muestra durante 1 minuto. El peso a aplicar será igual a 0,180 Kg por mm de diámetro exterior de la cubierta metálica, menos el peso de la muestra preparada, redondeado a los 10 gramos próximos((10 libras por cada pulgada redondeado a las 0,50 libras próximas).

4.3.9.3 Doblado en Frío

Cuando sea requerido, el fabricante debe demostrar que cables con cubiertas termoplásticas similares han sido sometidos al mismo ensayo de doblado en frío con la misma frecuencia como se requiere para el núcleo del cable y a una temperatura de - 10°C o menor, sin que la cubierta muestre grietas visibles a simple vista. (Ver Sección 6).

4.3.9.4 Inspección de Irregularidades en la Cubierta

La cubierta termoplástica sobre cubiertas metálicas no debe tener irregularidades tal como se determine por el procedimiento dado en la norma ICEA T-27-581. Los métodos a utilizar son:

Método B para Polietileno Clorado Termoplástico

Método C para Cloruro de Polivinilo y Polietileno

4.4 División II

Los requisitos de la División I referentes a la calidad de los materiales, diseño y construcción de los cables también se aplican a los cables para pozos de perforación y de minas, dragas y elevadores verticales, excepto en lo expresamente modificado en los numerales siguientes, para los diferentes tipos de cable.

4.4.1 Cable para Pozos de Perforación (Suspendido de un Extremo Solamente)

4.4.1.1 Armadura

Para el cable de pozos de perforación se utilizará armadura de alambres redondos de acero galvanizado.

4.4.1.2 Calibre de los Alambres de la Armadura

El calibre de los alambres de la armadura será según se indica en la Tabla 4-23, salvo que el comprador especifique otros calibres ó diámetros.

El factor de seguridad a la tracción [basado en 345 MPa (35,15 Kg/mm²)(50000 psi)] no debe ser menor que cinco. Si este factor de seguridad no se alcanza, deberá usarse el alambre de calibre mayor siguiente.

4.4.1.3 Paso

La longitud del paso de los alambres de la armadura no será menor que siete veces ni mayor que doce veces el diámetro de la hélice. La armadura se aplicará bien ajustada sin espacio apreciable entre los alambres.

"Paso" se define como sigue: "El paso de cualquier elemento helicoidal de un cable es la longitud axial de una vuelta de la hélice de ese elemento".

4.4.1.4 Aplicación de Banda de Alambre

Cuando se requiera la aplicación de una banda de alambre sobre la armadura para el cable suspendido verticalmente de un extremo, se utilizará alambre calibre No. 12 BWG (2,77 mm) (109 mils). El ancho de la banda y el espacio entre ellas a lo largo de la longitud del cable será como se indica en la Tabla 4-27.

Las bandas deben ser aplicarse lo suficientemente apretadas para prevenir su deslizamiento a lo largo del cable durante el manejo o su instalación.

Tabla 4.23 Calibre del Alambre de Acero Galvanizado para Armadura de Cable de Pozo de Perforación

Diámetro Calculado del Cable Bajo el Asiento		Calibre Nominal del Alambre para Armadura			
mm	pulgadas	BWG		mm	mils
0-19,05	0-0,750	12		2,77	109
19,08-25,40	0,751-1,000	10		3,40	134
25,43-43,18	1,001-1,700	8		4,19	165
43,21-63,50	1,701-2,500	6		5,16	203
63,53 y mayor	2,501 y mayor	4		6,05	238

4.4.2 Cables para Dragas

4.4.2.1 Armadura

Para el cable para dragas se utilizará armadura de alambres redondos de acero galvanizado aplicado con un paso corto. La relación de paso deberá cumplir con lo indicado en la Tabla 4-24.

La relación de paso es el cociente que resulta de dividir la longitud de paso de los alambres de la armadura por el diámetro de la hélice. Cuando existan condiciones no usuales de servicio, puede ser necesario modificar la relación de paso. Si así fuere, esto debe definirse antes de terminar el diseño final del cable.

4.4.2.2 Calibre del Alambre de la Armadura

El calibre de los alambres de la armadura será como se indica en la Tabla 4-25, salvo que el comprador especifique otros calibres ó diámetros.

Tabla 4.24 Relación de Paso para Armadura de Alambres Galvanizados para Cable para Draga

Diámetro Calculado Sobre los Alambres de la Armadura		Relación de Paso Mínima
mm	pulgadas	
63,50 o menos	2,500 o menos	2,5
63,53 y mayor	2,501 y mayor	3,0

Tabla 4.25 Calibre del Alambre de Acero Galvanizado para Armadura de Cable para Draga

Diámetro Calculado del Cable Bajo el Asiento		Calibre Nominal del Alambre para Armadura		
mm	pulgadas	BWG	mm	mils
43,18 o menos	1,700 o menos	12	2,77	109
43,21-63,50	1,701-2,500	10	3,40	134
63,53 y mayor	2,501 y mayor	8	4,19	165

4.4.3 Cable para Pozos de Minas

Cuando los cables para pozos de minas son colocados con abrazaderas en la estructura o en las paredes del pozo, el recubrimiento utilizado (cinta o alambre) deberá cumplir con los requisitos aplicables del numeral 4.3. Si durante la instalación el cable está suspendido por un extremo, se deberá utilizar cable con armadura de alambres redondos de acero galvanizado. El calibre de los alambres de la armadura será como se indica en la Tabla 4-26, salvo que el comprador especifique otros calibres ó diámetros, pero el factor de seguridad a la tracción no será menor que cinco.

Se aplicarán bandas de alambre sobre la armadura como especificado en el numeral 4.4.1.4.

Tabla 4.26 Calibre del Alambre de Acero Galvanizado para Armadura de Cable de Pozo de Minas y Elevadores Verticales

Diámetro Calculado del Cable Bajo el Asiento		Calibre Nominal del Alambre para Armadura		
mm	pulgadas	BWG	mm	mils
25,40 o menos	1,000 o menos	12	2,77	109
25,43-43,18	1,001-1,700	10	3,40	134
43,21-63,50	1,701-2,500	8	4,19	165
63,53 y mayor	2,501 y mayor	6	5,16	203

Tabla 4.27 Espaciado y Ancho de las Bandas de Alambre

Diámetro Calculado Sobre los Alambres de la Armadura		Espaciado Máximo Entre Bandas		Ancho de la Banda	
mm	pulgadas	metros	pies	mm	pulgadas
38,10 o menos	1,500 o menos	15,2	50	76	3
38,13-63,50	1,501-2,500	10,7	35	102	4
63,53 y mayor	2,501 y mayor	7,6	25	102	4

4.4.4 Cable para Elevadores Verticales

Los cables para elevadores verticales son para instalación dentro de edificios y será suspendido de un extremo solamente.

4.4.4.1 Armadura

Para armadura de cables para elevadores verticales se utilizarán alambres redondos de acero galvanizado.

4.4.4.2 Calibre del Alambre de la Armadura

4.4.4.2.1 Cable sin Cubierta

Los alambres de la armadura de cables sin cubierta metálica serán del calibre como especificado en la Tabla 4-26, salvo que el comprador especifique otros calibres ó diámetros. El factor de seguridad a la tracción [basado en 345 MPa (35,15Kg/mm²)(50000 psi)] no debe ser menor que siete. Si este factor de seguridad no se alcanza, deberá usarse el alambre de calibre mayor siguiente.

Se aplicarán bandas de alambre sobre la armadura como especificado en el numeral 4.4.1.4.

4.4.4.2.2 Cable con Cubierta

Los alambres de la armadura de cables con cubierta metálica, para elevadores verticales, para instalación interior, cumplirán con los requisitos del numeral 4.4.1.2 para cables para pozos de perforación, pero el factor de seguridad a la tracción no será menor que cuatro.

Se aplicarán bandas de alambre sobre la armadura como especificado en el numeral 4.4.1.4.

4.5 División III

4.5.1 Cables Directamente Enterrados

La División III da los detalles de construcción de la armadura de alambres redondos para cables directamente enterrados con o sin cubierta, cuando se necesita una resistencia longitudinal mayor que la provista por una armadura de cinta plana, pero no es necesaria la resistencia normalmente requerida para cables submarinos.

Los requisitos de la División I referentes a la calidad de los materiales, diseño y construcción de los cables también se aplican a los cables para ser enterrados directamente en tierra, excepto en lo expresamente modificado en los numerales siguientes.

4.5.1.1 Armadura

El calibre del alambre de la armadura y el espesor del yute o asiento equivalente estará de acuerdo con la Tabla 4-28, salvo que el comprador especifique otros calibres ó diámetros.

La longitud del paso de los alambres de la armadura no será menor que tres veces ni mayor que doce veces el diámetro de la hélice. Esta paso será tal que la armadura quede bien ajustada sin espacio apreciable entre los alambres.

Sobre la armadura se aplicará una cubierta de yute o equivalente tal como se especifica en el numeral 4.3.7.2.

Tabla 4.28 Espesor del Asiento de Yute y Calibre del Alambre de la Armadura (División III)

Diámetro Calculado del Cable Bajo el Asiento		Espesor Mínimo del Asiento		Calibre Nominal del Alambre de la Armadura		
mm	pulgadas	mm	mils	BWG	mm	mils
19,05 o menos	0,750 o menos	1.14	45	14	2,11	83
19,08-25,40	0,751-1,000	1.65	65	12	2,77	103
25,43-43,18	1,001-1,700	2.03	80	10	3,40	134
43,21-63,50	1,701-2,500	2.03	80	8	4,16	165
63,53 y mayor	2,501 y mayor	2.41	95	6*	5,16	263
* Para cables con diámetros mayores de 63,50 mm (2,500 pulgadas) en los cuales se necesite una resistencia mayor que la conseguida con los alambres No. 6 BWG o cuando la cantidad de alambres exceda la capacidad de la máquina de armar, se puede utilizar alambre No. 4 BWG [(6,05 mm de diámetro (238 mils)].						

SECCION 5

CABLEADOS, RELLENOS E IDENTIFICACIÓN DE CABLES

5.1 Cableado de cables multipolares

Los cables multipolares consistirán de dos o más cables y serán fabricados de acuerdo con lo estipulado en la Sección 5, menos que la Sección 7 la modifique.

5.1.1 Cables Multipolares Redondos con Cubierta Exterior

Los cables de un cable multipolar redondo, con una cubierta exterior, serán cableados con una longitud de paso que no exceda los valores calculados a partir del factor dado en la Tabla 5-1. La dirección de cableado puede ser cambiada a intervalos a lo largo de la longitud del cable. No es necesario que los intervalos sean uniformes. En un cable en el cual se invierte la dirección de cableado:

- En cada tramo donde la dirección de cableado sea a la derecha o la izquierda por un mínimo de cinco vueltas (ciclos completos de 360°) los cables estarán cableados con una longitud de paso no mayor que el valor calculado en base a los factores de la Tabla 5-1, y
- La longitud de cada zona de transición (sección oscilada) entre esos tramos de cableado a la derecha e izquierda no excederá de 1,8 veces los valores de la máxima longitud de cableado calculados basándose en los factores de la Tabla 5-1.
- La longitud de paso de los cables de un cable multipolar se determinará midiendo, paralelamente al eje longitudinal del cable, el paso de cada rotación completa de un conductor. Cuando la dirección de cableado se invierte, el comienzo y la terminación de la inversión será definida en cada lado por la última rotación que no exceda el requisito de la máxima longitud de paso en cada lado del área de inversión.

Si la dirección de cableado no se invierte en un cable con varias capas de cables, la capa exterior de cables será cableada a la izquierda y la dirección de cableado de las capas internas de cables será regida por la máquina de cableado.

En un cable de una sola capa, en el cual no se invierte la dirección de cableado, la dirección de cableado será a la izquierda.

La dirección de cableado a la izquierda se define como el cableado en sentido contrario a las agujas del reloj alejándose del observador.

Tabla 5.1 Factor de longitud de paso

Número de Cables en el Cable	Factores para Máxima Longitud de Cableado
2	30 veces el diámetro individual del conductor *
3	35 veces el diámetro individual del conductor *
4	40 veces el diámetro individual del conductor *
5 o más	15 veces el diámetro del conjunto ensamblado
* Por diámetro del conductor se entiende el diámetro exterior calculado del conductor individual	

5.1.2 Conjuntos de Cables Multipolares Sin Cubierta Exterior

Los conjuntos de cables multipolares sin cubierta exterior serán cableados en conjunto con dirección izquierda. La máxima longitud de paso será de 60 veces el diámetro del conductor aislado de mayor calibre.

5.1.3 Cables Bipolares Planos

Para los cables bipolares planos con un diámetro del conductor individual de 12,70 mm (0,500 pulgadas) o menor, no se requerirán rellenos. Para cables con un diámetro del conductor individual mayor que 12,70 mm (0,500 pulgadas) se requerirá el uso de rellenos para obtener una superficie prácticamente paralela al plano del eje mayor del conjunto. No se recomienda el uso de cables bipolares planos con un diámetro mayor de 25,4 mm (1 pulgada) sobre el aislamiento del conductor.

5.2 Rellenos

Cuando sea necesario dar al cable una sección prácticamente redonda se utilizarán rellenos de material adecuado.

5.3 Identificación del conductor

Cuando sea requerido, los cables se identificarán por cualquier método adecuado. Referirse a ICEA Guide S-58-679 para los métodos de identificación sugeridos.

5.4 Conductor de puesta a tierra

En los cables de potencia de dos, tres y cuatro cables que requieran un conductor de puesta a tierra, este será del calibre mostrado en la Tabla 5-2 a menos que se especifique de otra manera. El conductor de puesta a tierra podrá ser aislado o no, podrá dividirse en calibres menores, sin que ninguna de las partes sea menor que el calibre 18 AWG y cumplirá con los requisitos dados en las Secciones 2 y 3.

Tabla 5.2 Calibre del Conductor de Puesta a Tierra para Cables de 0-2000 Voltios

Calibre del Cable de Potencia AWG o kcmil*		Calibre Mínimo del Conductor de Puesta a Tierra AWG	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
14	12	14	12
12	10	12	10
10-8	8-6	10	8
6-4	4-2	8	6
3-2/0	1-3/0	6	4
3/0-250	4/0-350	4	2
300-400	400-600	3	1
450-650	700-1000	2	1/0
700-900	-----	1	2/0
1000	-----	1/0	3/0

* Para calibres mayores deberá consultarse el fabricante.

SECCIÓN 6

ENSAYOS Y METODOS DE ENSAYOS

6.1 Generalidades

6.1.1 Ensayos y Frecuencia de Ensayos

Todos los alambres y cables deben ser probados en fábrica tanto como sea necesario para determinar su cumplimiento con los requisitos dados en las secciones 2,3,4,5 y 7. Cuando haya un conflicto entre los métodos de ensayos dados en la sección 6 y las publicaciones de otras organizaciones aquí referenciadas, se deben aplicar los requisitos estipulados en la presente sección 6.

Un programa de frecuencias de muestreo está dado en la norma ICEA T – 26 – 465/NEMA WC 54 y referenciado en el plan de ensayos dado en la tabla 6-1.

Los ensayos sobre muestras deben ser hechos en muestras tomadas al azar. Cada muestra para ensayo debe ser tomada del extremo accesible de un carrete ó rollo distinto. Cada rollo ó carrete seleccionado y la muestra tomada de ellos, deben ser identificados. Los largos de las muestras y el número de especímenes para los ensayos a ser preparados de cada muestra, deben ser los especificados para los ensayos individuales.

Si todas las muestras cumplen con cualquier ensayo de ésta norma, se considerará que la cantidad de cable que ellas representan, satisface los requisitos de ésta norma con relación al ensayo particular. La falla de alguna muestra no impedirá el remuestreo ni el reensayo del tramo de cable del cual fue tomada la muestra original.

6.1.2 Métodos de Ensayos

No todos los ensayos descritos en la sección 6 son aplicables a cada tipo de cable, ni tampoco en ésta sección están todos los ensayos a aplicar a los cables cubiertos por ésta norma. Es necesario referirse a las distintas secciones de ésta norma donde se destacan los requisitos específicos para cada material y tipo de cable con la finalidad de determinar cuales ensayos son los aplicables en cada caso.

Exceptuando los ensayos y métodos de medida específicamente detallados ó modificados por la sección 6 de ésta norma, los métodos y procedimientos usados para determinar el cumplimiento con los requisitos dados en las secciones 2, 3, 4, 5 y 7 son los correspondientes dados en ICEA T – 27 – 581 / NEMA WC 53 y/o, en las ediciones referenciadas de otras normas. Cuando es anotado, una o más porciones de la sección 6 de ésta norma suministra instrucciones específicas y/o elimina porciones de la norma referenciada.

6.1.3 Número de probetas a tomar de las muestras.

Para cada uno de los ensayos listados a continuación, al menos tres probetas deben ser preparadas a partir de la(s) muestra(s) seleccionada(s) de cada lote de producción a ser ensayado. Al menos, tres de éstas probetas deben ser ensayadas y el promedio de los resultados de los ensayos debe ser archivado.

Determinación de las propiedades originales:

Resistencia a la tracción; Resistencia a la tracción; Alargamiento final ó Alargamiento permanente.

Ensayos de Envejecimiento Acelerado:

Calor por aire a presión u oxígeno a presión.

Envejecimiento en horno de aire

Inmersión en aceite

Deformación por calor (distorsión)

Coefficiente de absorción

Agrietamiento debido al ambiente.

Tabla 6.1 Plan de ensayo

Ensayo	Norma de Referencia	ICEA/NEMA T-26-465/WC54 Frecuencia Sugerida	Párrafo de ésta norma señalando instrucciones adicionales
Resistencia c.c del conductor	T – 27 – 581	100%	---
Medida del diámetro del conductor	T – 27 – 581	Plan F *	2.4
Espesores	T – 27 – 581	Plan J	6.2
Resistencia a la tracción, Alargamiento y alargamiento permanente.	ASTM D 412	Plan A	6.1.3; 6.4
Alargamiento permanente	ASTM D 470	Plan A	6.1.3; 6.4.1
Alargamiento en caliente	T – 28 – 562	Plan D	---
Extracción de solvente	ASTM D2765	ASTM D2765	---
Deformación por calor	T – 27 – 581	Plan A	6.1.3
Coefficiente de absorción (para PE)	ASTM D3349	Plan E	6.1.3
Doblado en frío	T – 27 – 581	Plan C	6.7.1
Flexibilidad de cables armados	T – 27 – 581	Plan B	6.7.3
Absorción acelerada de agua, método eléctrico (EM-60)	T – 27 – 581	Plan E	6.9
Ensayos de tensión c.a y c.c	T – 27 – 581	100%	6.10.1; 6.10.1.1
Resistencia de aislamiento	T – 27 – 581	Plan E	6.10.2
Agrietamiento debido al ambiente	ASTM D1693	Plan E	6.1.3; 6.6.2
Inmersión en aceite	ASTM D471	Plan A	6.5.3
Ensayo de resistencia a la luz solar	ASTM G23 ó G26	Plan E	6.6.3
Ensayo de la llama en bandeja para cable	T – 30 – 520	Plan E	6.8
Ensayo de enrollamiento (PVC/NYLON)	---	Plan A	6.7.2

*Plan F: una muestra de cada extremo de un largo normal de fabricación, o una muestra de la punta externa de cada largo es suficiente, si al menos, una muestra es tomada cada 3.000 m.

6.2 Mediciones de espesores

El espesor del asiento ó cubierta debajo de la armadura debe determinarse mediante el uso de una cinta de diámetro y debe calcularse como la mitad de la diferencia de las mediciones bajo y sobre dicho asiento ó cubierta. La medición en cada caso debe ser el promedio de cinco lecturas tomadas en diferentes puntos a lo largo del asiento ó cubierta. Los espesores de otros componentes deben determinarse de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC 53.

6.3 Muestras y probetas para ensayos físicos y de envejecimiento.

6.3.1 Generalidades.

Los ensayos físicos y de envejecimiento deben ser los establecidos en las secciones 3,4 y 7.

6.3.2 Muestreo de material de aislamiento.

Las muestras de conductores aislados con materiales termoplásticos para los ensayos físicos en original y en envejecido deben tomarse previo a la aplicación de toda cubierta exceptuando aquellas que se aplican conjuntamente con el aislamiento.

Las muestras de conductores aislados con materiales termoestables para los ensayos físicos en original y en envejecido deben tomarse después del curado del aislamiento pero previo a la aplicación de toda cubierta exceptuando aquellas aplicadas sobre el aislamiento antes del proceso de curado ó curadas conjuntamente con el aislamiento. Para los aislamientos sujetos a una segunda cura, las muestras de conductores aislados deben tomarse bien sea antes ó después de este segundo proceso.

6.3.3 Muestreo de material de cubierta.

Las muestras de conductores forrados con materiales termoplásticos para los ensayos físicos en original y en envejecido considerando la cubierta, deben tomarse previo a la aplicación de toda envoltura sobre ésta cubierta exceptuando aquellas que se aplican conjuntamente con ésta capa.

Si el curado de la cubierta es necesario, las muestras para los ensayos físicos en original y en envejecido considerando la cubierta, deben tomarse después del curado pero previo a la aplicación de toda envoltura sobre ésta cubierta exceptuando aquellas que se aplican antes del curado o aquellas que se aplican simultáneamente en el proceso de curado.

No se realizarán ensayos en cubiertas cuyo espesor nominal sea menor de 0,76 mm (30 mils).

6.3.4 Tamaño de las probetas para los ensayos.

A menos que otra cosa sea permitida en ésta sección ó de otra forma indicada en las instrucciones para un ensayo específico, las probetas de ensayo deben ser preparadas usando los troqueles B, C, D ó E de ASTM D412 con un largo de muestra antes del corte por el troquel, no menor que el largo del troquel usado. El largo de todas las muestras preparadas para cada ensayo específico debe ser igual.

En el caso alambres y cables menores de 6 AWG con espesor de aislamiento de 2,29 mm (90 mils) ó menor, se permitirá que la muestra de aislamiento para los ensayos sea la sección completa del aislamiento. Cuando se proceda de ésta forma, la muestra no se cortará longitudinalmente.

En el caso de alambres y cables de tamaño 6 AWG y mayores, ó en el caso de alambres y cables menores de 6 AWG con espesor de aislamiento mayor de 2,29 mm (90 mils), las muestras de sección aproximadamente cuadrada con una sección transversal no mayor de 16 mm² (0,025 pulgadas cuadradas) deben ser cortadas del aislamiento.

En casos extremos, puede ser necesario usar una muestra segmentada.

Las muestras para ensayos de materiales de cubiertas deben tomarse del alambre o cable terminado y cortada de forma paralela al eje. La muestra para ensayo debe ser un segmento cortado con un cuchillo afilado o con un dado y tendrá una sección transversal no mayor de 16 mm² (0,025 pulgadas cuadradas) después que las irregularidades, corrugaciones y cuerdas de refuerzo, hayan sido retiradas.

6.3.5 Muestras con cubiertas.

6.3.5.1 Cubiertas removibles

En el caso de alambres y cables que tienen una delgada cubierta curada directamente sobre el aislamiento, deben prepararse muestras de aislamiento y cubierta cortadas con troquel. La cubierta debe ser separada del aislamiento cortándola en tiras a lo largo del conductor y halando en sentido opuesto ambas capas. Este procedimiento puede algunas veces facilitarse sumergiendo la muestra en agua caliente durante pocos minutos justamente antes del retiro de la cubierta.

6.3.5.2 Cubiertas no removibles

Si la cubierta no puede ser removida, las muestras deben ser preparadas por medio de cepillado o raspado. En algunos casos puede ser posible preparar muestras de una capa mediante cepillado y necesariamente preparar muestras de la otra capa mediante raspado.

Si se emplea el cepillado, las tiras de la cubierta deben cortarse del conductor de manera que de estas tiras puedan prepararse cortes de troquel aceptables de tal forma que el material de solo una capa esté presente en la zona entre las marcas de medición.

Si se emplea el raspado, el aparato de raspar para ésta operación debe equiparse con una tabla cilíndrica de tal forma que el avance de la misma sea gradual. El conductor debe ser removido de una corta longitud de cable mediante el corte de la cubierta. El trozo de cubierta debe ser tensado entre los agarres del aparato de raspado de tal forma que se mantenga aplanado, con la capa que se va a retirar dirigida hacia la rueda. Esta capa debe rasparse con sumo cuidado como para no raspar mas de lo necesario. De ser necesario, el proceso debe ser repetido con otro trozo de cubierta.

Las muestras troqueladas deben prepararse de piezas cepilladas ó raspadas después que hayan reposado al menos 30 minutos. En el caso de muestras de alambres pequeños, puede ser necesario un dado con una parte limitada a un ancho de 3,18 mm.

6.3.6 Irregularidades en la superficie de las muestras.

Las muestras para ensayos no deben tener incisiones en su superficie y deben estar libres tanto como sea posible, de otras imperfecciones. Cuando sea imprescindible, las irregularidades de la superficies tales como las corrugaciones debidas al cableado, etc., serán retiradas de tal forma que la muestra para el ensayo sea lisa y de espesor uniforme.

6.3.7 Muestras para los ensayos de envejecimiento.

Las probetas para ensayos de tamaño y forma similar deben prepararse de cada muestra de acuerdo con la instrucción correspondiente dada en 6.3.2 a 6.3.6. Las muestras deben prepararse y probarse de manera idéntica a las muestras para ensayos originales.

Las muestras cortadas al troquel deben emparejarse antes de someterse a los ensayos de envejecimiento cuando el espesor de la muestra sea de 2,29 mm ó mayor antes del emparejado.

En el caso de alambres y cables menores al 6 AWG con espesor de aislamiento menor de 2,29 mm, el aislamiento debe someterse a la condición de envejecimiento con el conductor removido y cada extremo de la probeta, debidamente taponado.

Las dimensiones de las probetas para los ensayos de envejecimiento, deben determinarse antes del envejecimiento.

Las probetas no deben calentarse ni sumergirse en agua, ni someterse a ningún tratamiento mecánico ó químico no descrito específicamente en ésta norma. Las probetas para los ensayos de envejecimiento que tengan cintas aplicadas previo al curado, serán envejecidas con las mencionadas cintas previamente retiradas.

El envejecimiento simultáneo de compuestos diferentes debe evitarse. Por ejemplo, compuestos con alto contenido de azufre no deben ser envejecidos con aquellos de bajo contenido de azufre y aquellos que contienen antioxidantes no deben envejecerse con los que contienen no antioxidantes. Es sabido que ocurre algo de migración.

Las probetas de ensayos deben suspenderse verticalmente de tal forma que no estén en contacto una con otra o con los lados del horno.

A menos que se diga otra cosa en los ensayos específicos de envejecimiento, las probetas envejecidas deben tener un período de reposo de al menos 16 horas pero no mayor de 96 horas entre la terminación de los ensayos y la determinación de las propiedades físicas. Los ensayos físicos tanto de las probetas no envejecidas como de las envejecidas, deben hacerse aproximadamente, al mismo tiempo.

6.3.8 Cálculo del área de las probetas de ensayo.

6.3.8.1 Probetas circulares

Cuando se use la sección transversal total del aislamiento, el área debe tomarse como la diferencia entre el área del círculo cuyo diámetro es el promedio del diámetro externo del aislamiento y el área del conductor. El área de la sección transversal de conductores cableado debe calcularse a partir de su diámetro máximo y deben incluirse las áreas entre los alambres. Para éste cálculo, el área del conductor también debe incluir el área de cualquier separador entre el aislamiento y el conductor.

6.3.8.2 Probetas delgadas correspondientes a arcos de círculos

Cuando la sección transversal de la probeta sea la delgada porción externa de un sector de círculo, el área debe calcularse mediante el producto del espesor de la probeta y el ancho de la misma. Esto se aplica tanto a un pedazo de ensayo recto como a uno sacado con dado, quedando claro de que las corrugaciones hayan sido eliminadas.

6.3.8.3 Probetas gruesas correspondientes a arcos de círculos.

Cuando la sección transversal de la probeta sea la gruesa porción externa de un sector de círculo, el área debe calcularse como la parte proporcional del área total del aislamiento.

6.3.8.4 Probetas correspondientes a segmentos de círculos

Cuando se use una tajada cortada del aislamiento mediante un cuchillo ó cepillo a lo largo del alambre y cuando la sección transversal de la tajada es la sección transversal de un segmento de círculo, el área A debe calcularse como la correspondiente al segmento de círculo como sigue:

$$A = 0,25(D^2)\cos^{-1} [(D - 2H)/D] - 0,5(D - 2H)(DH - H^2)^{1/2}$$

Donde:

A = área del segmento en mm².

D = diámetro externo del conductor aislado en mm.

H = altura del segmento tomado como el espesor a lo largo de la línea central de la probeta en mm.

En lugar de hacer cálculos, los valores pueden obtenerse de una tabla que dé las áreas de segmentos de un círculo unidad para la relación de la altura del segmento al diámetro del círculo.

6.3.8.5 Probetas irregulares

Cuando la sección transversal de la probeta sea irregular, el área debe calcularse por medida directa del volumen ó por medio de la gravedad específica y el peso de una longitud conocida de la probeta que tenga una sección transversal uniforme.

6.4 Procedimientos para los ensayos de tracción, alargamiento y alargamiento permanente.

6.4.1 Probetas de ensayo, Máquina y Temperatura.

Las probetas de ensayos deben prepararse de acuerdo a 6.3

La máquina de ensayo debe cumplir con el numeral 6.1 de ASTM D412

Los ensayos deben hacerse a una temperatura de $25 \pm 5^\circ\text{C}$. Las probetas de ensayo deben mantenerse a temperatura ambiente durante no menos de 30 minutos previos a la realización del ensayo.

6.4.2 Ensayo de resistencia a la tracción.

Las marcas de calibración deben estar separadas 51 mm cuando se usen probetas cortadas con el troquel B ó E de ASTM y 25 mm cuando se usen probetas cortadas con el troquel C ó D de ASTM, excepto que las marcas de calibración deben estar separadas 25 mm cuando se trate de polietileno sin importar la longitud de la probeta. Las probetas deben colocarse entre las mordazas de la máquina con una separación máxima de 102 mm; para polietileno la separación debe ser de 63,5 mm. Las probetas deben ser estiradas a una velocidad de la mordaza de 508 mm/minuto hasta que se rompan.

Para la determinación de la resistencia a la tracción y de la alargamiento de compuestos cuyos fabricantes certifiquen que el contenido de su resina base es superior al 50% en peso de polietileno de densidad $0,926 \text{ gr/cm}^3$ ó mayor, ó compuestos para los cuales la densidad de resina base de polietileno libre de aditivos sea de $0,926 \text{ gr/cm}^3$ ó mayor, se permite que la velocidad de separación de las mordazas, sea 51 mm/minuto.

Las probetas deben romperse entre las marcas para que sea válido el ensayo. La resistencia a la tracción debe determinarse en base al área de la probeta no estirada. El largo de la probeta, la separación entre las marcas y la velocidad de las mordazas deben registrarse junto con los resultados.

6.4.3 Ensayo de Alargamiento.

El alargamiento a la ruptura debe determinarse simultáneamente con el ensayo de resistencia a la tracción y sobre una misma probeta.

El alargamiento debe tomarse como la distancia entre las marcas de calibración al momento de la ruptura menos la longitud de calibración original marcada en la probeta. El porcentaje de alargamiento a la ruptura es el alargamiento dividido entre la longitud de calibración original y multiplicada por 100. El largo de la probeta, la separación entre las marcas y la velocidad de las mordazas deben registrarse junto con los resultados.

6.4.4 Ensayo de Resistencia a la Tracción.

El ensayo de resistencia a la tracción debe efectuarse junto con el ensayo de resistencia a la tracción registrando la carga cuando las marcas de calibración indiquen que la probeta ha alcanzado el alargamiento pre-establecido. La resistencia a la tracción debe calcularse en base al área de la probeta no estirada.

6.5 Ensayos de envejecimiento

6.5.1 Ensayo de envejecimiento en horno de aire

Las probetas de ensayo deben calentarse a la temperatura requerida durante el periodo especificado en un horno con circulación forzada de aire fresco. La temperatura del horno debe controlarse a $\pm 1^\circ\text{C}$ y registrarse.

6.5.2 Ensayo de aire caliente a presión

Las probetas de ensayo deben calentarse en aire a una presión de 0,53 a 0,57 Mpa a la temperatura requerida durante el periodo especificado. Este ensayo debe realizarse en una bomba con protección al vapor u otra cámara adecuada y calentada uniformemente. La bomba debe ser regulada de tal forma que la temperatura

dentro de la cámara alcance el valor para el ensayo en 15 minutos después de introducir las probetas. El aire debe estar sustancialmente libre de aceite y humedad. El peso de la sustancia oxidable en la bomba no debe exceder de 0,122 gr/cc respecto al espacio de la bomba. La presión de la bomba debe reducirse a una razón uniforme, requiriendo al menos 5 minutos para alcanzar la presión atmosférica, siendo éste el momento de retirar las probetas. La temperatura de la bomba debe controlarse a $\pm 1^\circ\text{C}$ y registrarse.

6.5.3 Ensayo de inmersión en aceite

Las probetas de ensayo deben sumergirse completamente en aceite ASTM N° 2 ó IRM 902 descrito en ASTM D 471 a la temperatura requerida durante el período especificado. Las probetas deben sacarse del aceite, secadas para retirar el exceso de aceite y pre-acondicionadas bajo las siguientes condiciones antes de los ensayos de resistencia a la tracción y alargamiento:

- Probetas de materiales termoestables: suspendidas en aire a temperatura ambiente durante $4 \pm 0,5$ horas.
- Probetas de materiales termoplásticos: se dejan reposar a temperatura ambiente durante un período de 16 a 96 horas.

Los cálculos de resistencia a la tracción deben basarse en el área de la sección transversal de la probeta antes de la inmersión en aceite. De igual forma, la alargamiento debe basarse en las marcas de calibración hechas a las probetas antes de la inmersión en aceite.

6.6 Ensayos de choque térmico y ambientales.

6.6.1 Choque Térmico.

Una muestra de alambre ó cable debe enrollarse firmemente alrededor de un mandril de diámetro dado en la tabla 6-2, mantenerla fija en su sitio y someterla a una temperatura de $121 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 1 hora. Al final del período de prueba, la muestra debe examinarse a visión normal para determinar el agrietamiento del aislamiento ó de la cubierta.

Tabla 6.2 Número de vueltas

Diámetro Externo del Cable		Número de Vueltas Adyacentes	Diámetro del Mandril como múltiplo del diámetro externo del cable.
mm	pulgadas		
0 – 19,05	0 – 0,750	Seis vueltas de 360°	3
19,06-38,10	0,751-1,500	Un dobléz de 180°	8
38,13 y mayor	1,501 y mayor	Un dobléz de 180°	12

6.6.2 Ensayo de resistencia al agrietamiento ambiental.

A menos que se indique otra cosa en ésta sección, éste ensayo debe realizarse de acuerdo con ASTM D1693. Usar la condición A para el LDPE ó LLDPE (ASTM D 1248 tipo I). Usar la condición B para el MDPE ó HDPE (ASTM D 1248 tipos II, III, y IV). Las condiciones A y B, están definidas en ASTM D 1693.

Las probetas de ensayo deben moldearse de material extraído del cable terminado. El número de probetas debe ser el especificado en 6.1.3.

El material de agrietamiento debe ser el Igepal CO – 630 hecho por GAF Corporation, o su equivalente. La cámara de calentamiento pudeser un baño de agua ó un horno y debe ser controlada a $50 \pm 1^\circ\text{C}$.

6.6.3 Ensayo de resistencia a la luz solar.

Cuando éste ensayo sea especificado (véase 5.1.14), cinco muestras, cada una de largo suficiente para sacar dos muestras más pequeñas, serán preparadas de material destinado a extrusión o del cable terminado. Una de cada par de muestras pequeñas será sometida a los ciclos de exposición y la otra servirá para propósitos de comparación con la muestra no expuesta.

Las cinco muestras para exposición se deben montar verticalmente en el tambor para muestras del equipo de exposición a radiación por arco de carbón y rocío de agua, similar al aparato tipo D señalado en ASTM G 23 (o en el soporte para muestras del equipo de exposición a radiación por arco de xenón y rocío de agua, similar al aparato tipo B señalado en ASTM G 26). El tiempo de exposición debe ser de 720 horas.

Después del tiempo de exposición, una probeta será troquelada de cada una de las cinco muestras sometidas a exposición y de cada una de las muestras no expuestas. Cada probeta será sometida a los ensayos de resistencia a la tracción y de alargamiento. Los valores resultantes de las cinco probetas serán promediados. El valor promedio de la resistencia a la tracción y del alargamiento de las probetas expuestas se debe dividir entre los valores correspondientes de las probetas no expuestas expresando el resultado en forma porcentual para determinar el valor de retención.

6.7 Ensayos de doblaje y flexibilidad

6.7.1 Ensayo de doblaje en frío

Este ensayo debe realizarse de acuerdo con ICEA-T-27-581/NEMA WC 53, usando un mandril de diámetro especificado en la tabla 6-3.

Tabla 6.3 Diámetro del mandril

Construcción de cable a ser ensayada.	Diámetro del Mandril como múltiplo del diámetro externo del cable.
Conductores aislados sin cubierta posterior, ó conductores con cubierta, con diámetro $\leq 20,32$ mm	8
Conductores con cubierta, con diámetro $> 20,32$ mm	10

6.7.2 Ensayo de enrollamiento para conductores aislados y con cubierta de nylon

Una muestra de conductor aislado y con cubierta de nylon se toma de un cable terminado y se enrollan cuatro vueltas sobre un mandril metálico liso de diámetro igual a seis veces el diámetro de la muestra. Los extremos de la muestra deben asegurarse al mandril para que cuatro vueltas completas sean expuestas al aire entre los extremos asegurados. La muestra y el mandril son suspendidos durante 24 horas en un horno de aire circulante a la temperatura de $95^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, tiempo después del cual, la muestra y el mandril son extraídos del horno y enfriados durante 1 hora en un desecador tipo silicagel ó equivalente a $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. La muestra debe enderezarse inmediatamente después que se extraiga del desecador, para constatar o no, la presencia de grietas superficiales.

6.7.3 Ensayo de flexibilidad para armadura corrugada continua

Un largo adecuado de cable armado al que se le retira cualquier tipo de cubierta debe ser doblado en "U" alrededor de un mandril de diámetro no mayor de 14 veces el diámetro del cable y con la suficiente tensión de tal forma que se adapten cerradamente a la periferia del cilindro, enderezadas, y luego dobladas 180 grados en dirección opuesta, completando así un ciclo. La velocidad del doblado debe ser tal que el ensayo se complete en 1 minuto. El ensayo es realizado a temperatura ambiente.

6.8 Ensayos de comportamiento a la llama

6.8.1 Aparato

El aparato para los ensayos verticales de llama consiste en lo siguiente:

1. Una cámara de placas metálicas de 305 mm de ancho, 356 mm de profundidad y 610 mm de altura, la cual es abierta por sus partes superior y frontal y provista de soportes para sostener la probeta de ensayo por su parte superior y en posición vertical.
2. Medios para ajustar la posición de la muestra de ensayo.
3. Un sistema adecuado para mantener tensa la probeta de ensayo.
4. Un quemador Tirril montado sobre un bloque inclinado 20 grados y equipado con un encendedor piloto. El quemador debe tener un hueco de 9,5 mm y un largo aproximado de 102 mm después de la entrada principal de aire.
5. Un ángulo de acero ajustable montado en la base de la cámara para asegurar la ubicación correcta del quemador con relación a la muestra de ensayo.
6. Una fuente de gas de iluminación a presión normal
7. Un equipo adecuado y capaz de medir el tiempo en segundos.
8. Indicadores de llama consistentes en tiras de papel kraft engomadas de espesor nominal 0,127 mm y 12,7 mm de ancho. (El papel usado para los indicadores es el denominado de 60 libras y es substancialmente el mismo tal como está descrito en la especificación federal UU-T-111 como "Cinta, Papel, Engomado (kraft)."
9. Una capa plana y horizontal de algodón quirúrgico seco no tratado debe colocarse en el piso de la cámara y centrada debajo de la probeta de tal forma que sea capaz de recoger toda partícula encendida que pueda caer de la probeta. Debe también colocarse algodón en la cuña y alrededor de la base del quemador. La parte superior del algodón del piso no debe estar más de 240 mm debajo del punto en el cual el cono azul interno de la llama toca la superficie del cable. (No usado para el ensayo vertical de la llama tipo B).

6.8.2 Ensayo Vertical de la Llama (tipo A).

El ensayo debe ser hecho en un local que generalmente esté libre de corrientes de aire, aunque una campana ventilada puede usarse si las corrientes de aire no afectan la llama. Un extremo de la probeta de 457 mm a 559 mm de largo debe fijarse en posición en la parte superior de la cámara y un medio adecuado debe ponérsele como para mantener la probeta tensada. Si se usa una grapa, ella se colocará al menos a 76 mm debajo del punto en el cual el cono azul interno de la llama de ensayo sea aplicado.

Un indicador de papel debe colocarse a la probeta de tal modo que el borde inferior esté 254 mm por encima del punto en el cual el cono azul interno de la llama de ensayo sea aplicado. El indicador debe enrollarse una vez alrededor de la probeta, con el lado engomado hacia el conductor. Los extremos deben pegarse uniformemente y proyectarse 19,0 mm desde la probeta hacia el lado opuesto al de aplicación de la llama. El apéndice de papel debe humedecerse solo lo necesario para permitir la adhesión. La altura de la llama con el quemador vertical debe ajustarse a 127 mm, con un cono azul interno de 38,1 mm de altura.

El quemador, únicamente con el piloto encendido, se coloca frente a la probeta de tal modo que el plano vertical a través del eje del quemador, incluya el eje del alambre ó cable. Se ajusta el bloque inclinado contra el ángulo de acero de tal forma que haya una distancia de 30,46 mm a lo largo del eje del quemador, entre el extremo de éste y la superficie de la probeta. La llave de suministro de gas al quemador se abre y la llama se aplica automáticamente a la probeta. Esta llave debe permanecer abierta durante 15 segundos y luego se cierra durante 15 segundos ó hasta que la llama sobre la muestra se extinga por si sola (lo que sea mayor). Este proceso se repite cuatro veces. Durante cada aplicación de llama, la probeta debe ajustarse si ello es necesario, de tal forma que el extremo del cono azul interno toque la superficie de la probeta.

Si más del 25% de la porción extendida del indicador se quema antes de las cinco aplicaciones de llama, se considera que el cable es capaz de propagar la llama a lo largo de su longitud. Si partículas encendidas ó gotas, encienden el algodón, se considera que la construcción es capaz de propagar la llama hacia materiales combustibles que estén en su vecindad.

La duración del quemado de las probetas después de cada aplicación de la llama debe anotarse, y cada probeta que continúe ardiendo por más de 1 minuto es considerada como capaz de propagar la llama hacia materiales combustibles que estén en su vecindad. Si cualquier probeta continúa ardiendo por más de 1 minuto después de la aplicación de la llama previa a la quinta vez, se debe dar por terminado el ensayo en ésta aplicación.

6.8.3 Ensayo Vertical de la Llama (tipo B).

El ensayo vertical de la llama, tipo B es idéntico al tipo A, con las siguientes excepciones:

- (1) Se omite el algodón.
- (2) La llave del gas debe cerrarse durante 15 ± 0 segundos después de cada una de las cuatro primeras aplicaciones y luego reabierta y aplicada la llama a la probeta, independientemente de que ésta esté ardiendo ó no.

6.9 Ensayo de absorción acelerada de agua (EM – 60)

Excepto a lo abajo indicado, éstos ensayos deben ser realizados de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC-53.

Una probeta de ensayo debe tomarse del conductor aislado después de cualquier proceso de curado y previo a la aplicación de cualquier cubierta. No antes de 48 horas después de cualquier curado, la probeta debe sumergirse en agua.

6.10 Ensayos eléctricos en cables terminados

6.10.1 Ensayos de Tensión.

Estos ensayos deben ser realizados de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC-53.

Estos ensayos consisten en ensayos de tensión aplicados a cada largo de cable terminado. Con la excepción de los ensayos de chispa con corriente continua y en alterna, la tensión debe aplicarse entre el conductor ó conductores y la cubierta metálica, armadura metálica, ó el agua.

6.10.1.1 Ensayos de Resistencia a la Tensión.

6.10.1.1.1 Cables sin cubierta Metálica, Pantalla Metálica ó Armadura Metálica.

Cable Monopolar y ensamblajes sin una cubierta general.

Cable Monopolar y ensamblajes de cables monopoles deben probarse bien sea según el ensayo de tensión alterna en agua (ver 6.10.1.1.3), el ensayo de tensión continua en agua (ver 6.10.1.1.4), el ensayo de chispa con tensión alterna (ver 6.10.1.2.3) ó el ensayo de chispa con tensión continua (ver 6.10.1.2.4). Cuando se empleen ensayos en seco, debe aplicarse lo siguiente:

- 1) Cable monopolar y ensamblajes paralelos de cables monopoles deben sumergirse durante al menos 6 horas y probados mientras estén sumergidos.
- 2) Ensamblajes torcidos de dos ó más conductores sin una cubierta ó protección general, deben sumergirse en agua durante al menos 1 hora y probados mientras estén sumergidos.
- 3) Cada conductor aislado debe probarse contra todos los demás conductores conectados al tanque de agua puesto a tierra.

Cable Multiconductor con cubierta general.

Los cables multiconductores deben probarse previo a la aplicación de la cubierta bien sea por el ensayo de chispa (ver 6.10.1.2) ó probados en húmedo (ver 6.10.1.1.). Después que la cubierta general sea aplicada, cada conductor aislado debe probarse contra todos los demás conductores conectados a tierra. La inmersión en agua no es requerida.

6.10.1.1.2 Cables con cubierta Metálica ó Armadura Metálica.

Todos los cables de éste tipo deben probarse con la cubierta metálica ó armadura puesta a tierra, sin inmersión en agua, a la tensión de ensayo especificada. En el caso de cables con cubierta metálica ó armadura sobre el (los) conductor (es) individual (es), el ensayo de tensión se realizará entre el (los) conductor(es) aislado(s) y tierra. En el caso de cables multiconductores donde los conductores individuales tengan una cubierta metálica ó armadura sobre el ensamblaje, el ensayo de tensión debe realizarse entre cada conductor aislado contra todos los demás conductores y tierra.

6.10.1.1.3 Ensayo de Tensión Alterna.

Este ensayo debe hacerse con una tensión alterna procedente de un transformador y generador de amplia capacidad en ningún caso no menor de 5KVA. La frecuencia de la tensión alterna debe estar nominalmente entre 49 y 62 hertz y tener una forma de onda lo más cercana posible a una senoide.

La tensión alterna inicialmente aplicada no debe de exceder a la tensión nominal alterna del cable que se prueba.

Este ensayo debe tener una duración de 5 minutos.

6.10.1.1.4 Ensayo de Tensión Continua.

El equipo para el ensayo de tensión continua consiste de una batería, generador ó equipo rectificador adecuado, con capacidad adecuada.

La tensión continua inicialmente aplicada no debe de exceder de 3.0 veces a la tensión nominal alterna del cable que se prueba.

Este ensayo debe tener una duración de 5 minutos.

6.10.1.2 Ensayos de Chispa.

6.10.1.2.1 Aplicación

Estos ensayos se aplican a cables monopolares y a ensamblajes que consistan completamente de cables monopolares aislados. Ellos no son aplicables a cables con pantallas metálicas, cubiertas metálicas ó armaduras.

6.10.1.2.2 Aparatos de Ensayo

Los aparatos de ensayo consisten en:

1. Una fuente de corriente continua ó de corriente alterna monofásica capaz de mantener la tensión requerida bajo todas las condiciones normales de corrientes de fuga.
2. Un electrodo capaz de mantener el contacto en toda su longitud con la superficie expuesta de cada cable en el ensamblaje.
3. Un medio para medir la tensión entre el electrodo y tierra.
4. Un medio para indicar fallas.

6.10.1.2.3 Procedimiento para el ensayo de chispa con tensión alterna.

Un lado de la fuente de tensión alterna debe conectarse al electrodo y el otro lado a tierra. El ó los conductores del cable deben probarse para asegurar su continuidad cuando se conecten a tierra en uno ó ambos extremos. Todas las conexiones a tierra deben estar unidas. El indicador de fallas debe conectarse para detectar corrientes anormales entre el electrodo y tierra.

Después de aplicada la tensión especificada, el largo completo de cable debe pasar por el electrodo de una forma y a una velocidad tal que cada sección de la superficie del cable mantenga contacto con el electrodo durante no menos de 18 picos de tensión positivos y negativos (9 ciclos).

La máxima velocidad del cable que se ensaya puede determinarse, bien sea en unidades normales americanas ó en su equivalente métrico, como sigue:

1. Fórmula para unidades normales americanas.

$$MS = 5/9 \times F \times EL$$

Donde:

MS = velocidad máxima en piés / min.

F = frecuencia en Hz

EL = longitud del electrodo en pulgadas.

2. Fórmula para unidades métricas

$$MS = 1/150 \times F \times EL$$

Donde:

MS = velocidad máxima en m / min.

F = frecuencia en Hz

EL = longitud del electrodo en mm.

6.10.1.2.4 Procedimiento para el ensayo de chispa con tensión continua.

La tensión debe aplicarse entre la superficie exterior del cable y los conductores durante no menos de 0,05 s. Los conductores deben conectarse a tierra.

Cuando un ensamblaje de cables monopolares cableados es sometido al ensayo de chispa con tensión continua, los conductores individuales deben ser ensayados de manera similar antes del cableado.

6.10.1.2.5 Fallas

Cualquier indicación del detector de fallas, constituye una falla.

6.10.2 Resistencia de Aislamiento.

Cuando se pruebe, la resistencia de aislamiento debe medirse y la constante de resistencia de aislamiento determinarse de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC-53. La resistencia de aislamiento medida a otras temperaturas debe referirse a 15,6°C de acuerdo al procedimiento detallado en ICEA T-27-581/NEMA WC-53.

La resistencia de aislamiento debe medirse después de los ensayos de tensión alterna, pero antes de los ensayos tensión continua, especificados en 6.10.1.1.

6.11 Repetición de ensayos.

6.11.1 Espesores y ensayos físicos y de envejecimiento

Si el espesor de aislamiento ó cubierta de cualquier rollo ó carrete es menor que el valor especificado, ese rollo ó carrete se considera como no conforme con ésta norma y debe hacerse la medida de ese parámetro en cada uno de los rollos ó carretes restantes.

Si cualquier probeta de ensayo no cumple con los requerimientos de Resistencia a la tracción, Alargamiento, Resistencia a la Tracción ó Alargamiento Permanente, bien sea antes del envejecimiento ó después de cualquiera de los protocolos de envejecimiento descritos en la sección 6.5, ese ensayo deberepetirse en dos probetas

adicionales tomadas de la misma muestra. La falla de cualquiera de las probetas adicionales indica falla de la muestra de acuerdo a ésta norma.

Cuando diez ó más muestras son seleccionadas de cualquier lote único, todos los rollos ó carretes no estarán conformes a ésta norma si más del 10% de las muestras falla para cumplir con lo requisitos de los ensayos listados en los dos párrafos anteriores. Si el 10% ó menos falla, cada rollo ó carrete debe probarse y se tomará la decisión con base a los resultados de los ensayos individuales.

Cuando el número de muestras seleccionadas de cualquier lote único sea menor de 10, todos los rollos ó carretes no estarán conformes a ésta norma si más del 20% de las muestras falla. Si falla un 20% ó menos, cada rollo, carrete ó largo debe probarse y se tomará la decisión con base a los resultados de los ensayos individuales.

6.11.2 Otros Ensayos

Si cualquier muestra falla para cumplir con cualquier otro ensayo requerido por ésta norma, debe efectuarse un remuestreo de acuerdo con ICEA T-26-465/NEMA WC-54.

SECCIÓN 7 CONSTRUCCIÓN DE TIPOS ESPECIALES

7.1 Cables aéreos preensamblados

7.1.1 Alcance

Esta sección cubre los cables aéreos múltiples de conductores monopolares o conjuntos de uno o más cables multipolares unidos a un mensajero para formar un cable aéreo autosoportado.

La selección del mensajero y la forma de instalación de los cables están definidas en la publicación ICEA P-79-561 "Guía para Selección de Mensajeros y Alambres de Amarre para Cables Aéreos".

7.1.2 Conductores

Los conductores deben ser cableados de acuerdo a indicado en la Sección 2, de calibre mínimo 6 AWG.

7.1.3 Aislamiento

El aislamiento cumplirá con los párrafos aplicables de la Sección 3 y debe ser de una de las clases indicadas en la Tabla 3.1.

7.1.4 Cubierta

Si se utiliza una cubierta, esta debe ser aplicada sobre el aislamiento de cada conductor. El material y el espesor de la cubierta será según se indica en Sección 4.1.

7.1.5 Ensamblado

Los conductores aislados deben ser cableados con una longitud de paso adecuada. El mensajero debe ser puesto en forma paralela al eje del conductor monopolar o del conjunto de conductores o cables cableados. El conjunto de conductores debe ser unido al mensajero por medio de una cinta de atado, rectangular, con bordes redondeados y de dimensiones nominales según se indica en ICEA P-79-561. Cuando se especifique, en lugar de la cinta de atado se puede utilizar un alambre redondo de calibre y resistencia adecuados. Tanto la cinta de atado como el alambre pueden ser recubiertos con un material compatible.

7.1.6 Mensajero

El tipo y calibre del mensajero debe ser como se indica en ICEA P-79-561. El mensajero debe extenderse por lo menos 1,52 metros más allá de cada extremo del conjunto de conductores para que pueda ser utilizado en la instalación del cable.

7.1.7 Criterio de diseño

Cualquier otro criterio de diseño debe estar de acuerdo a lo indicado en ICEA P-79-561.

7.2 Cables de control

PARTE 1 GENERAL

7.2.1 Alcance, campo de aplicación e información general

Esta sección aplica a materiales, construcción y ensayos de cables de control multiconductores para operación hasta 125 °C. Cables de control son cables multiconductores que transmiten señales eléctricas usadas para supervisión o control de sistemas eléctricos de potencia y sus procesos asociados.

Los cables de control conducen señales entre dispositivos conectados directamente a sistemas eléctricos de potencia, tales como transformadores de corriente, transformadores de tensión, relés, interruptores y los aparatos de medición. Los detalles de construcción y requerimientos de ensayos para cables que operan por encima de 125 °C se encuentran en la serie de normas NEMA HP-100.

Esta publicación esta concebida de tal forma que los cables puedan ser designados y seleccionados en numerosas construcciones para un amplio rango de condiciones de instalación y servicio. Las partes 2 a 4 cubren los componentes principales de los cables:

Parte 2 Conductores

Parte 3 Aislamientos

Parte 4 Pantallas Y Cubiertas

Cada una de estas partes designa los materiales, características de los materiales, dimensiones y ensayos aplicables a un componente en particular.

La parte 5 se refiere a la reunión, cableado e identificación de los conductores individualmente aislados, con o sin pantallas asociadas.

La parte 6 describe algunos, no todos, de los métodos de ensayos para los materiales componentes y cables completos. Otros métodos de ensayos se encuentran en la publicación ICEA T 27. 581/NEMA WC – 53.

La parte 7 esta reservada para uso posterior.

La parte 8 contiene apéndices con datos referenciales tales como abreviaturas, definiciones, características de los materiales, aplicaciones e información sobre instalación. Debe prestarse particular atención al apéndice A, que indica el título y la fecha de la norma industrial u otra publicación ahí mencionada.

Al clasificar los componentes en esta norma, aplican las siguientes definiciones:

Cinta metálica: Es una tira metálica relativamente delgada y estrecha que incluye bandas y cintas.

Cubierta: Es una capa protectora polimérica (no metálica) aplicada sobre el aislamiento, núcleo o armadura de un cable; ejemplo: una cubierta de PVC. Una cubierta no es impermeable al agua u otros líquidos.

Cubierta metálica: Es una capa metálica, impermeable al agua y otros líquidos, aplicada sobre el aislamiento, núcleo, o cubierta de un cable; ejemplo: una cubierta de plomo.

El tamaño de los conductores esta expresado en el sistema americano de medidas, AWG. El calibre de los alambres de la armadura de acero esta expresado en el sistema de medidas de Birmingham, BWG.

Las temperaturas están expresadas en grados Celsius (° C). La equivalencia entre grados Fahrenheit y grados Celsius ó centígrados puede ser determinada mediante la ecuación: $^{\circ}\text{F} = 1,8 \times ^{\circ}\text{C} + 32$. La temperatura ambiente esta definida como el rango de 20° C a 28° C, inclusive.

La masa esta expresada en gramos. La cantidad de onzas equivalentes a una cantidad de gramos, se halla dividiendo el numero de gramos entre 28,35. Otros valores están expresados en unidades no métricas, de uso común en Norte América.

Para convertir valores expresados en unidades no métricas a unidades métricas, en la tabla siguiente se indican los factores de multiplicación correspondientes:

de	a	multiplicar por:
Pulgadas (pulg.)	milímetros (mm)	25.4
Ohms por 1000 pies($\Omega/1000$ pie)	mili ohms por metro ($m\Omega/m$)	3.28
Pulgada cuadrada (pulg. ²)	milímetro cuadrado (mm^2)	645
mil circular (cmil)	milímetro cuadrado (mm^2)	5.07×10^{-4}
Libras por pulgada cuadrada (psi)	Megapascal (Mpa)	6.89×10^{-3}
Gigaohms-1000 pies($G\Omega$ -1000 pies)	Gigaohms-metro($G\Omega$ -m)	305

7.2.2 Información que debe suministrar el comprador

Cuando se soliciten ofertas a los fabricantes de cables, el comprador potencial debe describir el cable refiriéndolo a las partes correspondientes de esta norma. Para ayudar a evitar malos entendidos y posible aplicación errónea del cable, debe suministrarse también información relativa a la aplicación planeada.

PARTE 2 CONDUCTORES

7.2.3 Generalidades

Los requerimientos de los conductores serán determinados de acuerdo con los procedimientos o métodos designados por las normas COVENIN (Véase el apéndice A) a menos que de otra forma se indique en esta norma.

La siguiente información técnica sobre conductores típicos se encuentra en el apéndice B:

- Diámetros aproximados de los conductores de cobre cableados.
- Peso aproximado de los conductores de cobre.

7.2.3.1 Alambres, propiedades físicas y eléctricas.

Los alambres usados en los conductores eléctricos serán de cobre, de acuerdo a lo establecido en el numeral 7.2.2.3

7.2.3.2 Conductores de cobre

7.2.3.2.1 Alambres

Los alambres de cobre deben cumplir con los requisitos de ASTM B 5 (ó COVENIN equivalente) y con los numerales 7.2.2.3.1.1 ó 7.2.2.3.1.2.

7.2.3.2.1.1 Los alambres de cobre blando o recocido destinados a formar conductores cableados deben cumplir con los requisitos de alargamiento, acabado y continuidad del revestimiento de una de las siguientes normas:

ASTM B 3 (COVENIN 0130:1990) para alambres no revestidos

ASTM B 33 (ó COVENIN equivalente) para alambres revestidos con estaño, o

ASTM B 189 (ó COVENIN equivalente) para alambres revestidos con aleación de estaño y plomo.

7.2.3.2.1.2 Los alambres de cobre extraídos de un conductor de cableado concéntrico, recocido después del cableado, deben satisfacer los requisitos de alargamiento de ASTM B 8 (COVENIN 0529:1968), secciones 7.4, 7.5 y 7.6.

7.2.3.3 Conductores sólidos

Un conductor de cobre sólido consiste en un solo alambre redondo que satisfaga los requisitos dados en el numeral 7.2.3.2.1.1.

7.2.3.3.1 Conductores cableados

Los conductores cableados consisten de siete (7) o diecinueve (19) hilos que de manera individual cumplan con los requisitos correspondientes dados en el numeral 7.2.2.3.1.

Los diámetros de los alambres individuales en conductores cableados no están especificados. Los requisitos para el paso y empates deben estar de acuerdo con ASTM B 8 (COVENIN 0529) para conductores de cableado concéntrico de las clases B o C.

7.2.3.3.2 Resistencia CC del conductor por unidad de longitud.

La resistencia en corriente continua de cada conductor en una longitud de producción o de despacho no debe exceder del valor determinado según lo establecido para resistencias cc máximas, especificadas en la tabla 7.1 cuando se use el valor nominal apropiado tomado de la tabla 7.2. La resistencia en cc debe ser determinada de acuerdo con los numerales 7.2.3.3.2.1 ó 7.2.3.3.2.2.

Cuando la resistencia es medida en un solo conductor tomado de un cable multiconductor o cuando la resistencia es calculada, el valor máximo de resistencia correspondiente al cable monopolar debe tomarse en cuenta.

Tabla 7.1 Plan para Establecer La Resistencia cc Máxima Por Unidad de Longitud en un Cable Terminado

TIPO DE CABLE	RESISTENCIA CC MAXIMA
Cables monopolares*	Valores de la tabla 722-2 + 2% ($R_{max} = R \times 1.02$)
Cables multiconductores:	Valores de la tabla 722-2 + 2% + uno de los siguientes factores:
	2% para cables de una capa de conductores ($R_{max} = R \times 1.02 \times 1.02$)
	3% para cables de más de una capa de conductores ($R_{max} = R \times 1.02 \times 1.03$)
	4% para cables en pares u otras unidades precableadas ($R_{max} = R \times 1.02 \times 1.04$)
	5% para cables de más de una capa de pares u otras unidades precableadas ($R_{max} = R \times 1.02 \times 1.05$)
*Aplicable solo a una muestra, Véase numeral 7.2.2.3.4.	

Tabla 7.2 Resistencia Nominal cc en Ohms por km a 25° C de Conductores de Cobre Sólidos o de Cableado Concéntrico

CALIBRE DEL CONDUCTOR	CONDUCTOR SOLIDO		CONDUCTOR CABLEADO		
	NO REVESTIDO	REVESTIDO	NO REVESTIDO	REVESTIDO	
AWG			CLASES B y C	CLASE B	CLASE C
22	54,1	56,4	54,8	58,7	59,4
20	33,8	35,1	34,4	36,4	37,1
19	26,9	28,0	27,3	29,0	29,4
18	21,4	22,2	21,9	23,2	23,4
17	16,9	17,6	17,1	18,1	18,5
16	13,5	14,0	13,7	14,5	14,6
14	8,43	8,76	8,63	8,96	9,15
13	6,69	6,96	6,82	7,09	7,25
12	5,31	5,51	5,45	5,64	5,74
11	4,23	4,40	4,30	4,46	4,46
10	3,35	3,48	3,41	3,54	3,54
9	2,65	2,73	2,71	2,80	2,80

7.2.3.3.2.1 Medición directa de la resistencia CC por unidad de longitud.

La resistencia cc por unidad de longitud debe ser determinada por mediciones de resistencia cc hechas de acuerdo a ICEA T – 27 – 581/NEMA WC 53 con una aproximación del 2% o mejor.

Si las mediciones son hechas a temperatura distinta de 25° C, la medida debe ser corregida a 25° C usando los métodos especificados en ICEA T – 27 – 581/NEMA WC 53.

Si es requerida la verificación de resistencia cc en un tramo completo de cable terminado, una muestra de al menos 0,305 m será cortada de ese tramo y la resistencia cc de cada conductor debe ser medida usando un puente Kelvin o un potenciómetro.

7.2.3.3.2.2 Calculo de la resistencia CC por unidad de longitud

La resistencia CC por unidad de longitud a 25° C debe ser calculada usando la formula:

$$R = K \bullet \frac{\rho}{A}$$

donde:

R = resistencia del conductor en Ω /1000 piés

K = factor de incremento de peso y resistencia

ρ = Resistividad volumétrica en $\Omega \bullet \text{cmil/ft.}$

A = área de la sección transversal del conductor en cmil,

Cuando la resistividad volumétrica es expresada en nanoohm-metro ($n\Omega \cdot m$) y el área en milímetros cuadrados (mm^2) las dimensiones de la resistencia son miliohm por metro ($m \Omega/m$).

La resistividad volumétrica del material del conductor debe ser determinada de acuerdo con ASTM B 193 (COVENIN-0452), usando alambres redondos.

El área de la sección transversal (A) de conductores sólidos y de cableado concéntrico, debe determinarse de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC 53 (COVENIN 0130 y COVENIN 0529).

El factor (K) de incremento de peso y resistencia debe ser tomado como 1.02, o debe ser calculado de acuerdo a lo establecido en ASTM B 8 (COVENIN 0529).

7.2.3.3.3 Diámetro del conductor.

El diámetro de un conductor sólido debe ser medido de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC 53 (COVENIN 0130). El diámetro de este conductor sólido no debe diferir del valor nominal dado en la tabla 7.3 en más de un $\pm 5\%$. Para los conductores cableados no hay requisitos aplicables al diámetro.

* Se da una tolerancia del 5% en el diámetro de los conductores sólidos para permitir al fabricante de conectores determinar el rango de los calibres que pueden ajustarse a un conector particular, sin embargo, un conductor que cumpla con los requisitos de diámetro mínimo, no necesariamente cumple el requisito de resistencia cc máxima especificada en el numeral 7.2.3.3.2

Tabla 7.3 Diámetro Nominal de Conductores de Cobre Sólidos

CALIBRE DEL CONDUCTOR	DIAMETRO
AWG	mm
22	0,643
20	0,813
19	0,912
18	1,02
17	1,15
16	1,29
14	1,63
13	1,83
12	2,05
11	2,30
10	2,59
9	2,91

PARTE 3 AISLAMIENTOS

7.2.4 Generalidades

Los compuestos de aislamiento utilizados para cables de control deben ser materiales dieléctricos extruibles cuyas dimensiones, características eléctricas y físicas deberán cumplir con los requerimientos especificados en los párrafos que siguen a continuación. Serán adecuados para el uso en lugares con una temperatura ambiente como especificada en 7.2.3.3. El aislamiento deberá ser aplicado sobre la superficie del conductor o de un material separador, en caso de ser usado, y será aplicado en forma ajustada sobre dicha superficie.

7.2.4.1 Materiales

El aislamiento estará constituido por uno de los materiales indicados a continuación:

- Polietileno reticulado (XLPE), tipo I
- Polietileno reticulado (XLPE), tipo II
- Goma de etileno propileno (EP), tipo I

- d. Goma de etileno propileno (EP), tipo II
- e. Goma silicónica (SR)
- f. Polietileno clorosulfonado (CSPE)
- g. Cloruro de polivinilo (PVC)
- h. Cloruro de polivinilo/nylon (PVC/Nylon)
- i. Polietileno (PE)
- j. Compuesto EP/CSPE o EP/Neopreno (CR)
- k. Goma sintética (SBR)
- l. Elastómero termoplástico (TPE), tipo I
- m. Elastómero termoplástico (TPE), tipo II

7.2.4.2 Espesor

El espesor mínimo promedio no será inferior a los valores especificados en la tabla 7.4. El espesor mínimo en cualquier punto no será inferior al 90 % del valor especificado.

7.2.4.2.1 SR

Un espesor de 0.13 mm del valor mínimo promedio especificado para el compuesto de SR., puede ser reemplazado por 0.13 mm mínimo de una malla de fibra de vidrio de tejido apretado e impregnada.

7.2.4.2.2 PE

Para cables con tensión nominal de 600 volts, un espesor de PE de 0.25 mm del valor mínimo promedio especificado, puede ser reemplazado por 0.25 mm mínimo de PVC. Para cables con tensión nominal de 1000 volts, un espesor de PE de 0.38 mm del valor mínimo promedio especificado, puede ser reemplazado por 0.38 mm mínimo de PVC. El PVC deberá cumplir con los requerimientos físicos y de envejecimiento de la tabla 7.5. Para todas las tensiones indicadas en la tabla 7.4, un espesor de PE de 0.10 mm del valor mínimo promedio especificado, puede ser reemplazado por 0.10 mm de nylon, pero en ningún caso, el espesor de PE será inferior a 0.38 mm

7.2.4.2.3 PVC

Para todas las tensiones indicadas en la tabla 7.4, un espesor de PVC de 0.10 mm del valor mínimo promedio especificado, puede ser reemplazado por 0.10 mm mínimo de nylon.

Tabla 7.4 Espesor del aislamiento, milímetros.

Calibre del Conductor AWG	XLPE Tipos	EP Tipos	SR	SBR Y	PVC	PE	TPE TIPOS	Compuesto EP/CSPE	PVC/ NYLON
	I Y II	I Y II		CSPE			I Y II	O EP/CR	
300 VOLTS									
22 - 19	0,38	0,51	0,64	0,64	0,38	0,38	0,51	0,51/0,25	---
18	0,38	0,51	0,64	0,64	0,51	0,51	0,51	0,51/0,25	---
16	0,38	0,51	0,64	0,64	0,51	0,51	0,51	0,51/0,25	---
14 - 9	0,51	0,64	0,76	0,76	0,51	0,51	0,51	0,51/0,25	---
600 VOLTS									
20 - 19	0,64	0,64	0,76	0,76	0,64	0,64	0,64	0,51/0,25	---
18 - 16	0,64	0,64	0,76	0,76	0,76	0,64	0,64	0,51/0,25	0,38/0,10
14 - 11	0,76	0,76	1,14	1,14	0,76	0,76	0,76	0,51/0,25	0,38/0,10
10 - 9	0,76	0,76	1,14	1,14	0,76	0,76	0,76	0,51/0,25	0,51/0,10
1000 VOLTS									
16	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	0,76/0,38	---
14 - 9	1,14	1,14	1,52	1,52	1,52	1,14	1,14	0,76/0,38	---

7.2.4.3 Requerimientos

Los ensayos realizados al aislamiento, de acuerdo a los métodos especificados en la parte 6, deberán cumplir con los requerimientos especificados en la tabla 7.5.

7.2.4.3.1 Aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), Tipo I y Tipo II

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos o húmedos, a una temperatura de operación continua no mayor de 90° C.

7.2.4.3.2 Aislamiento de Etileno Propileno (EP), Tipo I y Tipo II

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos o húmedos, a una temperatura de operación continua no mayor de 90° C.

7.2.4.3.3 Aislamiento De Goma Silicónica (SR) Resistente al Ozono

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos a una temperatura de operación continua no mayor de 125° C.

7.2.4.3.4 Aislamiento de Polietileno Clorosulfonado (CSPE)

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos o húmedos, a una temperatura de operación continua no mayor de 90° C.

7.2.4.3.5 Aislamiento de Cloruro de Polivinilo (PVC)

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos o húmedos, a una temperatura de operación continua no mayor de 75° C. Los ensayos realizados al aislamiento, de acuerdo a los métodos especificados en 7.2.6.22, deberán cumplir con una retención de la rigidez dieléctrica no menor al 60 % del valor original. Los conductores que tengan una cubierta de nylon (Véase 7.2.3.2.3), no deberán mostrar grietas después del ensayo de enrollamiento indicado en la parte 6 (7.2.6.9.8). Las arrugas en la cubierta no constituirán falla en el cumplimiento de este requerimiento.

7.2.4.3.6 Aislamiento de Cloruro de Polivinilo / Nylon (PVC/Nylon)

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos a una temperatura del conductor no mayor de 90° C, ó de 75 gr. ° C en lugares húmedos. Los ensayos realizados al aislamiento, de acuerdo a los métodos especificados en 7.2.6.22, deberán cumplir con una retención de la rigidez dieléctrica no menor al 60 % del valor original. La cubierta de nylon no deberá mostrar grietas después del ensayo de enrollamiento indicado en la parte 6 (7.2.6.9.8). Las arrugas en la cubierta no constituirán falla en el cumplimiento de este requerimiento.

7.2.4.3.7 Aislamiento de Polietileno (PE)

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos o húmedos a una temperatura de operación continua no mayor de 75° C- Antes de ser aplicado sobre el conductor, el compuesto de PE deberá cumplir con los requerimientos de ASTM D 1248 para el tipo I, clases A, B ó C, categoría 4 ó 5, grado E4 ó E5. Este requerimiento no aplica para el aislamiento retirado del conductor. Los conductores que tengan una cubierta de nylon, no deberán mostrar grietas después del ensayo de enrollamiento indicado en la parte 6. Las arrugas en la cubierta no constituirán falla en el cumplimiento de este requerimiento.

7.2.4.3.8 Aislamiento Compuesto

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos o húmedos a una temperatura de operación continua no mayor de 90° C. El aislamiento estará formado por una capa interior de EP tipo I ó tipo II, con una capa exterior de polietileno clorosulfonado (CSPE) o neopreno (CR). Cuando las capas de aislamiento interior y exterior puedan ser separadas sin daño (en ambas capas), éstas deberán ser probadas separadamente para verificar el cumplimiento de los requerimientos físicos y de envejecimiento indicados en la tabla 7.5. Cuando las capas no puedan ser separadas, estas deberán ser probadas como una unidad para verificar el cumplimiento de los requerimientos físicos y de envejecimiento indicados en la tabla 7.5. El aislamiento compuesto, ya sea separable o no separable, deberá ser probado como una unidad para determinar el cumplimiento de las propiedades eléctricas y de absorción de agua indicadas en la tabla 7.5.

7.2.4.3.9 Aislamiento De Goma Sintética (SBR)

Este aislamiento es adecuado para el uso en lugares secos a una temperatura del conductor no mayor de 75° C y de 60° C en lugares húmedos.

7.2.4.3.10 Aislamiento de Elastómero Termoplástico (TPE), Tipo I y Tipo II

Este aislamiento deberá ser adecuado para el uso en lugares secos o húmedos a una temperatura de operación continua no mayor de 75 °C., o en lugares secos solamente, a una temperatura de 90° C.

7.2.4.3.11 Cubierta sobre Aislamiento

La cubierta exterior sobre conductores aislados individualmente no es requerida. Sin embargo, si se utiliza una cubierta, esta deberá cumplir con el espesor mínimo promedio de 0.38 mm. El espesor mínimo en cualquier punto no será inferior al 80 % de este valor.

7.2.4.3.12 Reparaciones

Cuando sean requeridas reparaciones en el aislamiento, estas deberán ser realizadas de forma tal que cumplan las pruebas de rigidez dieléctrica especificadas en 7.2.3.4 y la resistencia de aislamiento requerida en 7.2.3.5. El espesor de aislamiento en el área reparada deberá cumplir con los requerimientos indicados en 7.2.3.2.

7.2.4.4 Tensiones de Prueba

7.2.4.4.1 Ensayos de producción

Cada lote de producción o largo de despacho de cable terminado debe ser probado de acuerdo con ICEA T-27-581/NEMA WC 53 excepto que puede ser realizado sin inmersión en agua. Los conductores aislados deberán soportar durante cinco minutos ya sea, la tensión de prueba AC indicada en la tabla 7.5, o bien la tensión de prueba DC de triple valor al especificado para la prueba AC. La tensión de prueba del cable estará basada en la tensión nominal del cable y en el calibre del conductor y no en el espesor aparente del aislamiento.

7.2.4.4.2 Ensayos de aceptación después de la instalación

Ver apéndice G

Tabla N° 7.5 Requerimientos del aislamiento

Propiedades	XLPE		GOMA EP				Goma SR		Goma CSPE		PVC	AISLAMIENTO COMPUESTO (d)								SBR	PVC /Nylon
												CAPAS SEPARABLES				CAPAS NO SEPARABLES					
	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	CSPE ó CR	Compuesto EP/CSPE	O EP/CR		
Resistencia a la tracción, inicial mínimo, Mpa	12,4	12,4	4,8	8,3	8,3	5,5	10,3	10,3	13,8	9,7	10,3	10,3	4,8	8,3	6,9	10,3	6,9	4,8	13,8 (g)		
Alargamiento a la rotura, inicial, mínimo, %	250	150	250	150	150	250	300	300	150	350	300	300	250	150	300	250	250	300	150(g)		
Resistencia a la tracción, al __% alargamiento mínimo, Mpa	...	...	...	100	3,4	...	...	...	...	...	...	...	...	100	...	...	...	...	...		
Retención mínimo % de Resistencia a la tracción	75	85	75	75	75	3,4 (a)	85	85	80	75	75	75	75	75	85	75	75	80	75		
Alargamiento	75	60	75	75	75	125(a)	50	75	75	75	75	75	75	75	40	50	50	60	65		
Después envejecimiento en horno de aire a ° C ± 1 ° C	121	121	121	121	121	200	121	121	121	100	121	121	121	121	121	121	121	100	136(g)		
Durante horas	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168		
Retención mínimo % de Resistencia a la tracción	...	...	...	...	...	...	60	85	85	...	...	...	...	...	...	...	...	...	50(g)		
Alargamiento	...	...	...	...	...	...	60	85	85	...	...	...	...	...	...	...	...	...	50(g)		
Después de inmersión en aceite a ° C ± 1 ° C	...	...	...	...	...	...	121	70	70	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100(h)		
Durante horas	...	...	...	...	...	...	18	4	4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	96		
Deformación por calor máximo %	30	30	...	...	...	...	...	...	25	...	25	25	...	...	...	...	...	...	25		
a ° C ± 1 ° C	121	121	...	...	...	...	...	...	121	...	121	121	...	...	...	...	...	...	136		
Alargamiento en caliente @ 150 ° C ± 2 ° C	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	...		
Resistencia al ozono después de 3 horas de exposición	...	...	...	...	...	pasa	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
Choque térmico @ 121 ° C ± 1 ° C	...	...	...	...	...	...	...	...	Sin Grietas	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Sin Grietas		
Prueba de la llama tipo A	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
Prueba de la llama tipo B	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
Doblado en frío después de 1 hora a __ ° C ± 2 ° C	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
Requerimiento mínimo	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
Prueba de agrietamiento ambiental	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
Propiedades eléctricas después de inmersión en agua a 75 ° C ± 1 ° C Constante dieléctrica (SIC) después de 24 horas, máximo	6,0	6,0	4,0	6,0	6,0	...	10,0	10,0	10,0	...	3,0	4,0	4,0	6,0	...	4,5	...	6,0	10,0(g)		

Tabla N° 7.5 Requerimientos del aislamiento (continuación)

Propiedades	XLPE			GOMA EP			Goma SR	Goma CSPE	PVC	PE	AISLAMIENTO COMPUESTO (d)										SBR	PVC /Nylon
											CAPAS SEPARABLES			CAPAS NO SEPARABLES								
	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	TIPO I	TIPO II	CSPE ó CR	Compuesto EP/CSPE O EP/CR						
																	TPE	EP				
Aumento en Capacitancia, Máximo % 1-14 días 7-14 días	3,0 1,5	4,0 2,0	3,5 1,5	5,0 3,0	6,0 2,0	10,0 3,0	4,0 2,0	3,0 1,5	4,0 2,0	3,5 1,5	5,0 3,0	---	---	---	---	---	---					
Factor de estabilidad después de 14 Días máximo*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	---	---	---	---	---	1,0	1,0	1,0	1,0	---	---	---					
Alternativa a factor de estabilidad, Diferencia máxima, 1-14 días*	0,5	0,5	0,5	---	---	---	---	0,5	0,5	0,5	---	---	---	---	---	---	---					
Constante de resistencia de aislamiento k @ 15,6 °C, Mínimo gigahms-1000pies(c)	10	10	20	10	4	1	2	50(b)	40	40	20	10	---	---	---	12	4					
Absorción mecánica de agua Máximo miligramos por pulgada cuadrada después de 168 horas 70 °C±1 °C	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	35	20					
Resistencia superficial específica, Mínimo gigahms(c)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	200	---					

NOTAS

a.

Valores mínimos para resistencia a la tracción (kg/mm²) y alargamiento (%) después de exposición, no son los porcentajes de retención.

b.

Este valor no debe ser menor de 30, basado en la suma del espesor de las dos capas, si sobre el PE se aplica una capa de PVC.

c.

Algunas veces puede ser más conveniente expresar este valor en megahms (1 gigahm=10³ megahms).

d.

Ver 7.2.3.3.8

e.

Solamente para información de ingeniería.

f.

--- significa que esa propiedad no es requerida para ese aislamiento.

g.

Con el nylon removido.

h.

Condicionado con el nylon intacto.

* Debe cumplir con uno sólo de los requerimientos, no los dos.

Tabla 7.6 Tensiones de prueba

Calibre conductor, AWG	Kilovolts (ac-rms)								
	XLPE Tipos I Y II	EP Tipos I Y II	SR	SBR y CSPE	PVC	PE	TPE Tipos I Y II	Compuesto EP CSPE ó EP/CR	PVC/ Nylon
300 VOLTS									
22 - 19	2,0	2,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,5	---
18	2,0	2,5	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,5	---
16	2,0	2,5	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,5	---
14 - 9	2,5	3,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	---
600 VOLTS									
20-19	2,5	2,5	1,0	1,0	1,5	2,5	2,5	2,5	---
18 - 16	2,5	2,5	1,0	1,0	1,5	2,5	2,5	2,5	1,2
14 - 9	3,0	3,0	4,5	4,5	1,5	3,0	3,0	3,0	2,0
1000 VOLTS									
16	4,5	4,5	4,5	4,5	3,0	4,5	4,5	4,5	---
14 - 9	4,5	4,5	6,0	6,0	3,5	4,5	4,5	4,5	---

7.2.4.5 Resistencia de aislamiento

Cuando cada conductor aislado de cable terminado sea probado de acuerdo a ICEA T-27-581/NEMA WC 53, deberá tener una resistencia de aislamiento no menor a la correspondiente de aplicar la constante de resistencia de aislamiento (K) especificada en la tabla 7.5. La resistencia de aislamiento en gigohms-km. Aa la temperatura de 15.6° C (60° F), no será menor al valor calculado como sigue:

$$R = K \cdot \log (D/d)$$

En Donde:

R = resistencia de aislamiento en gigohms-km.

K = constante de aislamiento en gigaihms-km.

D = diámetro sobre aislamiento

d = diámetro bajo aislamiento

7.2.4.5.1 La resistencia de aislamiento medida a una temperatura distinta a 15.6° C, deberá ser convertida a 15.6° C por medio de los factores de corrección indicados en ICEA T-27-581/NEMA WC 53.

7.2.4.5.2 Cuando un separador no conductivo sea aplicado entre el conductor y el aislamiento, o cuando un conductor aislado sea cubierto individualmente con una cubierta no metálica, la resistencia de aislamiento no será menor del 60 % del valor requerido para el aislamiento basado en el espesor de aislamiento especificado.

7.2.4.5.3 Excepción: La reducción del 60 % no es aplicable para aislamientos compuestos (Véase 7.2.4.3.8).

7.2.4.6 Prueba de llama tipo A

Cuando una muestra de conductor aislado tomada de un cable multipolar sea probada de acuerdo a 7.2.6.16.1, esta no mantendrá la llama encendida por más de 1 minuto después de cualquier aplicación de la llama. La parte extendida del indicador de papel no resultara quemada en una porción mayor al 25 %. El algodón colocado bajo la muestra no resultara encendido por partículas inflamadas o goteo de material fundido de la muestra. No se tomará en cuenta la quemadura del algodón sin llama.

7.2.4.7 Prueba de llama tipo B

Cuando una muestra de conductor aislado tomada de un cable multipolar sea probada de acuerdo a 7.2.6.16.2, esta no mantendrá la llama encendida por mas de 1 minuto después de la última aplicación de la llama. La parte extendida del indicador de papel no resultara quemada en una porción mayor al 25 %.

PARTE 4 PANTALLAS Y CUBIERTAS

7.2.4.1 PANTALLA – GENERALIDADES

La pantalla en los cables de control tiene el propósito de reducir o eliminar (1) la interferencia electrostática interna entre conductores o grupo de conductores en el núcleo del cable o (2) la interferencia externa inducida en los conductores del cable o grupo de conductores. Las pantallas electrostáticas son cintas, mallas o alambres concéntricos metálicos de material no magnético, aplicados sobre uno o más conductores del cable. Cuando sea utilizada una pantalla, deberá cumplir con los requerimientos de uno de los tipos de pantalla descritos en 7.2.4.1.3, 7.2.4.1.4 o 7.2.4.1.5. Esta especificación no considera los métodos para reducir la interferencia electromagnética. (consultar al fabricante para recomendaciones).

7.2.4.1.1 Continuidad de pantalla

Cada pantalla deberá tener continuidad eléctrica en toda la longitud del cable (Véase 7.2.6.20).

7.2.4.1.2 Aislamiento de la pantalla

Cuando sea necesario permitir la conexión a tierra de las pantallas en un solo punto, estas deberán ser aisladas eléctricamente o aisladas de otros componentes metálicos del cable, tales como otras pantallas o conductores de tierra. Este aislamiento puede ser logrado cubriendo la pantalla con una capa, cinta o cubierta aislantes. (esta declaración ha sido aprobada por NEMA como información de ingeniería autorizada).

Cuando el aislamiento de las pantallas sea necesario, la resistencia de aislamiento entre pantallas no deberá ser menor de 1 megaohm referida a 305m de cable, o una tensión de prueba de 600 Volt dc deberá ser aplicada entre pantallas sin falla. (Véase 7.2.6.21)

7.2.4.1.3 Pantallas de Cinta Metálica

Las pantallas de cinta metálica deberán ser lisas o corrugadas y proveer un recubrimiento del núcleo de los conductores del 100 %. Serán aplicadas ya sea en forma helicoidal o longitudinal con un solape suficiente para prevenir su apertura en las curvas normales durante la instalación, pero en ningún caso será menor de 4.76 mm o del 12.5 % del ancho de la cinta, cualquiera que sea mayor. Las cintas metálicas deberán ser de material no magnético tales como cobre, aleaciones de cobre o aluminio. Las cintas metálicas podrán ser con o sin recubrimiento, totalmente metálicas o laminadas con una base de refuerzo no metálica. Los alambres de drenaje (Véase 7.2.4.1.3.1) deberán ser utilizados en combinación con cintas en las cuales, el espesor del metal será igual o inferior a 0.0254 mm.

7.2.4.1.3.1 Alambres de drenaje

Los alambres de drenaje deberán ser de cobre o cobre recubierto de acuerdo a la parte 2 y no menores al calibre 22 AWG. Cuando se usen en conjunto con las pantallas de cinta de aluminio, los alambres de cobre deberán ser recubiertos para protegerlas contra la corrosión electrolítica. Los alambres de drenaje deberán ser posicionados adyacentes a la cinta metálica con el fin de mantener un contacto a tierra efectivo y deberán ser considerados como parte integral de la pantalla.

7.2.4.1.4 Pantalla Metálica de Malla Trenzada

Cuando la pantalla es aplicada en forma de trenzado, el cubrimiento deberá ser determinado por la siguiente formula:

$$\text{Cubrimiento (\%)} = 100 (2F - F^2)$$

donde:

$$F = NP \times \frac{d}{25,4 \times \sin \alpha}$$

α = Angulo de los alambres de la malla con respecto al eje longitudinal del núcleo

$\alpha = \text{tg}^{-1}[2\pi(D+2d)P/25,4C]$, grados.

D = diámetro del núcleo bajo la pantalla, mm

d = diámetro de los alambres de la pantalla, mm

C = numero de grupos

F = factor de espacio o llenado

N = numero de alambres por grupo

P = número de cruces de los alambres, por pulgada

7.2.4.1.5 Pantalla de Alambres Metálicos

Cuando la pantalla es aplicada en forma de alambres helicoidales o envoltura, el cubrimiento deberá ser determinado por la siguiente formula:

$$\text{cubrimiento (\%)} = Nd / W \times 100$$

donde:

N = número de alambres paralelos

d = diámetro de los alambres, mm

$W = \pi D \cos \alpha$

D = diámetro bajo la pantalla, mm

α = Angulo entre los alambres y el eje del cable, grados

$\alpha = \text{tg}^{-1} \pi D/C$

C = paso de los alambres, mm

7.2.4.2 Cubiertas

Las cubiertas deberán ser termoplásticas o termoestables, de uno de los materiales indicados a continuación:

- a. Cloruro de polivinilo (PVC)
- b. Polietileno negro (PE)
- c. Goma de estireno-butadieno (SBR)
- d. Goma de cloropreno (neopreno) (CR)
- e. Goma nitrilo-butadieno / cloruro de polivinilo (NBR / PVC)
- f. Polietileno clorosulfonado (CSPE)
- g. Polietileno clorinado (CPE) (termoplástico)
- h. Polietileno clorinado (CPE) termoestable)
- i. Goma natural (SBR)
- j. Elastómero termoplástico (TPE)

Debido a la diferencia en los rangos de temperatura máxima de los aislamientos indicados en la parte 3, no todos los materiales citados más arriba son necesariamente adecuados para todos los aislamientos o todas las aplicaciones. Se debe consultar al fabricante para mayor información. (Este párrafo ha sido aprobado por NEMA como información de ingeniería autorizada).

7.2.4.2.1 Espesores

El espesor mínimo promedio no deberá ser menor del especificado en la tabla 7.7. El espesor mínimo en cualquier punto no deberá ser menor del 80 % del valor especificado.

Tabla 7.7 Espesor de la Cubierta, Milímetros

Diámetro calculado del cable bajo la cubierta (*)	Espesor
0-10,80	1,14
10,81-17,78	1,52
17,79-38,10	2,03
38,11-63,50	2,79
63,51 y mayores	3,56
(*) Para determinar el espesor de la cubierta en cables planos, usar la mayor dimensión calculada del núcleo bajo la cubierta.	

7.2.4.2.2 Requerimientos

La cubierta deberá cumplir los requerimientos aplicables especificados en la tabla 7.8, de acuerdo a los métodos de prueba indicados en la parte 6.

7.2.4.2.2.1 Reparaciones

La cubierta puede ser reparada de acuerdo a los procedimientos de la buena practica comercial. Los cables con la cubierta reparada deberán ser capaces de cumplir con todos los requerimientos de esta norma.

7.2.4.2.3 Envoltura

Se podrá utilizar una cinta separadora o de envoltura bajo la cubierta exterior. (Esta declaración ha sido aprobada por NEMA como información de ingeniería autorizada).

Tabla 7.8 Requerimientos de la cubierta

Propiedades	Cubiertas Termoplásticas				Cubiertas Termoestables										
	PVC	PE	CPE	TPE		Uso General				Uso pesado					
				Uso General	Uso Pesado	NR	SBR	CR	NBR/PV C	CPE	CR	NBR/PV C	CSPE	CP E	
Resistencia a la tracción, inicial, mínimo MPa	10,3	9,7	9,7	10,3	12,4	24,1	12,4	10,3	10,3	10,3	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4
Alargamiento a la rotura, inicial, mínimo, %	100	350	150	350	350	500	300	250	250	250	300	300	300	300	300
Resistencia a la tracción al 200% de alargamiento, Mpa	—	—	6,9**	—	2,8	3,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Alargamiento permanente máximo, %	—	—	—	—	—	15	20	20	20	20	35	20	30	30	30
Retención, mínimo %, de:															
Resistencia a la tracción	85	75	85	75	75	17,2**	11,0**	50	50	50	55	50	50	85	85
Alargamiento	60	75	50	75	75	400**	300**	50	50	50	55	50	50	85	85
Después de envejecimiento en horno de aire a:															
°C±1°C	100	100	121	121	121	70	70	100	100	100	100	100	100	100	100
Durante horas	120	48	168	168	168	96	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Retención, mínimo %, de:															
Resistencia a la tracción	80	—	60	75	75	—	—	60	60	60	60	60	60	60	60
Alargamiento	60	—	60	75	75	—	—	60	60	60	60	60	60	60	60
Después de inmersión en aceite a:															
°C±1°C	70	—	100	70	70	—	—	121	121	121	121	121	121	121	121
Durante horas	4	—	18	4	4	—	—	18	18	18	18	18	18	18	18
Deformación por calor, Máximo %															
a °C±1°C	50	—	25	25	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Choque térmico a 121±1°C	121	—	121	121	121	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Doblado en frío después de 1 hora a	Sin grietas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
°C ± 2°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Requisito:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Prueba de agrietamiento ambiental	—	Sin grietas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Coefficiente mínimo de absorción, milésimas (absorción/metro)	—	320*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* En lugar de hacer ensayos sobre cubiertas de cables terminados, la certificación del fabricante de Polietileno de que éste requisito ha sido cumplido, es suficiente.

** Estos son los valores mínimos de resistencia a la tracción y alargamiento, después del envejecimiento, no son porcentajes de retención.

7.2.4.3 Cubiertas metálicas y materiales complementarios

Esta sección cubre los requerimientos para las cubiertas metálicas opcionales y los materiales complementarios recomendados para usar cuando existan condiciones normales de instalación y servicio de cables de control. Cuando existan condiciones no usuales, puede ser necesario efectuar modificaciones. Estas condiciones deben ser definidas antes de que el diseño del cable haya sido concluido. Cuando se efectúen los ensayos de acuerdo con los métodos adecuados de la ICEA T 27 581/NEMA WC 53, las cubiertas metálicas deben satisfacer los requisitos señalados aquí.

7.2.4.3.1 Tipos de Cubiertas Metálicas

Están definidos los siguientes tipos de cubiertas metálicas:

- a. Armadura de cinta metálica entrelazada (Interlocked) (Véase 7.2.4.3.3)
- b. Armadura de alambres de acero galvanizado (Véase 7.2.4.3.4)
- c. Armadura de cinta metálica plana (Véase 7.2.4.3.5)
- d. Armadura metálica continua corrugada (Véase 7.2.4.3.6)

7.2.4.3.2 Envoltura del núcleo para cables sin pantalla y sin cubierta, con armadura metálica.

Una envoltura de cinta, malla o yute u otro material, o las combinaciones de ellos, será aplicada sobre el núcleo de los cables sin cubierta para actuar como un asentamiento de protección. Si se usan varias capas, ellas deberán aplicarse alternadamente.

7.2.4.3.3 Armadura de cinta metálica entrelazada (interlocked)

Esta sección cubre la cinta plana metálica usada para la armadura entrelazada (interlocked). Todos los ensayos serán hechos previamente a la aplicación de la cinta al cable.

7.2.4.3.3.1 Material de la cinta

La cinta plana metálica será una de las siguientes:

1. Cinta plana de acero desnudo o cubierta con zinc (galvanizada) en bobinas para ser usada como armadura plana de cables eléctricos. La capa de zinc será aplicada bien por método de inmersión en caliente o por proceso de electro-galvanización tal que toda las superficies de la cinta terminada, sean cubiertas, incluyendo los bordes. La cinta deberá cumplir con los requerimientos dados en 7.2.4.3.3.4.
2. Cintas metálicas no magnéticas, como las de aluminio, latón, bronce, zinc, ambrac*, monel*, y acero inoxidable.

Valores típicos de la resistencia a la tracción y de alargamiento están dados en el Apéndice C con propósito informativo solamente.

* Nombres registrados. La indicación de éstos materiales no implica ninguna garantía por parte de ésta especificación.

7.2.4.3.3.2 Ancho

Se permitirá que el ancho de la cinta sea menor pero no mayor que el valor especificado en la tabla 7.9. Para cualquier ancho de cinta metálica usada, la tolerancia en el ancho no será mayor de + 0.254 mm y - 0.127 mm, excepto para el aluminio, para el cual se permite ± 0.254 mm.

Tabla 7.9 Ancho de la Cinta Metálica para Armadura Entrelazada (INTERLOCKED)

Diámetro calculado del cable bajo la armadura*	Ancho máximo de la cinta metálica
mm	mm
12,7 y menor	12,7
12,8 – 25,4	19,1
25,5 – 50,8	22,2
50,9 y mayor	25,4
* Para cables planos, el ancho máximo será determinado en función de la dimensión mayor calculada para el núcleo.	

7.2.4.3.3.3 Espesor

El espesor promedio de la cinta de metal debe ser el especificado en la tabla 7.10. Para cualquier espesor de cinta de metal a ser utilizado, la tolerancia en el espesor de una cinta individual no será de más de $\pm 0,076$ mm. El espesor de la cinta galvanizada no será mayor en un 20% que el espesor de esa misma cinta después de removido el recubrimiento. La tolerancia en el espesor de la cinta arriba indicado aplica también a la cinta con el recubrimiento removido.

Tabla 7.10 Espesor de la Cinta Metálica para Armadura Entrelazada (INTERLOCKED)

Diámetro calculado del cable bajo la armadura*	Ambrac** Latón, Acero inoxidable, Bronce y Monel*	Aluminio y Zinc	Acero Desnudo Y Galvanizado
mm	Mm	Mm	mm
25,4 y menor	0,51	0,64	0,51
25,5 – 38,1	0,51	0,64	0,51
38,1 y mayor	0,64	0,76	0,64
* Para cables planos, el espesor será determinado en función de la dimensión mayor calculada para el núcleo.			
** Nombres registrados – La indicación de estos materiales no implica ninguna garantía; mejor dicho, se han señalado por ser materiales típicos de obtención comercial al momento de imprimir esta especificación.			

7.2.4.3.3.4 Requisitos para la cinta de acero y de acero galvanizado

7.2.4.3.3.4.1 Resistencia a la tracción y alargamiento

La cinta galvanizada o no, tendrá una resistencia a la tracción no menor de 276 MPa ni mayor de 483 MPa. La resistencia a la tracción será determinada en probetas longitudinales que comprendan el ancho total de la cinta cuando sea practico o sobre un corte recto del centro de la cinta. La cinta tendrá alargamiento no menor del 10 % en una muestra de 254 mm. El alargamiento es incremento permanente en la longitud de una sección marcada sobre la cinta original de 254 mm de largo y será calculada después que la probeta se haya fracturado. Todos los ensayos deberán ser hechos antes de que la cinta se aplique al cable.

7.2.4.3.3.4.2 Ensayos del galvanizado

a) Peso de la capa de Zinc

El peso de la capa de Zinc será determinado antes de aplicar la cinta al cable. La capa de zinc de la cinta tendrá un peso mínimo de 106.8 gr/m² de superficie expuesta. El peso especificado del recubrimiento es el de ambas caras y bordes y será determinado de acuerdo al método descrito en ASTM A 90.

b) Adherencia del recubrimiento

La capa de zinc debe permanecer adherida sin formar escamas o descascararse cuando la cinta sea sometida a un doblaje de 180 grados sobre un mandril de 3.18 mm de diámetro. Se considera que la capa de zinc cumple con este requerimiento si, cuando la cinta es doblada sobre el mandril especificado, la capa no suelta escamas u hojuelas y no pueda desprenderse de la cinta por frotamiento con los dedos.

La pérdida o separación de pequeñas partículas superficiales de zinc formadas por pulido mecánico durante el ensayo de adherencia, no constituye falla de la muestra.

7.2.4.3.4 Armadura de alambres de acero galvanizado.

Esta sección cubre los alambres de acero de bajo carbono, galvanizado con capa de zinc para ser usados como armadura de alambres. El alambre de acero debe cumplir con los requisitos de ASTM A 411, antes del proceso de armado. El peso de la capa de zinc debe cumplir con lo indicado en la tabla 7.11.

Tabla 7.11 Peso mínimo de la capa de zinc en alambres para armadura

Diámetro Nominal del Alambre Incluyendo la Capa de Zinc	Calibre Nominal del Alambre	Peso de la Capa de Zinc por Unidad Superficie Expuesta de Alambre
mm	BWG	gr/m ²
0,559	24	91,54
0,711	22	91,54
0,889	20	122,1
1,24	18	122,1
1,65	16	152,6
2,11	14	183,1

7.2.4.3.4.1 Calibre de la armadura

El calibre nominal de los alambres de la armadura debe cumplir con lo establecido en la tabla 7.12

Tabla 7.12 Calibre de alambres de acero galvanizado para armadura

Diámetro calculado del cable bajo la armadura o asiento de armadura*			Tamaño Nominal del Alambre	
mm			BWG	mm
6,35	ó	menor	24	0,559
6,36	a	8,89	22	0,711
8,90	a	12,70	20	0,889
12,71	a	17,02	18	1,24
17,03	a	22,86	16	1,65
22,87	a	30,48	14	2,11
30,49	y	mayor	Consultar al fabricante	
Para cables planos, el tamaño del alambre será determinado en función de la dimensión mayor calculada para el núcleo.				

7.2.4.3.4.1.1 Tolerancia para el diámetro del alambre

Las tolerancias para los diámetros de los alambres galvanizados deben ser las indicadas en la tabla 7.13.

Tabla 7.13 Tolerancias para los diámetros de los alambres de acero galvanizado

Diámetro del Alambre	Tolerancia
mm	mm
0,51 a 1,63	± 0,051
1,64 y mayor	± 0,076

7.2.4.3.4.1.2 Cubrimiento

El número de alambres usados en una capa sobre cualquier núcleo dado debe ser ajustado para obtener un cubrimiento no menor del 85% (Véase numeral 7.2.4.1.5)

7.2.4.3.4.2 Longitud del paso de la armadura de alambres

La longitud del paso de la armadura de alambres no debe ser menor de 7 veces ni mayor de 12 veces el diámetro medio de la armadura.

El "paso" Se define de la manera siguiente: "el paso de cualquier elemento helicoidal de un cable es la longitud axial de una vuelta de la hélice que forma ese elemento"

El "diámetro medio" Se define como el diámetro del núcleo bajo armadura mas el diámetro de un alambre de la armadura. Si el alambre es aplicado sobre un asiento (Véase numeral 7.2.4.3.2), la armadura y el asiento deben ser aplicadas en direcciones opuestas.

7.2.4.3.5 Armadura de cinta metálica plana

Esta sección cubre la cinta metálica plana para usar como armadura plana. Todos los ensayos deben ser hechos antes de aplicar la cinta al cable.

7.2.4.3.5.1 Material de la cinta

Véase numeral 7.2.4.3.3.1

7.2.4.3.5.2 Ancho

El ancho nominal de la cinta metálica puede ser menor, pero no mayor, de los valores dados en la tabla 7.14. Para anchos nominales de 25,4 mm o menor, la tolerancia en el ancho de una cinta en particular, debe ser $\pm 0,76$ mm. Para anchos nominales mayores de 25,4 mm, la tolerancia en el ancho de una cinta en particular, debe ser $\pm 1,14$ mm.

Tabla 7.14 Ancho de la cinta metálica para armadura plana

Diámetro calculado del cable bajo la armadura o asiento de armadura*	Ancho Máximo de la Cinta Metálica
mm	mm
11,43 o menor	19,05
11,44 a 25,40	25,40
25,41 a 35,56	31,75
35,57 a 50,80	38,10
50,81 a 88,90	50,80
88,91 y mayor	76,20
*Para cables planos, el ancho máximo de la cinta será determinado en función de la dimensión mayor calculada para el núcleo	

7.2.4.3.5.3 Espesores

El espesor de la cinta metálica, para metales distintos del acero, no está especificado y debe ser acordado entre el usuario y el fabricante. El espesor de la cinta de acero debe ser el señalado en la tabla 7.15.

Tabla 7.15 Espesor nominal de la cinta de acero (desnuda o con capa de zinc)

Diámetro calculado del cable bajo la armadura o asiento de armadura	Espesor nominal de la cinta
mm	mm
25,40 o menor	0,51
25,41 y mayor	0,76

7.2.4.3.5.4 Aplicación, paso y abertura

Una o dos cintas serán aplicadas helicoidalmente sobre el asiento (Véase numeral 7.2.4.3.2). Cuando se apliquen dos cintas y la sección transversal total de los conductores sea de 25.34 mm² o mayor, las dos cintas deben ser aplicadas en la misma dirección.

Cuando la cinta externa es aplicada en la misma dirección de la interna, la cinta externa debe estar aproximadamente centrada sobre los topes o sobre la abertura de la cinta interna. La abertura máxima entre las vueltas no debe exceder del 20% del ancho de la cinta o 5.08 mm, lo que sea mayor.

Cuando sea requerido, se debe aplicar a las cintas desnudas, un compuesto anticorrosivo.

7.2.4.3.6 Armadura metálica corrugada continua

Esta sección cubre la armadura metálica corrugada continua. La armadura metálica esta formada por una cinta metálica plana aplicada longitudinalmente sobre el núcleo del cable, soldando el tope de los bordes para posterior corrugación. Otro método es el de aplicar al núcleo del cable una cubierta sin costura o tubo el cual es entonces corrugado.

7.2.4.3.6.1 Tipo de metal

Cuando la armadura esté formada por cinta plana, la cinta a usar puede ser de aluminio, cobre, acero, o las aleaciones de ellos.

Cuando la armadura sea de una cubierta continua o tubo sin costura, el material debe ser de aluminio o de una aleación de aluminio.

7.2.4.3.6.2 Espesores

El espesor mínimo de la cinta o de la cubierta o tubo antes de la corrugación, debe estar de acuerdo a lo indicado en la tabla 7.16.

Tabla 7.16 Espesor mínimo de metal para armadura corrugada

Diámetro calculado del cable bajo la armadura	Aluminio	Cobre	Acero
mm	mm		
55,37 o menor	0,56	—	—
55,38 a 81,03	0,74	—	—
81,04 a 106,7	0,86	—	—
60,07 o menor	—	0,43	—
60,08 a 90,04	—	0,53	—
90,05 a 106,7	—	0,64	—
48,39 o menor	—	—	0,41
48,40 a 77,47	—	—	0,51
77,48 a 106,7	—	—	0,61

7.2.4.3.6.3 Flexibilidad

El cable armado debe ser capaz de ser doblado sobre un mandril de 14 veces su diámetro. La armadura no debe mostrar evidencia de fractura visible al ojo normal. El ensayo debe ser realizado de acuerdo con el procedimiento dado en la parte 6.

7.2.4.3.6.4 Protección contra la corrosión

Cuando sea requerido, se debe aplicar a la armadura, una capa protectora contra la corrosión.

El fabricante del cable debe ser consultado sobre las recomendaciones para la protección contra la corrosión. (Esta cláusula ha sido aprobada por NEMA como información de ingeniería autorizada).

7.2.4.3.7 Cubierta Termoplástica o Termoestable sobre Armadura Metálica

Las cubiertas termoplásticas o termoestables, cuando sean usadas, serán extruídas directamente sobre la armadura metálica o sobre un separador opcional o cinta de amarre localizada entre la armadura y la cubierta externa. La cubierta externa y la cinta, deben ajustarse al núcleo. Las cubiertas deben ser de uno de los tipos dados en el numeral 7.2.4.2 y deben cumplir con los requisitos de este numeral excepto que el espesor debe corresponderse con el dado en el numeral 7.2.4.3.7.1.

7.2.4.3.7.1 Espesores

El espesor promedio de la cubierta no debe ser menor que el dado en la tabla 7.17. El espesor mínimo en cualquier punto de debe ser menor del 70% del valor especificado. Los espesores mínimo y máximo de la cubierta deben ser determinados de acuerdo al método descrito en el numeral 7.2.6.11.

Tabla 7.17 Espesor de la cubierta sobre armadura metálica

Diámetro del Cable sobre Armadura	Espesor	
	Armadura Entrelazada (Interlocked) ó Corrugada	Todos los otros tipos de Armadura
mm	mm	mm
10,80 o menor	1,02	1,27
10,81 a 38,10	1,27	1,65
38,11 a 57,15	1,52	2,03
57,16 a 76,20	1,91	2,41
76,21 y mayor	2,16	2,79

7.2.4.3.7.2 Inspección de irregularidades

Las cubiertas no deben tener irregularidades de acuerdo a lo que se determine por medio del procedimiento de inspección de irregularidad de cubierta, numeral 3.8 de ICEA T 27 581/NEMAWC 53. Los métodos que deben ser usados, son:

METODO A	METODO B	METODO C
Goma de Cloropreno (Neopreno) (CR) Elastómero Termoplástico (TPE)	Goma Natural (NR) Goma de Estireno Butadieno (SBR) Polietileno Clorinado Termoplástico (CPE) Goma Nitrilo-Butadieno / Cloruro de Polivinilo (NBR / PVC) Polietileno Clorosulfonado (CSPE)	Cloruro de Polivinilo (PVC) Polietileno (PE) Polietileno Clorinado Termoestable (CPE)

PARTE 5 CABLEADO, RELLENOS E IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES

7.2.5.1 Cableado de cables multiconductores

7.2.5.1.1 Cables redondos

La longitud del paso de cableado de los conductores individuales o grupos en la capa externa de los cables, no debe exceder de los factores dados en la tabla 7.18. Cuando hay mas de una capa de conductores o grupos, las capas internas deben tener un paso no mayor al que tienen los elementos de la capa externa a menos que la capa interna consista de solo un conductor o grupo.

La dirección de cableado puede ser cambiada a intervalos a lo largo de la longitud de cable. Los intervalos pueden no ser uniformes. En un cable en el cual se invierte la dirección de cableado:

- a. Cada tramo en el cual la dirección de cableado sea a la derecha o a la izquierda por un mínimo de cinco rotaciones completas (ciclos completos de 360°) debe tener los conductores o grupos cableados con una longitud de paso no mayor que los valores calculados basándose en los factores dados en la tabla 7.18.
- b. La longitud de cada zona de transición (sección oscilante) entre los tramos de dirección a la derecha y a la izquierda no excederá de 1,8 veces los valores máximos de longitud de paso de cableado calculados basándose en los factores dados en la tabla 7.18.
- c. La longitud del paso de cableado de los conductores o grupos será determinada midiendo, en forma paralela al eje longitudinal del cable, el paso de cada convolución sucesiva de uno de los conductores o grupos. Donde se invierte la dirección de paso, el comienzo y terminación del tramo de inversión será definido en cualquiera de los extremos de la última convolución que no exceda el requerimiento de máxima longitud de paso en cualquiera de los dos lados del tramo de inversión.

Si en un cable formado por varias capas de conductores o grupos no se invierte la dirección del cableado, la dirección de cableado de la capa exterior de conductores o grupos será a la izquierda y la dirección de cableado de las capas internas dependerá de las características de la máquina de cableado.

Si la dirección de cableado de un cable de una sola capa no se invierte, la dirección de cableado de los conductores o grupos será a la izquierda.

La dirección de cableado a la izquierda se define como la rotación en sentido contrario a las agujas de reloj al alejarse del observador.

7.2.5.1.2 Cables bipolares planos

Los cables bipolares planos consisten de dos conductores puestos paralelos.

7.2.5.2 Rellenos

Deben usarse rellenos en los intersticios de los cables redondos cuando es necesario dar al cable completo una sección transversal, sustancialmente circular.

7.2.5.3 Amarres

Una cinta de separación o de amarre puede ser usada bajo la cubierta general.

7.2.5.4 Identificación de los conductores

Cuando sea requerido, los conductores deberán ser identificados por métodos adecuados. Véase el Apéndice E para recomendaciones sobre estos métodos.

Tabla 7.18 Factores para la longitud máxima del paso

Número de Conductores ó grupos en el Cable	Factor de multiplicación basado en el diámetro calculado
2	30 veces el diámetro del mayor conductor ó grupo.
3	35 veces el diámetro del mayor conductor ó grupo.
4	40 veces el diámetro del mayor conductor ó grupo.
5 ó más	15 veces el diámetro al nivel de cableado

PARTE 6 ENSAYOS Y MÉTODOS DE ENSAYO

7.2.6.1 Ensayos generalidades

Todos los alambres y cables deben ser probados en fabrica de acuerdo con la parte 6 para determinar su cumplimiento con los requisitos dados en las partes 2, 3, 4 y 5. Cuando haya un conflicto entre los métodos de ensayo dados en la parte 6 y los de las publicaciones de otras organizaciones aquí referenciadas, se debe aplicar lo estipulado en la parte 6.

7.2.6.2 Métodos de ensayos para el conductor

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53 y la NORMA COVENIN para conductores.

7.2.6.3 Medidas de espesores de aislamientos y cubiertas no metálicas

Véase ICEA T-27-581 / NEMA WC 53

7.2.6.4 Ensayos físicos y de envejecimiento para aislamientos y cubiertas

7.2.6.4.1 Tamaño y preparación de las muestras

Las muestras para los ensayos deben ser de longitud adecuada, no deben tener incisiones en su superficie y deben estar libres, tanto como sea posible, de otras imperfecciones.

Para alambres aislados, las muestras para ensayos deben tomarse antes de aplicar cualquier cubierta adicional, y debe contener la sección completa del aislamiento. Véase el numeral 7.2.3.3.7 para aislamientos compuestos. Las muestras no deben ser cortadas longitudinalmente.

Excepción: si no es posible obtener la muestra antes de aplicar cualquier cubierta adicional, la muestra será tomada después de la aplicación de la cubierta pero asegurándose que esta pueda ser retirada sin dañar el aislamiento.

Las muestras para ensayos sobre compuestos para cubiertas serán tomadas del alambre o cable completo y cortadas paralelas al eje del alambre o cable. La muestra para ensayo debe ser de un corte adecuado o una muestra preformada cortada con dado y deberá tener una sección transversal no mayor de 16 mm² después que las irregularidades, corrugaciones, y cuerdas de refuerzo o alambres, hayan sido retirados.

7.2.6.4.2 Calculo del área de las muestras de ensayos

7.2.6.4.2.1 Cuando se use la sección transversal total del aislamiento, el área debe tomarse como la diferencia entre el área del círculo cuyo diámetro es el diámetro promedio externo del aislamiento y el área del conductor. El área de un conductor cableado debe calcularse sobre la base de su diámetro máximo.

7.2.6.4.2.2 Cuando se use una tajada cortada del aislamiento por medio de un cuchillo mantenido tangente al alambre y cuando la sección transversal de la tajada sea la sección transversal de un segmento de círculo, el área será calculada como la de un segmento de círculo con diámetro igual al del aislamiento. La altura del segmento es el espesor de aislamiento del lado donde se hizo el corte. (Los valores pueden

obtenerse de una tabla que de áreas de segmentos de un círculo unitario para la relación de altura del segmento al diámetro de círculo.)

*(Esta cláusula ha sido aprobada por NEMA como información de ingeniería autorizada).

Cuando la sección transversal de la tajada no es un segmento de círculo, el área debe ser calculada de la medida directa del volumen o de gravedad específica y el peso de una muestra de longitud conocida que tenga una sección uniforme.

7.2.6.4.2.3 Las dimensiones de las muestras para los ensayos de envejecimiento, deben ser determinadas antes de los ensayos.

7.2.6.4.3 Procedimientos para los ensayos físicos

Los ensayos físicos de muestras no envejecidas y envejecidas deben efectuarse aproximadamente al mismo tiempo.

7.2.6.4.3.1 Temperatura de ensayo

Los ensayos físicos deben realizarse a temperatura ambiente. Las muestras deben mantenerse a temperatura ambiente por no menos de treinta minutos previos al ensayo.

7.2.6.4.3.2 Tipo de la maquina de ensayo.

La maquina de ensayo debe estar de acuerdo con ASTM D 412.

7.2.6.5 Ensayo de resistencia a la tracción

El ensayo de resistencia a la tracción debe ser hecho en muestras preparadas de acuerdo a los numerales 7.2.6.4.2 y 7.2.6.4.3. La longitud debe ser la misma para todas las muestras. Las muestras deben tener una longitud de 114 mm ó 152 mm. Los troqueles C ó D de ASTM D 412 deben usarse con muestras de al menos 114 mm de largo con las marcas de calibración separadas 25 mm. Los troqueles B ó E de ASTM D 412 deben usarse con muestras de al menos 152 mm de largo con las marcas de calibración separadas 50 mm con la excepción de que para polietileno la separación debe ser de 25 mm independiente del tamaño de la muestra.

El área de la sección transversal entre las marcas debe determinarse de acuerdo al numeral 7.2.6.4.2. Las mordazas de la maquina de ensayos para muestras de 152 mm de largo deben separarse 102 mm y para las muestras de 114 mm, la separación debe ser de 64 mm. La muestra debe estirarse a razón de 510 mm / min. ± 51 mm / min. (velocidad de las mordazas) hasta que ocurra la rotura. La determinación de la resistencia a la tracción y del alargamiento en compuestos de polietileno para los cuales el fabricante de dichos compuestos certifica que el contenido de resina base es mayor del 50% en peso de polietileno de alta densidad (compuestos de densidad $0.926 \text{ mg} / \text{m}^3$ o mayor), se permite que la velocidad de separación de las mordazas sea de 51 mm / min. Como una alternativa a los 510 mm / min. La resistencia a la tracción debe ser calculada en base a lo establecido en ASTM D 412. Las muestras deben romper entre las marcas y la resistencia a la tracción se calcula en base al área de la muestra no estirada. El largo de la muestra, la distancia entre las marcas y la velocidad de las mordazas deben ser registradas junto con los resultados.

7.2.6.6 Resistencia a la tracción.

El ensayo de resistencia a la tracción debe ser hecho conjuntamente con el de resistencia a la tracción registrando la carga cuando las marcas de calibración indiquen que la muestra ha alcanzado el alargamiento prescrito. La resistencia a la tracción debe calcularse de acuerdo con ASTM D 412.

7.2.6.7 Ensayo de Alargamiento

El alargamiento a la rotura debe determinarse simultáneamente con el ensayo de resistencia a la tracción sobre la misma muestra. El alargamiento es la distancia entre las marcas de calibración al momento de la rotura menos la distancia entre dichas marcas en la muestra original. El porcentaje de alargamiento a la rotura es el alargamiento dividido entre la distancia original de las marcas de calibración multiplicando el resultado por 100.

7.2.6.8 Ensayo de alargamiento permanente

Este ensayo debe hacerse en muestras de 152 mm de largo, con marcas de calibración a 51 mm y estiradas de acuerdo al numeral 7.2.6.6 hasta que las marcas estén 152 mm separadas. La muestra debe mantenerse tensa durante 5 segundos al alcanzar las marcas la separación indicada y luego soltarse. La distancia entre las marcas debe medirse 1 minuto después que ha cesado la tensión. El alargamiento permanente es la diferencia entre esta distancia y la distancia original entre marcas, expresado como un porcentaje respecto a la separación inicial de 51 mm.

7.2.6.9 Ensayos de envejecimiento

7.2.6.9.1 Muestras para los ensayos

Las muestras para los ensayos, de tamaño y forma similares, deben prepararse de acuerdo al numeral 7.2.6.4.1. Cuando se use la sección completa del aislamiento, debe retirarse el conductor. Debe evitarse el envejecimiento simultáneo de diferentes compuestos.

Las muestras deben suspenderse verticalmente sin que se toquen entre sí ni toquen las paredes del horno. Las muestras envejecidas deben tener un periodo de reposo a temperatura ambiente no menor de 16 horas ni mayor de 96 horas para efectos de realizar los ensayos de resistencia a la tracción y alargamiento.

7.2.6.9.2 Ensayo de envejecimiento en horno de aire

La muestra debe ser calentada a la temperatura requerida durante el tiempo especificado en un horno con circulación forzada de aire fresco. La temperatura del horno debe ser controlada con un margen de $\pm 1^\circ\text{C}$ y registrada continuamente.

7.2.6.9.3 Ensayo de inmersión en aceite

Las muestras deben sumergirse en aceite ASTM # 2 (descrito en la tabla 1 de ASTM D 471) durante el tiempo y temperatura especificados. Al final del periodo, las muestras se extraen del aceite y se secan suavemente con papel dejándolas reposar a temperatura ambiente durante $4 \pm \frac{1}{2}$ horas antes de realizar los ensayos de resistencia a la tracción y alargamiento. Los cálculos de la resistencia a la tracción deben basarse en la sección transversal de la muestra obtenida antes de la inmersión en aceite. El alargamiento se basa en las marcas de calibración hechas a las muestras antes de la inmersión en aceite.

7.2.6.9.4 Alargamiento en caliente

Véase ICEA T 28 562

7.2.6.9.5 Deformación térmica para los conductores aislados

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53

7.2.6.9.6 Deformación térmica de cubiertas termoplásticas

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53

7.2.6.9.7 Choque térmico para cubiertas termoplásticas

Una muestra de cable con cubierta debe ser enrollada sobre un mandril de diámetro dado en la tabla 7.19. La muestra debe mantenerse firmemente en su sitio y sometida a una temperatura de $121^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ durante 1 hora. Al final del periodo, la muestra debe ser examinada para constatar o no, la presencia de grietas en la cubierta.

Tabla 7.19 Diámetro del mandril para el ensayo de choque térmico de las cubiertas

Diámetro Externo del cable mm	Número de vueltas Adyacentes	Factor de multiplicación para determinar el diámetro del mandril en función del diámetro externo del cable
19,05 y menor	6	3
19,06 a 38,10	Un dobléz a 180°	8
38,11 y mayor	Un dobléz a 180°	12

7.2.6.9.8 Ensayo de enrollamiento para cubiertas de nylon

La muestra con cubierta de nylon de conductores aislados se toma de un cable terminado y se enrolla cuatro vueltas sobre un mandril metálico liso de diámetro no mayor de seis veces el diámetro de la muestra. Los extremos de la muestra deben asegurarse al mandril para que cuatro vueltas completas sean expuestas al aire entre los extremos asegurados. La muestra y mandril son suspendidos durante 24 horas en un horno de aire circulante a temperatura de $95^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Cumplido el periodo, la muestra y mandril se extraen del horno enfriándolos durante 1 hora en un secador de silicagel o equivalente a temperatura ambiente. La muestra debe enderezarse inmediatamente después que se extrae del secador, examinándose para constatar o no, la presencia de grietas superficiales.

7.2.6.10 Ensayo de resistencia al ozono

Este ensayo debe ser hecho de acuerdo con ASTM D 470. La concentración de ozono debe ser de 0,025% a 0,030 % en volumen.

7.2.6.11 Espesores de las cubiertas

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53

7.2.6.12 Agrietamiento ambiental

El ensayo debe ser hecho de acuerdo con ASTM D 1693 condición I.

7.2.6.13 Coeficiente de absorción

El coeficiente de absorción de los compuestos para cubiertas debe realizarse de acuerdo con ASTM D 3349. absorción acelerada de agua

7.2.6.14 Absorción acelerada de agua

7.2.6.14.1 Generalidades

El ensayo debe realizarse sobre uno de los conductores aislados extraído de un cable completo retirándole todas las cubiertas que tenga sobre el aislamiento. En el caso de aislamientos compuestos, el ensayo se realiza con ambas capas aislantes en su sitio. (Véase numeral 7.2.3.3.7).

Los conductores aislados que tengan un separador no conductivo entre el aislamiento y el conductor o que tengan una cubierta que no pueda ser retirada sin dañar el aislamiento, no serán probados. En este caso, un conductor de calibre 22 AWG a 16 AWG que tenga el mismo aislamiento y el mismo espesor aplicable al voltaje nominal, debe ser probado.

La longitud de las muestras para el ensayo por el método eléctrico es de 457 cm y de 28 cm por el método gravimétrico.

7.2.6.14.2 Método Eléctrico (EM-60)

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53. El aislamiento reticulado debe probarse después de 48 horas o más de haber sido reticulado.

Los aislamientos termoplásticos se prueban en cualquier momento después de extruídos.

Capacitancia: Véase ICEA T-27-581/NEMAWC 53

Factor de estabilidad: véase ICEA T-27-581/NEMAWC 53

Permitividad (SIC): la permitividad del aislamiento a 60 Hz debe calcularse como sigue:

Permitividad = $13600 \cdot \log_{10}(D/d)$, donde:

C = capacitancia en microfaradios para 3,048 m

D = diámetro sobre aislamiento

d = diámetro bajo aislamiento

7.2.6.14.3 Método Gravimétrico

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53

7.2.6.15 Doblado en frío

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53. El diámetro del mandril debe estar de acuerdo con lo indicado en la tabla 720.

Tabla 7.20 Diámetro del mandril para el ensayo de doblado en frío de alambres y cables

Diámetro Externo del cable mm	Factor de multiplicación para determinar el diámetro del mandril en función del diámetro externo del cable
20,32 y menor	8
20,33 y mayor	10

7.2.6.16 Ensayo de llama

7.2.6.16.1 Tipo A

7.2.6.16.1.1 Aparato

El aparato de ensayo consiste en lo siguiente:

- Una cámara de placas metálicas de 305 mm de ancho, 355 mm de profundidad y 610 mm de altura, abierta por su parte superior y provista de soportes para sostener la muestra por su parte superior y en posición vertical.
- Medios para ajustar la posición de la muestra de ensayo.
- Un sistema adecuado para mantener la muestra de ensayo de manera tensa
- Un quemador Tirril con encendedor piloto, montado sobre un bloque con inclinación de 20 grados. El quemador debe tener un hueco de 9,5 mm y longitud de aproximadamente 100 mm por encima de la entrada principal de aire.
- Un ángulo de acero ajustable montado en la base de la cámara para asegurar la correcta localización del quemador en relación con la muestra de ensayo.
- Gas (una fuente de gas de iluminación a presión normal)
- Reloj con manecilla que haga una vuelta completa por minuto.
- Indicadores de llama consistentes de tiras de papel kraft engomadas de espesor 0,127 mm y ancho de 13 mm.*

i. Algodón quirúrgico no tratado.

* el papel usado para los indicadores es el denominado de 60 libras y es sustancialmente el mismo descrito en la especificación federal UU-T-111 como cinta de envoltura, papel, engomado(kraft). (Este párrafo ha sido aprobado por NEMA como información de ingeniería autorizada).

7.2.6.16.1.2 Preparación

El ensayo debe ser hecho en un local que generalmente esté libre de corrientes de aire, aunque una campana ventilada puede usarse si las corrientes de aire no afectan la llama. Un extremo de la probeta de aproximadamente 559 mm de largo debe fijarse en posición vertical con un medio adecuado para mantener la probeta tensada. Un indicador de papel debe colocarse a la probeta de tal modo que el borde inferior esté 254 mm por encima del punto en el cual el cono azul interno de la llama de ensayo sea aplicado. El indicador debe enrollarse una vez alrededor de la probeta, con el lado engomado hacia el conductor. Los extremos deben pegarse uniformemente y proyectarse 19,0 mm desde la probeta hacia el lado opuesto al de aplicación de la llama. El apéndice de papel debe humedecerse solo lo necesario para permitir la adhesión. La altura de la llama con el quemador vertical debe ajustarse a 127 mm, con un cono azul interno de 38,1 mm de altura. La temperatura en el tope del cono azul interior de la llama no será menor de 836 °C. Una capa plana y horizontal de algodón quirúrgico seco no tratado debe colocarse en el piso de la cámara y centrada debajo de la probeta. La parte superior del algodón del piso no debe estar más de 240 mm debajo del punto en el cual el cono azul interno de la llama toca la superficie del cable.

7.2.6.16.1.3 Procedimiento

El quemador, únicamente con el piloto encendido, se coloca enfrente de la probeta de tal modo que el plano vertical a través del eje del quemador, incluya el eje del alambre o cable.

Se ajusta el bloque de tal forma que la distancia entre el extremo del eje del quemador y la superficie de la muestra sea de 38 mm. Se abre la llave encendiéndose el gas para así aplicar automáticamente la llama a la probeta. La llave debe permanecer abierta durante 15 segundos, se cierra durante al menos 15 segundos, nuevamente se abre y se cierra consecutivamente hasta completar un ciclo de cinco aplicaciones de llama de 15 segundos. La llama no debe aplicarse hasta no se extinga la llama en la muestra por propia cuenta durante cada aplicación de la llama y de ser necesario, se debe ajustar la posición del quemador o de la muestra, de tal forma que el extremo del cono azul de la llama apenas toque la superficie de la muestra.

7.2.6.16.2 Tipo B

7.2.6.16.2.1 Aparato

Véase numeral 7.2.6.16.1.1, con la excepción del punto j

7.2.6.16.2.2 Preparación

Véase numeral 7.2.6.16.1.2, con la excepción de lo referente a la capa de algodón.

7.2.6.16.2.3 Procedimiento

Véase numeral 7.2.6.16.1.3, con la excepción de que la llave del gas debe cerrarse durante 15 ± 0 segundos después de cada aplicación, abriéndose para la reaplicación de la llama a la muestra, independientemente de que esta esté encendida o no.

7.2.6.17 Ensayos de tensión

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53. La tensión debe ser aplicada entre cada conductor aislado y todos los demás, quienes junto a cualquier cubierta metálica, pantalla metálica o armadura metálica, deben conectarse a tierra.

7.2.6.17.1 Ensayo de Tensión Alterna

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53.

7.2.6.17.2 Ensayo de Tensión Continua

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53. Este ensayo debe realizarse después de haber hecho el ensayo de resistencia de aislamiento.

7.2.6.17.3 Ensayo de Chispa con Corriente Alterna

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53.

7.2.6.18 Resistencia de aislamiento

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53.

7.2.6.18.1 Determinación Del Factor De Corrección por Temperatura para la Resistencia de Aislamiento

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53.

7.2.6.19 Resistividad superficial específica

Véase ICEA T-27-581/NEMA WC 53.

7.2.6.20 Continuidad de la pantalla

La continuidad de la pantalla debe determinarse mediante cualquier método adecuado. Por ejemplo, un zumbador de baja tensión, un circuito de luz o por medida de resistencia, son métodos que pueden usarse.

7.2.6.21 Aislamiento de la pantalla.

El aislamiento de la pantalla debe determinarse usando uno de los métodos expuestos a continuación:

- a. Método de la resistencia de aislamiento: usando el aparato descrito en ICEA T-27-581/NEMA WC 53, la resistencia de aislamiento debe medirse entre cada pantalla y las otras junto con cualquier conductor desnudo, conectadas a tierra.
- b. Método dieléctrico: usando el aparato descrito en ICEA T-27-581/NEMA WC 53, la tensión correspondiente será aplicada durante 1 minuto entre cada pantalla y las otras junto con cualquier conductor desnudo, conectadas a tierra.

7.2.6.22 Retención de la resistencia dieléctrica.

Se cortan de un carrete o rollo, 20 muestras cada una de al menos 1,5 m de longitud.

Diez muestras identificadas se sumergen en agua durante 14 días a la temperatura especificada, exceptuando los extremos. Inmediatamente después, las 20 muestras se sumergen exceptuando sus extremos, en agua de 20 °C a 30 °C durante 1 hora. Al menos 0,9 m de cada muestra debe ser sumergido.

Después de estar las 20 muestras sumergidas, se aplica al aislamiento una tensión alterna de ensayo empezando en cero e incrementándola a razón de 500 V por segundo, hasta que ocurra la ruptura.

La retención de la resistencia dieléctrica se debe calcular como sigue:

Retención de la resistencia dieléctrica = $B/A \times 100$

En donde:

B = tensión promedio de ruptura de las diez muestras sumergidas durante 14 días a la temperatura especificada.

A = tensión promedio de ruptura de las diez muestras no sumergidas durante los 14 días.

PARTE 7 CONSTRUCCIONES ESPECIALES

7.2.7.1 Cables de baja emisión de humo y libres de halogenados (LSHF)

7.2.7.1.1 Alcance

Esta sección cubre los cables de control de construcción especial en los cuales todos los materiales sólo contienen trazas de halogenados. Los cables de baja emisión de humo fabricados totalmente con materiales libres de halogenados se conocen como de Baja emisión de Humo y Libres de Halogenados (LSHF). Los cables LSHF tienen requerimientos especiales de fabricación y propiedades eléctricas que no son idénticas a las de los cables descritos en la parte 1.

Un halógeno es un elemento atómico que pertenece al grupo VIIa de la tabla periódica. Para propósito de esta norma, un material libre de halogenados se define como un material que contiene menos de 0,2% en peso de elementos halógenos. Todos los componentes no metálicos de los tipos de cable cubiertos en esta sección deben ser libres de halogenados. Por su naturaleza, los componentes metálicos tales como conductores y pantallas no contienen cantidades apreciables de halogenados.

Los requerimientos de comportamiento para los aislamientos y cubiertas contemplados en esta sección incluyen requerimientos relacionados con los riesgos de combustión tales como propagación del fuego, generación de humos y generación de gases ácidos.

7.2.7.1.2 Conductores

Los conductores cumplirán con los requerimientos aplicables de la parte 2.

7.2.7.1.3 Aislamiento

7.2.7.1.3.1 Generalidades

El aislamiento será de material dieléctrico extruido que cumpla los requerimientos dimensionales, eléctricos y físicos especificados en los párrafos siguientes. Será adecuado para su uso en locales secos y húmedos a temperaturas hasta su temperatura de operación. El aislamiento será aplicado directamente sobre la superficie del conductor (o separador de conductor si es el caso) y se ajustará apretadamente contra su superficie.

La temperatura de operación del cable será la del aislamiento.

7.2.7.1.3.2 Material

El aislamiento consistirá de uno de los siguientes materiales:

- a. Termoplástico, Baja emisión de humo libre de halógenos
- b. Termoestable, Baja emisión de humo libre de halógenos

7.2.7.1.3.3 Espesor

El espesor promedio mínimo no será menor que el especificado en la tabla 7.4. Para aislamientos Termoplásticos se utilizarán los valores de la columna "PE" y para los aislamientos Termoestables se utilizarán los valores de la columna "XLPE". El espesor mínimo en cualquier punto no será menor que el 90% del espesor promedio mínimo especificado.

7.2.7.1.3.4 Requerimientos

El aislamiento cumplirá con los requerimientos aplicables especificados en las tablas 7.21 y 7.22.

7.2.7.1.3.5 Cubierta sobre el aislamiento

No se requerirán cubiertas sobre los conductores individuales. En el caso de ser utilizada una cubierta, esta cumplirá con los requerimientos aplicables de 7.2.7.1.6.

7.2.7.1.3.6 Reparaciones

Cualquier reparación deberá ser hecha con material de baja emisión de humo libre de halógenos y cumplirá con los requerimientos aplicables de 7.2.3.3.11.

7.2.7.1.3.7 Ensayos de Tensión

Cada tramo de producción o despacho del cable terminado cumplirá con los requerimientos aplicables de 7.2.3.4

7.2.7.1.4 Cableado

Los requerimientos de cableado, rellenos, cintas e identificación de los cables múltiples son los especificados en la parte 5.

7.2.7.1.5 Pantallas

Las pantallas cumplirán con los requerimientos aplicables de la parte 4.

7.2.7.1.6 Cubiertas

Las cubiertas serán de un material extruido, de baja emisión de humo libre de halógenos que cumpla los requerimientos dimensionales y físicos especificados en los párrafos siguientes. Para los cables de control, la cubierta será de uno de los tres materiales siguientes:

- a. Termoplástico Tipo I
- b. Termoestable Tipo I
- c. Termoestable Tipo II (resistente a la humedad)

Cualquier tipo de cubierta puede ser utilizada sobre cualquier tipo de aislamiento.

7.2.7.1.6.1 Espesor

El espesor promedio mínimo no será menor que el especificado en la tabla 7.6. El espesor mínimo en cualquier punto no será menor que el 80% del espesor promedio mínimo especificado.

7.2.7.1.6.2 Requerimientos

La cubierta cumplirá con los requerimientos aplicables especificados en las tablas 7.23, 7.24 y 7.25 de acuerdo con los métodos de ensayo especificados. Si se requiriera una cubierta resistente al aceite, esta cumplirá con los requerimientos especificados en la tabla 7.26.

7.2.7.1.6.3 Reparaciones

Cualquier reparación deberá ser hecha cumpliendo con la buena práctica comercial. Los cables con cubiertas reparadas serán capaces de cumplir todos los requerimientos aplicables de esta norma.

7.2.7.1.7 Cubiertas sobre armaduras metálicas

Cuando se usen sobre armaduras metálicas, las cubiertas cumplirán con los requerimientos aplicables de 7.2.4.3.7, 7.2.7.1.6.2 y 7.2.7.1.6.3.

La inspección de irregularidades será realizada de acuerdo con el método B de ICEA T-27-581/NEMA WC53.

7.2.7.1.8 Ensayos

7.2.7.1.8.1 Generalidades

Los cables LSHF cumplirán con los requerimientos establecidos en esta Parte y aquellos ensayos aplicables de otras Partes de esta norma que se indiquen aquí. Otros ensayos particulares de la Parte 7.2.7.1 son los siguientes:

7.2.7.1.8.2 Contenido de halógenos en elementos no metálicos

El contenido de halógenos del aislamiento, cubierta, rellenos o cintas de un cable se determinará mediante fluorescencia de Rayos X o por análisis de la composición química de todos los ingredientes utilizados. Cada componente tendrá menos del 0,2% (en peso) total de elementos halógenos.

NOTA 5: La certificación del fabricante del material será aceptable en lugar del procedimiento arriba descrito.

7.2.7.1.8.3 Ensayo de llama / humo en bandeja vertical

El cable terminado cumplirá con los requerimientos del Ensayo de Propagación de la Llama y Emisión de Humos descrito en la Norma UL 1685. El cable cumplirá con los requerimientos de cualquiera de las Opciones A y B descritas a continuación:

Opción A:

- a. La longitud de cable dañado será menor de 2,44 m medida desde el fondo de la bandeja para cables.
- b. El total de humo emitido será de 95 m² ó menos.
- c. El valor máximo de la velocidad de emisión de humo será de 0,25 m²/s ó menos.

Opción B

- a. La longitud de cable dañado será menor de 1,5 m medida desde el borde inferior de la cara del quemador.
- b. El total de humo emitido será de 150 m² ó menos.
- c. El valor máximo de la velocidad de emisión de humo será de 0,40 m²/s ó menos.

Participaron en la revisión de esta norma los siguientes profesionales: Ing. Carlos Osorio, Ing. Luis Franco, Ing. José García Mora, Ing. José Medina, Ing. Simón Barbera, Ing. Víctor Blanco y el Ing. Venancio Duran.

Tabla 7.21 Requerimientos físicos del Aislamiento

Propiedad	Requerimiento					Referencia Procedimiento Ensayo
	Termoplástico			Termoestable		
Temperatura nominal(°C)	60	75	90	75	90	
Resistencia a la tracción inicial mínimo MPA	8,3			4,8		7.2.6.5
Alargamiento inicial a la rotura, mínimo %	150			150		7.2.6.7
Retención, mínimo % de:						7.2.6.9
Resistencia a la tracción	75	75	75	75	75	
Alargamiento	65	65	65	75	75	
Propiedades después de envejecimiento en horno:						
Durante (horas)	168	240	168	240	168	
Temperatura (°C ± 1°C)	100	100	121	100	121	
Deformación por calor, % max.	50	50	50	30	30	7.2.6.9.5
1 hora a Temperatura de ensayo (°C ± 1°C)	100	100	121	121	121	
Doblado en Frío (sin grietas)	@ -20 ± 2 °C			@ -25 ± 2 °C		7.2.6.15
Contenido de Halógenos, % max.	0,2			0,2		7.2.7.1.8.2
Equivalente en Gas Acido, % max.	2,0			2,0		CSA C22.2 No. 0.3, Cláusula 4.31
Generación de humo (placa muestra de 2 ± 0,13mm)						ASTM E662
Modo en llamas D _s 4, max.	50			50		
Dm, max.	250			250		
Modo sin llamas D _s 4, max.	50			50		
Dm, max.	350			350		

Tabla 7.22 Requerimientos eléctricos del Aislamiento

Propiedad	Requerimiento					Referencia Procedimiento Ensayo
	Termoplástico			Termoestable		
Temperatura nominal(°C)	60	75	90	75	90	
Permitividad Relativa, Después de 24 horas de inmersión en agua	8	10	10	10	10	7.2.6.14
Temperatura del agua (°C ± 1°C)	60	75	90	75	90	
Aumento de capacitancia, % max.						
1-14 días	10	10	10	10	10	7.2.6.14
7-14 días	5	5	5	4	4	
Factor de Estabilidad después de 14 días, max.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	7.2.6.14
Alternativa a Factor de Estabilidad, Diferencia máxima, 1-14 días	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	7.2.6.14
Temperatura del agua (°C ± 1°C)	60	75	90	75	90	
Resistencia de Aislamiento Constante k GΩ.m @ 15,6 °C, min.	3050	3050	3050	3050	3050	7.2.3.5
Resistencia de Aislamiento a largo plazo GΩ.m, min.	0,305	0,305	0,305	0,305	0,305	ICEA
Temperatura del agua (°C ± 1°C)	60	75	90	75	90	T-22-294*

*Dependiendo del uso al que estén destinados, los cables deberán ser ensayados en tensión AC durante 26 semanas, tensión CC durante 14 semanas, o de las dos maneras.

Tabla 7.23 Requerimientos físicos de la Cubierta

Tipo de Ensayo	Termoplástico Tipo I	Termoestable Tipo I	Termoestable Tipo II	Método de Ensayo
Propiedades sin envejecimiento				
Resistencia a la tracción, mín Mpa	9,65	9,65	11,0	Parte 7.2.6.5
Alargamiento a la rotura min. %	100	150	150	Parte 7.2.6.7
Propiedades con envejecimiento en horno				
Duración (horas)	168	168	168	
Temperatura ($^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)	100	121	121	
Resistencia a la tracción % mínimo de retención	75	75	85	
Alargamiento a la rotura % mínimo de retención	60	60	75	
Ensayo alargamiento en caliente ($150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)				
Alargamiento, max. (%)	N/R	100	100	ICEA T-28-562
Alargamiento permanente, max. (%)	N/R	10	10	ICEA T-28-562
N/R= No es requerido para este tipo de material				

Tabla 7.24 Requerimientos mecánicos de la Cubierta

Tipo de Ensayo	Termoplástico Tipo I	Termoestable Tipo I	Termoestable Tipo II	Método de Ensayo
Deformación en caliente (1000 g peso)				
Temperatura ($^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)	90	N/R	N/R	ICEA T-27-581
Deformación, max. %	25	N/R	N/R	
Doblado en Frío				
Temperatura ($^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	-25	-25	-25	Parte 7.2.6.15
Absorción de Agua Método Gravimétrico				
Absorción (mg/cm^2), max.	N/R	N/R	7,75	ICEA T-27-581
N/R= No es requerido para este tipo de material				

Tabla 7.25 Requerimientos de Combustión del Material para Cubiertas

Tipo de Ensayo	Termoplástico Tipo I	Termoestable Tipo I	Termoestable Tipo II	Método de Ensayo
Equivalente en Gas Acido Máximo %	2	2	2	MIL-C-24643
Contenido de Halógenos Máximo %	0,2	0,2	0,2	Parte 7.2.7.1.8.2
Generación de humo (placa muestra de $2 \pm 0,13\text{mm}$)				
Modo en llamas D _s 4, max.	50	50	50	ASTM E662
Dm, max.	250	250	250	
Modo sin llamas D _s 4, max.	50	50	50	
Dm, max.	350	350	350	
Ensayo de llama/humo en bandeja vertical (Cable terminado con cubierta)	Pasa	Pasa	Pasa	Parte 7.2.7.1.8.3

Tabla 7.26 Requerimientos para Cubierta Opcional Resistente al Aceite

Tipo de Ensayo	Termoplástico Tipo I	Termoestable Tipo I	Termoestable Tipo II	Método de Ensayo
Propiedades con envejecimiento en aceite				Parte 7.2.6.9.3
Duración (horas)	4	18	18	
Temperatura (°C ± 1°C)	70	121	121	
Resistencia a la tracción				
% mínimo de retención	60	50	50	
Alargamiento a la rotura				
% mínimo de retención	60	50	50	
* Utilizar aceite ASTM No.2 ó IRM902				

SECCIÓN 8

8.1 APENDICES RELATIVOS A LOS CABLES DE DISTRIBUCION DE ENERGIA

APENDICE A (Informativo)

Normas NEMA, ICEA y ASTM

A1 Publicaciones NEMA †

WC 26 (1993)	Wire and Cable Packaging
WC 53 (1990) ICEA T-27-581	Standard Test Methods for Extruded Dielectric Power, Control, Instrumentation, and Portable Cables
WC 54 (1990) ICEA T-26-465	Guide for Frequency of Sampling Extruded Dielectric Power, Control, and Portable Cables For Test.

A2 Publicaciones ICEA *

P-32-382 (1994)	Short Circuit Characteristics of Insulated Cables
P-79-561 (1985)	Guide For Selecting Aerial Cable Messengers and Lashing Wires
T-25-425 (1981)	Guide For Establishing Stability of Volume Resistivity For Conducting Polymeric Components of Power Cables
T-28-562 (1995)	Test method For Measurement of Hot Creep of Polymeric Insulation
T-30-520 (1986)	Guide For Conducting Vertical Tray Flame Test

A3 Normas ASTM **

A 90-93	Weight of Coating on Zinc-Coated (Galvanized) Iron or Steel Articles, Test Method for
B 3-95	Soft or Annealed Cooper Wire, Specification for
B 5-89	Electrolytic Tough-Pitch Copper Refinery Shapes, Specification for
B 8-95	Concentric-Lay-Stranded Copper Conductors, Hard, Medium Hard, or Soft, Specification for
B 29-92	Pig Lead, Specification for
B 33-94	Tinned Soft or Annealed Cooper Wire for Electrical Purposes, Specification for
B 193-95	Resistivity of Electrical Conductor Materials, Specification for
B 230-89	Aluminum 1350-H19 Wire for Electrical Purposes, Specification for

B 231-95	Concentric-Lay-Stranded Aluminum 1350 Conductors, Specification for
B 233-92	Aluminum 1350 Drawing Stock for Electrical Purposes, Specification for
B 258-81 (91)	Standard Nominal Diameters and Cross-Sectional Areas of AWG Sizes of Solid Round Wires Used as Electrical Conductors, Specification for
B 263-94	Determination of Cross-Sectional Area of Stranded Conductors, Method for
B 400-94	Compact Round Concentric-Lay-Stranded Aluminum 1350 Conductors, Specification for
B 496-92	Compact Round Concentric-Lay-Stranded Copper Conductors, Specification for
B 609-91	Aluminum 1350 Round Wire, Annealed and Intermediate Tempers, for Electrical Purposes, Specification for
B 784-94	Modified Concentric-Lay-Stranded Copper Conductors for Use in Insulated Electrical Cables, Specification for
B 785-93	Compact Round Modified Concentric-Lay-Stranded Copper Conductors for Use in Insulated Electrical Cables, Specification for
B 786-93	19 Wire Combination Unilay-Stranded Aluminum 1350 Conductors for Subsequent Insulation, Specification for
B 787-93	19 Wire Combination Unilay-Stranded Copper Conductors for Subsequent Insulation, Specification for
B 800-94	8000 Series Aluminum Alloy Wire for Electrical Purposes – Annealed and Intermediate Tempers, Specification for
B 801-95	Concentric-Lay-Stranded Conductors of 8000 Series Aluminum Alloy for Subsequent Covering or Insulation, Specification for
B 835-93	Compact Round SIW Stranded Copper Conductors, Specification for
B 836-93	Compact Round SIW Stranded Aluminum Conductors, Specification for
D 412-92	Vulcanized Rubber and Thermoplastic Rubbers and Thermoplastic Elastomers - Tension, Test Methods for
D 470-93	Crosslinked Insulations and Jackets for Wire and Cable, Test Methods for
D 471-95	Rubber Property – Effect of Liquids, Test Methods for
D 746-79 (87)	Brittleness Temperature of Plastics and Elastomers by Impact, Test Methods for
D 1248-84 (89)	Polyethylene Plastics Molding and Extrusion Materials, Specification for
D 1693-94	Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics, Test Methods for
D 2275-89 (94)	Voltage Endurance of Solid Electrical Insulating Materials Subjected to Partial Discharges (Corona) on the Surface, Test Methods for
D 2765-90	Determination of Gel Content and Swell Ratio of Crosslinked Ethylene Plastics, Test

Methods for

- D 3349-93 Absorption Coefficient of Ethylene Polymer Material Pigmented with Carbon Black, Test Methods for
- D 4496-87 (93) D-C Resistance or Conductance of Moderately Conductive Materials, Test Methods for
- E 8-95a Tension Testing of Metallic Materials, Test Methods for
- G 23-93 Operating Light-Exposure Apparatus (Carbon-Arc Type) With and Without Water for Exposure of Nonmetallic Materials, Practice for
- G 26-95 Operating Light-Exposure Apparatus (Xenon-Arc Type) With and Without Water for Exposure of Nonmetallic Materials, Practice for

† Disponible en: National Electrical Manufacturers Association
1300 North 17th Street Suite 1847
Rosslyn, VA USA 22209

* Disponible en: Insulated Cable Engineers Association, Inc.
P.O. Box 440
South Yarmouth, MA USA 22209

** Disponible en: American Society for Testing Materials
100 Barr Harbor Drive
West Conshohocken, PA 19428

APENDICE B
DEFINICIONES DE TEMPERATURAS MAXIMAS DE LOS CONDUCTORES DEL CABLE AISLADO

B.1 Temperatura Máxima del Conductor – Operación Continua

La temperatura más alta del conductor, alcanzada por cualquier parte del cable al operar bajo carga.

B.2 Temperatura Máxima del Conductor – Sobrecarga de Emergencia

La temperatura más alta del conductor, alcanzada por cualquier parte del cable durante una sobrecarga de emergencia, de tiempo, magnitud y frecuencia de aplicación especificados.

B.3 Temperatura Máxima del Conductor – Corto Circuito

La temperatura más alta del conductor, alcanzada por cualquier parte del cable durante un cortocircuito de tiempo y magnitud especificados. Consultar con el fabricante del cable las limitaciones de temperatura del material y referirse a la Publicación ICEA P-32-382, "Short Circuit Characteristics of Insulated Cable".

APENDICE C
SOBRECARGAS DE EMERGENCIAS

La operación a las siguientes temperaturas de sobrecarga de emergencia del conductor, no deben exceder las 100 horas en cualquier periodo consecutivo de 12 meses ni más de 500 horas durante el tiempo de vida del cable:

Temperatura Máxima de Trabajo para Operación Continua	Temperatura Máxima de Trabajo para Operación de Emergencia
75 °C 90 °C 125 °C	90 °C 130 °C 200 °C

Temperaturas inferiores a las de sobrecarga de emergencia, pueden ser requeridas como consecuencia del material usado en los empalmes y terminaciones, o debido a las condiciones ambientales.

APENDICE D SIMBOLOS Y ABREVIACIONES

ac	corriente alterna
AWG	Calibre Americano para Alambres
BWG	Calibre de Birmingham para Alambres
°C	grado Celsius
dc	corriente directa
ft	pie
g/m	gramo(s) por metro
Hz	hertz (frecuencia eléctrica, ciclos por segundo)
in	pulgada(s)
kcmil	mil de circular mils anteriormente MCM)
kg	kilogramo(s)
km	kilómetro(s)
kN/m	kilonewton(s) por metro
kV	kilovolt(s)
lb(s)	libra(s)
MPa	megapascal(s)
mm	milímetro(s)
psi	libra-fuerza por pulgada cuadrada (lbf/in ²)
%	por ciento
±	más o menos
s	segundo

APENDICE E

Tabla E.1 Resistencia a la tracción y alargamiento representativos de los metales no-magnéticos

Metal	Resistencia a la Tracción		Alargamiento en una longitud de 2 in (50,8 mm)
	psi	MPa	Por ciento
Aluminio	13000 – 45000	90 ~ 310	15 – 45
Cupro – Níquel	50000 – 70000	345 – 482	20 – 40
Latón común	40000 – 50000	276 – 345	40 – 50
Bronce Comercial	35000 – 42000	241 – 289	40
Cobre	35000 – 50000	241 – 345	1 – 35
Monel (Aleación de Níquel y Cobre)	75000	517	45
Acero Inoxidable	82000 – 90000	565 – 620	50
Zinc	20000	138	60

APENDICE F RADIO DE CURVATURA RECOMENDADO PARA CABLES

F.1 Alcance

Este apéndice contiene los valores mínimos recomendados para el radio de curvatura, al cual los cables aislados pueden ser doblados, en forma permanente durante la instalación. Un radio de curvatura mayor debe considerarse para la instalación en ductos, canales u otras superficies curvas, alrededor de las cuales el cable puede ser halado bajo tracción, mientras esta siendo instalado. En todos los casos el radio mínimo especificado se refiere a la superficie interna del cable y no al eje del cable.

F.2 Cables de Potencia sin Pantalla, sin Armadura o Cubierta Metálica

El mínimo radio de curvatura para un solo conductor, un ensamblado multiplexado, o un cable de múltiples conductores sin pantalla, sin ninguna armadura o cubierta metálica, se muestra en la Tabla F-1.

Tabla F-1 Radio de curvatura (sin armadura)

		Diámetro Exterior del Cable					
		pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
Espesor del aislamiento del Conductor		1,000 y menores	25,4 y menores	1,001 – 2,000	25,4 – 50,8	2,001 y mayores	50,8 y mayores
Pulgadas	mm	Radio Mínimo de Curvatura, como Múltiplo del Diámetro del Cable					
0,169 y menores	4,31 y menores	4		5		6	
0,170 y mayores	4,32 y mayores	5		6		7	

F.3 Cables Sin pantalla con Armadura o Cubierta Metálica

El radio mínimo de curvatura para un solo conductor, un ensamblado multiplexado, o un cable de múltiples conductores sin pantalla, que tenga una armadura o cubierta metálica, se muestra en la Tabla F-2.

F.4 Diámetro del Tambor de los Carretes

Referirse a la Publicación NEMA WC26, "Wire and Cable Packaging".

F.5 Temperaturas de Instalación

Todos los cables fabricados bajo esta norma pueden ser manejados bajo condiciones seguras, si no han sido expuesto a temperaturas inferiores a -10 °C dentro de las veinticuatro horas anteriores a la instalación. Para instalación a temperaturas más bajas, consultar al fabricante del cable para sus recomendaciones.

Tabla F-2 Radio de curvatura (con armadura)

Tipo de Construcción del Cable	Diámetro Exterior del Cable					
	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
	0,750 y menores	19,0 y menores	0,751 – 1,500	19,1 – 38,1	1,501 y mayores	38,11 y mayores
Radio Mínimo de Curvatura, como Múltiplo del Diámetro del Cable						
Cables Armados con Plomo o Cinta Plana Un solo conductor Conductores Multiplexados Cable con Múltiples Conductores	12		12		12	
	7		7		7	
	12		12		12	
Cables Armados con Aluminio Liso Un solo conductor Conductores Multiplexados Cable con Múltiples Conductores	10		12		15	
	6		7		9	
	10		12		15	
Cables Armados, con Corrugado Continuo o Cinta interlock Un solo conductor Conductores Multiplexados Cable con Múltiples Conductores	7		7		7	
	5		5		5	
	7		7		7	
Cables de un Solo Conductor y de Múltiples Conductores, Armados con Alambres Redondos, Cable para dragado Todos los otros tipos	8		8		8	
	12		12		12	

APENDICE G
INFORMACION ADICIONAL DEL CONDUCTOR

Tabla G-1 Conductores de Cobre y Aluminio Sólidos

Calibre del Conductor AWG ó kcmil	Peso Aproximado			
	Aluminio		Cobre	
	lb / 1000 ft	g/m	lb / 1000 ft	g/m
8	15,20	22,62	49,98	74,38
7	19,16	28,52	63,03	93,80
6	24,15	35,94	79,44	118,2
5	30,45	45,32	100,2	149,0
4	38,41	57,17	126,3	188,0
3	48,43	72,08	159,3	237,1
2	61,07	90,89	200,9	298,9
1	77,03	114,6	253,3	377,0
1/0	97,15	144,6	319,5	475,5
2/0	122,5	182,3	402,8	599,5
3/0	154,4	229,8	507,8	755,8
4/0	194,7	289,8	640,5	953,2
250	230,1	342,4	...	...
300	276,1	410,9	...	...
350	322,1	479,4	...	...
400	368,2	547,9	...	...
450	414,4	616,3	...	...
500	460,2	648,8	...	...

Tabla G-2 Conductores de Cobre y Aluminio Cableado Clase B

Calibre del Conductor	Número de Hilos	Diámetro de Cada Hilo Aproximado		Peso Aproximado			
				Aluminio		Cobre	
AWG ó kcmil		mils	mm	lb por 1000 ft	g/m	lb por 1000 ft	g/m
8	7	48,6	1,23	15,5	23,1	51,0	75,9
7	7	54,5	1,39	19,5	29,1	64,2	95,7
6	7	61,2	1,56	24,6	36,7	80,9	121
5	7	68,8	1,75	31,1	46,2	102	152
4	7	77,2	1,96	39,2	58,3	129	192
3	7	86,7	2,20	49,4	73,5	162	242
2	7	97,4	2,47	62,3	92,7	205	305
1	19	66,4	1,69	78,6	117	259	385
1/0	19	74,5	1,89	99,1	147	326	485
2/0	19	83,7	2,13	125	186	411	611
3/0	19	94,0	2,39	157	234	518	771
4/0	19	105,5	2,68	199	296	653	972
250	37	82,2	2,09	235	349	772	1150
300	37	90,0	2,29	282	419	925	1380
350	37	97,3	2,47	329	489	1080	1610
400	37	104,0	2,64	376	559	1236	1840
450	37	110,3	2,80	422	629	1390	2070
500	37	116,2	2,95	469	699	1542	2300
550	61	95,0	2,41	517	768	1700	2530
600	61	99,2	2,52	563	838	1850	2760
650	61	103,2	2,62	610	908	2006	2990
700	61	107,1	2,72	657	978	2160	3220
750	61	110,9	2,82	704	1050	2316	3450
800	61	114,5	2,91	751	1120	2469	3680
900	61	121,5	3,09	845	1260	2780	4140
1000	61	128,0	3,25	939	1400	3086	4590
1100	91	109,9	2,79	1032	1540	3394	5050
1200	91	114,8	2,92	1126	1680	3703	5510
1250	91	117,2	2,98	1173	1750	3859	5740
1300	91	119,5	3,04	1220	1820	4012	5970
1400	91	124,0	3,15	1313	1960	4320	6430
1500	91	128,4	3,26	1408	2100	4632	6890
1600	127	112,2	2,85	1501	2240	4936	7350
1700	127	115,7	2,94	1596	2370	5349	7810
1750	127	117,4	2,98	1643	2440	5403	8040
1800	127	119,1	3,02	1691	2510	5562	8270
1900	127	122,3	3,11	1783	2650	5865	8730
2000	127	125,5	3,19	1877	2790	6176	9190

Tabla G-3 Conductores de Cobre y Aluminio Cableado Clase C ó D

Calibre del Conductor	Clase C			Clase D		
	Número de Hilos	Diámetro de Cada Hilo Aproximado		Número de Hilos	Diámetro de Cada Hilo Aproximado	
		mils	mm		mils	mm
8	19	29,5	0,749	37	21,1	0,536
7	19	33,1	0,841	37	23,7	0,602
6	19	37,2	0,945	37	26,6	0,676
5	19	41,7	1,06	37	29,9	0,759
4	19	46,9	1,19	37	33,6	0,853
3	19	52,6	1,34	37	37,7	0,958
2	19	59,1	1,50	37	42,4	1,08
1	37	47,6	1,21	61	37,0	0,940
1/0	37	53,4	1,36	61	41,6	1,06
2/0	37	60,0	1,52	61	46,7	1,19
3/0	37	67,3	1,71	61	52,4	1,33
4/0	37	75,6	1,92	61	58,9	1,50
250	61	64,0	1,63	91	52,4	1,33
300	61	70,1	1,78	91	57,4	1,46
350	61	75,7	1,92	91	62,0	1,57
400	61	81,0	2,06	91	66,3	1,68
450	61	85,9	2,18	91	70,3	1,79
500	61	90,5	2,30	91	74,1	1,88
550	91	77,7	1,97	127	65,8	1,67
600	91	81,2	2,06	127	68,7	1,74
650	91	84,5	2,15	127	71,5	1,82
700	91	87,7	2,23	127	74,2	1,88
750	91	90,8	2,31	127	76,8	1,95
800	91	93,8	2,38	127	79,4	2,02
900	91	99,4	2,53	127	84,2	2,14
1000	91	104,8	2,66	127	88,7	2,25
1100	127	93,1	2,36	169	80,7	2,05
1200	127	97,2	2,47	169	84,3	2,14
1250	127	99,2	2,52	169	86,0	2,18
1300	127	101,2	2,57	169	87,7	2,23
1400	127	105,0	2,67	169	91,0	2,31
1500	127	108,7	2,76	169	94,2	2,39
1600	169	97,3	2,47	217	85,9	2,18
1700	169	100,3	2,55	217	88,5	2,25
1750	169	101,8	2,59	217	89,8	2,28
1800	169	103,2	2,62	217	91,1	2,31
1900	169	106,0	2,69	217	93,6	2,38
2000	169	108,8	2,76	217	96,0	2,44

NOTA: Los pesos de los Conductores Clase C y D son iguales a un Conductor Clase B equivalente (ver Tabla G-2)

Tabla G-4 Conductores de Cobre y Aluminio, Cableado Compuesto Clase G

Calibre Conductor AWG ó kcmil	N° de Hilos	Formaci ón Sugerida	Diámetro de Cada Hillo Aproximado		Diámetro Exterior Aproximado		Peso Aproximado			
			mils	mm	pulgadas	mm	Aluminio		Cobre	
							lb por 1000 ft	g/m	lb por 1000 ft	g/m
14	49	7x7	9,2	0,23	0,083	2,11	...	...	12,8	19,1
12	49	7x7	11,6	0,29	0,104	2,64	...	...	20,3	30,3
10	49	7x7	14,6	0,37	0,131	3,33	...	...	32,3	48,2
9	49	7x7	16,4	0,42	0,148	3,76	...	...	40,8	60,7
8	49	7x7	18,4	0,47	0,166	4,22	...	...	51	76,6
7	49	7x7	20,6	0,52	0,185	4,70	20	29,4	65	97,6
6	49	7x7	23,1	0,59	0,208	5,28	25	37,0	82	122
5	49	7x7	26,0	0,66	0,234	5,94	31	46,7	103	154
4	49	7x7	29,2	0,74	0,263	6,68	40	58,9	130	194
3	49	7x7	32,8	0,83	0,295	7,49	50	74,2	164	244
2	49	7x7	36,8	0,93	0,331	8,41	63	93,6	207	308
1	133	19x7	25,1	0,64	0,377	9,58	80	119	264	392
1/0	133	19x7	28,2	0,72	0,423	10,7	102	150	334	495
2/0	133	19x7	31,6	0,80	0,474	12,0	127	190	419	623
3/0	133	19x7	35,5	0,90	0,533	13,5	161	239	529	786
4/0	133	19x7	39,9	1,01	0,599	15,2	203	301	668	991
250	259	37x7	31,1	0,79	0,653	16,6	242	358	795	1175
300	259	37x7	34,0	0,86	0,714	18,1	287	429	945	1410
350	259	37x7	36,8	0,93	0,773	19,6	337	501	1110	1650
400	259	37x7	39,3	1,00	0,825	21,0	385	573	1265	1885
450	259	37x7	41,7	1,06	0,876	22,3	433	644	1425	2120
500	259	37x7	43,9	1,12	0,922	23,4	482	716	1585	2355
550	427	61x7	35,9	0,91	0,969	24,6	532	791	1750	2600
600	427	61x7	37,5	0,95	1,013	25,7	581	863	1910	2840
650	427	61x7	39,0	0,99	1,053	26,7	629	935	2070	3075
700	427	61x7	40,5	1,03	1,094	27,8	678	1005	2230	3310
750	427	61x7	41,9	1,06	1,131	28,7	725	1080	2385	3545
800	427	61x7	43,3	1,10	1,169	29,7	774	1150	2545	3785
900	427	61x7	45,9	1,17	1,239	31,5	869	1295	2860	4255
1000	427	61x7	48,4	1,23	1,307	33,2	967	1440	3180	4730
1100	427	61x7	50,8	1,29	1,372	34,8	1064	1580	3500	5205
1200	427	61x7	53,0	1,35	1,431	36,3	1158	1725	3810	5675
1250	427	61x7	54,1	1,37	1,461	37,1	1208	1800	3975	5910
1300	427	61x7	55,2	1,40	1,490	37,8	1257	1870	4135	6150
1400	427	61x7	57,3	1,46	1,547	39,3	1356	2015	4460	6620
1500	427	61x7	59,3	1,51	1,601	40,7	1452	2155	4775	7095
1600	703	37x19	47,7	1,21	1,670	42,4	1560	2325	5130	7640
1700	703	37x19	49,2	1,25	1,722	43,7	1660	2470	5460	8115
1750	703	37x19	49,9	1,27	1,747	44,4	1709	2540	5620	8355
1800	703	37x19	50,6	1,29	1,771	45,0	1756	2615	5775	8595
1900	703	37x19	52,0	1,32	1,820	46,2	1854	2760	6100	9070
2000	703	37x19	53,3	1,35	1,866	47,4	1950	2905	6415	9550

NOTA: Los conductores de aluminio de cableado compuesto Clase G, no son recomendados en calibres 8 AWG y menores, y los alambres de aluminio en conductores cableados no deberán ser menores al 24 AWG.

Tabla G-5 Conductores de Cobre y Aluminio, Cableado Compuesto Clase H

Calibre Conductor	N° de Hilos	Formación Sugerida	Diámetro de Cada Hilos Aproximado		Diámetro Exterior Aproximado		Peso Aproximado			
			mils	mm	pulgadas	mm	Aluminio		Cobre	
AWG o kcmil							lb por 1000 ft	g/m	lb por 1000 ft	g/m
8	133	19x7	11,1	0,28	0,167	4,24	...	...	52	77,4
7	133	19x7	12,5	0,32	0,188	4,78	...	...	65	97,5
6	133	19x7	14,0	0,36	0,210	5,33	...	...	82	123
5	133	19x7	15,8	0,40	0,237	6,02	...	...	105	155
4	133	19x7	17,7	0,45	0,266	6,76	...	...	132	196
3	133	19x7	19,9	0,51	0,299	7,59	...	...	167	247
2	133	19x7	22,3	0,57	0,335	8,51	63	94,5	208	311
2	259	37x7	16,0	0,41	0,336	8,53	...	...	210	312
1	259	37x7	18,0	0,46	0,378	9,60	...	...	266	394
1/0	259	37x7	20,2	0,51	0,424	10,8	102	151	334	497
2/0	259	37x7	22,7	0,58	0,477	12,1	128	190	422	626
3/0	259	37x7	25,5	0,65	0,536	13,6	162	240	533	790
3/0	427	61x7	19,8	0,50	0,535	13,6	...	...	532	794
4/0	259	37x7	28,6	0,73	0,601	15,3	204	303	670	996
4/0	427	61x7	22,3	0,57	0,602	15,3	205	304	675	1000
250	427	61x7	24,2	0,61	0,653	16,6	242	360	795	1180
300	427	61x7	26,5	0,67	0,716	18,2	290	431	953	1420
350	427	61x7	28,6	0,73	0,772	19,6	337	503	1110	1655
400	427	61x7	30,6	0,78	0,826	21,0	386	575	1270	1890
450	427	61x7	32,5	0,83	0,878	22,3	436	647	1435	2130
500	427	61x7	34,2	0,87	0,923	23,4	483	719	1590	2365
550	703	37x19	28,0	0,71	0,980	24,9	538	798	1770	2625
600	703	37x19	29,2	0,74	1,022	26,0	584	871	1920	2865
650	703	37x19	30,4	0,77	1,064	27,0	634	944	2085	3105
700	703	37x19	31,6	0,80	1,106	28,1	686	1015	2255	3340
750	703	37x19	32,7	0,83	1,145	29,1	733	1090	2410	3580
800	703	37x19	33,7	0,86	1,180	30,0	778	1160	2560	3820
900	703	37x19	35,8	0,91	1,253	31,8	880	1305	2895	4295
1000	703	37x19	37,7	0,96	1,320	33,5	974	1450	3205	4775
1100	703	37x19	39,6	1,01	1,386	35,2	1075	1595	3535	5250
1200	703	37x19	41,3	1,05	1,446	36,7	1169	1740	3845	5730
1250	703	37x19	42,2	1,07	1,477	37,5	1221	1815	4015	5970
1300	703	37x19	43,0	1,09	1,505	38,2	1268	1885	4170	6205
1400	703	37x19	44,6	1,13	1,561	39,6	1363	2035	4485	6885
1500	703	37x19	46,2	1,17	1,617	41,1	1464	2180	4815	7160
1600	1159	61x19	37,2	0,94	1,674	42,5	1564	2325	5145	7640
1700	1159	61x19	38,3	0,97	1,724	43,8	1658	2470	5455	8115
1750	1159	61x19	38,9	0,99	1,751	44,5	1710	2540	5625	8355
1800	1159	61x19	39,4	1,00	1,773	45,0	1754	2615	5770	8595
1900	1159	61x19	40,5	1,03	1,823	46,3	1854	2760	6100	9070
2000	1159	61x19	41,5	1,05	1,868	47,4	1946	2905	6400	9550

NOTA: Los alambres individuales de aluminio en conductores cableados no deberán ser menores al 24 AWG

Tabla G-6 Conductores de Cobre y Aluminio, Clase I Cada Hilo Individual de 24 AWG; 0,0201 pulgadas (0,511 mm)

Calibre Conductor AWG ó kcmil	Formaci ón Sugerida	N° de Hilos Aprox.	Diámetro Exterior Aproximado		Peso Aproximado			
					Aluminio		Cobre	
			pulgadas	mm	lb por 1000 ft	g/m	lb por 1000 ft	g/m
10	1x26	26	0,125	3,18	...	...	32,5	48,3
9	1x33	33	0,138	3,51	...	...	41	61,3
8	1x41	41	0,156	3,96	16	23,1	51	76,1
7	1x52	52	0,185	4,70	20	29,3	65	96,5
6	7x9	63	0,207	5,26	24	36,3	80	119
5	7x12	84	0,235	5,97	32	48,3	105	159
4	7x15	105	0,263	6,68	41	60,4	134	199
3	7x19	133	0,291	7,39	51	76,5	169	252
2	7x23	161	0,319	8,10	62	92,7	205	305
1	7x30	210	0,367	9,32	81	121	167	397
1/0	19x14	266	0,441	11,2	104	155	342	508
2/0	19x18	342	0,500	12,7	133	199	439	654
3/0	19x22	418	0,549	13,9	163	243	537	799
4/0	19x28	532	0,613	15,6	208	309	683	1015
250	7x7x13	637	0,682	17,3	251	374	825	1230
300	7x7x15	735	0,737	18,7	290	431	955	1420
350	7x7x18	882	0,800	20,3	348	517	1145	1700
400	7x7x20	980	0,831	21,1	386	575	1270	1890
450	7x7x23	1127	0,894	22,7	444	661	1460	2175
500	7x7x25	1225	0,941	23,9	483	719	1590	2365
550	7x7x28	1372	0,980	24,9	541	805	1780	2645
600	7x7x30	1470	1,027	26,1	579	862	1905	2835
650	19x7x12	1596	1,152	29,3	635	945	2090	3110
700	19x7x13	1729	1,194	30,3	687	1025	2260	3365
750	19x7x14	1862	1,235	31,4	740	1100	2435	3625
800	19x7x15	1995	1,290	32,8	793	1180	2610	3885
900	19x7x17	2261	1,372	34,8	901	1340	2965	4405
1000	19x7x19	2527	1,427	36,2	1005	1495	3305	4920
1100	19x7x21	2793	1,495	38,0	1111	1655	3655	5440
1200	19x7x22	2926	1,537	39,0	1164	1730	3830	5700
1250	19x7x23	3059	1,564	39,7	1216	1810	4000	5955
1300	19x7x24	3192	1,605	40,8	1269	1890	4175	6215
1400	19x7x26	3458	1,674	42,5	1386	2045	4560	6735
1500	19x7x28	3724	1,715	43,6	1482	2205	4875	7250
1600	19x7x30	3990	1,797	45,6	1587	2360	5220	7770
1700	19x7x32	4256	1,852	47,0	1693	2520	5570	8290
1750	19x7x33	4389	1,880	47,8	1746	2600	5745	8545
1800	19x7x34	4522	1,921	48,8	1800	2675	5920	8805
1900	19x7x36	4788	1,976	50,2	1905	2835	6265	9325
2000	19x7x37	4921	2,003	50,9	1958	2915	6440	9585

NOTA: Los conductores de aluminio Clase I, no son recomendados en calibres 8 AWG y menores.

Tabla G-7 Conductores de Cobre, Clase K Cada Hilo Individual de 30 AWG; 0,0100 pulgadas (0,254 mm)

Calibre Conductor	Formación Sugerida	N° de Hilos Aproximado	Diámetro Exterior Aproximado		Peso Aproximado	
			pulgadas	mm	lb / 1000 ft	g/m
20	1x10	10	0,038	0,97	3,2	4,59
18	1x16	16	0,048	1,22	5,0	7,35
16	1x26	26	0,060	1,52	8,0	11,9
14	1x41	41	0,078	1,98	12,8	18,8
12	1x65	65	0,101	2,57	20,3	29,9
10	1x104	104	0,126	3,20	32,5	47,8
9	7x19	133	0,150	3,81	42	62,3
8	7x24	168	0,157	3,99	53	78,7
7	7x30	210	0,179	4,55	66	98,4
6	7x38	266	0,210	5,33	84	125
5	7x48	336	0,235	5,97	106	157
4	7x60	420	0,272	6,91	132	197
3	19x28	532	0,304	7,72	169	252
2	19x35	665	0,338	8,59	211	315
1	19x44	836	0,397	10,1	266	395
1/0	19x56	1064	0,451	11,5	338	503
2/0	7x7x27	1323	0,470	11,9	425	632
3/0	7x7x34	1666	0,533	13,5	535	795
4/0	7x7x43	2107	0,627	15,9	676	1005
250	7x7x51	2499	0,682	17,3	802	1195
300	7x7x61	2989	0,768	19,5	960	1425
350	19x7x26	3458	0,809	20,5	1120	1665
400	19x7x30	3990	0,878	22,3	1290	1925
450	19x7x34	4522	0,933	23,7	1465	2180
500	19x7x38	5054	0,988	25,1	1635	2435
550	19x7x41	5453	1,056	26,8	1765	2630
600	19x7x45	5985	1,125	28,6	1940	2885
650	19x7x49	6517	1,166	29,6	2110	3140
700	19x7x52	6916	1,207	30,7	2240	3335
750	19x7x57	7581	1,276	32,4	2455	3655
800	19x7x60	7980	1,305	33,1	2585	3845
900	37x7x35	9065	1,323	33,6	2935	4370
1000	37x7x39	10101	1,419	36,0	3270	4870

Tabla G-8 Conductores de Cobre, Clase M Cada Hilos Individual de 34 AWG; 0,0063 pulgadas (0,160 mm)

Calibre Conductor	Formación Sugerida	N° de Hilos Aproximado	Diámetro Exterior Aproximado		Peso Aproximado	
			pulgadas	mm	lb / 1000 ft	g/m
20	1x26	26	0,038	0,97	3,2	4,74
18	1x41	41	0,048	1,22	5,0	7,48
16	1x65	65	0,060	1,52	8,0	11,9
14	1x104	104	0,078	1,98	12,8	19,0
12	7x24	168	0,101	2,57	21,0	31,2
10	7x37	259	0,126	3,20	32,5	48,2
9	7x48	336	0,146	3,71	42	62,5
8	7x60	420	0,162	4,11	53	78,1
7	19x28	532	0,196	4,98	67	100,0
6	19x35	665	0,215	5,46	84	125
5	19x44	836	0,240	6,10	105	157
4	19x56	1064	0,269	6,83	134	200
3	7x7x27	1323	0,305	7,75	169	251
2	7x7x34	1666	0,337	8,56	212	316
1	7x7x43	2107	0,376	9,55	268	399
1/0	7x7x54	2646	0,423	10,7	337	501
2/0	19x7x25	3325	0,508	12,9	427	636
3/0	19x7x32	4256	0,576	14,6	547	814
4/0	19x7x40	5320	0,645	16,4	684	1020
250	19x7x48	6384	0,713	18,1	821	1220
300	19x7x57	7581	0,768	19,5	975	1450
350	37x7x34	8006	0,825	21,0	1130	1685
400	37x7x39	10101	0,901	22,9	1300	1930
450	37x7x44	11396	0,940	23,9	1465	2180
500	37x7x49	12691	0,997	25,3	1630	2430
550	61x7x32	13664	1,035	26,3	1755	2615
600	61x7x35	14945	1,084	27,5	1920	2860
650	61x7x38	16226	1,133	28,8	2085	3105
700	61x7x41	17507	1,183	30,0	2250	3350
750	61x7x44	18788	1,207	30,7	2415	3595
800	61x7x47	20069	1,256	31,9	2580	3840
900	61x7x53	22631	1,331	33,8	2910	4330
1000	61x7x59	25193	1,404	35,7	3240	4820

APENDICE H
(Informativo)
APENDICES RELATIVOS A LOS CABLES DE CONTROL

NORMAS DE REFERENCIA

ANSI/NFPA 70-1986	National Electric Code
Disponible en:	American National Standards Institute (ANSI) 1430 Broadway, New York, NY 10018
ASTM A 90-95a	Weight of coating on Zinc-Coated (Galvanized) Iron or Steel Articles
ASTM A 411-86 (1991)	Zinc coated (Galvanized) Low Carbon Steel armor Wire
ASTM A 459-88 (1994)	Zinc Coated Flat Steel Armoring Tape
ASTM B 3-95	Soft or Annealed Copper Wire
ASTM B 5-95	Electrolytic Tough-pitch Copper Refinery Shapes
ASTM B 8-95	Concentric-Lay stranded Copper Conductors, Hard, Medium-Hard, or Soft.
ASTM B 33-94	Tinned Soft or Annealed Copper Wire for Electrical Purposes
ASTM B 189-95	Lead coated and Lead Alloy coated Soft Copper Wire for Electrical Purposes
ASTM B 193-95	Resistivity of Electrical Conductor Materials
ASTM B 263-94	Cross-Sectional Area of Stranded Conductors
ASTM D 257-93	DC resistance of Plastics and Electrical Insulating Materials
ASTM D 412-92	Rubber Properties in Tension
ASTM D 470-93	Testing of Thermosetting Insulations and Jackets for Wire and Cable
ASTM D 471-95	Rubber Property – Effect of Liquids
ASTM D 1248-84(1989)	Polyethylene Plastics Molding and Extrusion Materials
ASTM D 1963-95	Environmental Stress – Cracking of Ethylene Plastics
ASTM D 2765-95	Degree of Crosslinking in Crosslinked Ethylene Plastics as Determined by Solvent Extraction
ASTM D 3349-93	Absorption Coefficient of Carbon Black Pigmented Ethylene Film
ASTM E 662-94a	Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials
Disponibles en:	American Society for Testing and Materials (ASTM) 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428
ICEA T-22-294-1988	Test Procedures for Extended Time-Testing of Wire and Cable Insulations for Service in Wet Locations
ICEA T – 26 – 465/ NEMA WC 54 – 1990	Guide for Frequency of Sampling Extruded Dielectric Power, Control, Instrumentation, and Portable Cables for tests.

ICEA T – 27 – 581/ NEMA WC 53 – 1990	Standards Tests Methods for Extruded Dielectric Power, Control, Instrumentation, and Portable Cables.
ICEA T-28-562 (1983)	Test Methods for Measurement of Hot Creep of Polymeric Insulation
ICEA T-30-520 (1986)	Procedure for Conducting Vertical Cable Tray Flame Tests with a Theoretical Heat Input Rate of 70000 B.T.U./hour
Disponibles en:	National Electrical Manufacturers Association 1300 North 17 th Street, Rosslyn, VA 20037 Insulated Cable Engineer Association Inc. (ICEA, antes IPCEA) Box 440, South Yarmouth, MA 02664
NBS Handbook 100	Copper Wire Tables
Disponible en:	National Institute of Standards and Technology (Antes the National Bureau of Standards) EI NBS Handbook 100 se en: National Technical Information Service Por Royal Road, Springfield, VA 22161
UL Standard 1685-1992	Vertical-Tray Fire Propagation and Smoke-Release Test for Electrical and Optical-Fiber Cables
Disponible en:	Underwriters Laboratories, Inc (UL) 333 Pfingsten Road, Northbrook, IL 60062
CAN/CSA C22.2 No. 03-92-1995	Test Methods for Electrical Wire and Cables
Disponible en:	Canadian Standards Association (CSA) 178 Rexdale Boulevard, Etobicoke, ON M9W 1R3, Canada
MIL-C-24643-1994	General Specification for Cable and Cords, Electric Low-Smoke for Shipboard Use
Disponible en:	DODDSSP- Customer Service Building 4D, 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 1911-5094

APENDICE I
INFORMACION ADICIONAL SOBRE CONDUCTORES

(Este apéndice está clasificado por NEMA como información de ingeniería autorizada).

Tabla I-1

DIAMETRO APROXIMADO DE LOS CONDUCTORES DE COBRE CABLEADOS DE LAS CLASES B Y C	
Calibre del Conductor	Diámetro
AWG	mm
22	0,737
20	0,914
19	1,041
18	1,168
17	1,321
16	1,473
14	1,854
13	2,083
12	2,337
11	2,616
10	2,946
9	3,302

Tabla I-2

PESOS APROXIMADOS DE LOS CONDUCTORES DE COBRE EN Kg / km		
Calibre del Conductor	Peso del Conductor	
AWG	Sólido	Cableado
22	2,887	2,946
20	4,613	4,687
19	5,803	5,907
18	7,321	7,470
17	9,240	9,404
16	11,62	11,86
14	18,45	18,75
13	23,36	23,81
12	29,46	30,06
11	37,05	37,80
10	46,72	47,62
9	58,92	60,12

APENDICE J
VALORES REPRESENTATIVOS DE LA RESISTENCIA A LA TENSION Y ELONGACION DE MATERIALES
NO MAGNETICOS PARA ARMADURAS

Tabla J-1 MATERIALES NO MAGNÉTICOS PARA ARMADURAS

Metal	Resistencia a la Tracción Kg / mm²	Alargamiento en 50,8 mm %
Aluminio	9,14 – 31,64	15 – 45
Ambrac*	35,16 – 49,21	20 – 40
Latón	28,12 – 35,15	40 – 50
Bronce	24,61 – 29,53	40
Monel*	52,73	45
Acero inoxidable	57,65 – 63,28	50
Zinc	14,06	60
** Marcas registradas – La indicación de éstos materiales no implica ninguna garantía; mejor dicho, se han señalado por ser materiales típicos de obtención comercial al momento de imprimir esta especificación.		

APENDICE K

ENSAYO DE LA LLAMA EN CABLES COMPLETOS

K.1 ALCANCE

Cuando se acuerde mutuamente entre el usuario y el fabricante, el siguiente ensayo de llama debe realizarse para determinar la resistencia relativa a la propagación de la llama bajo condiciones específicas del ensayo dada una construcción de cable.

K.2 PROCEDIMIENTO

El ensayo debe ser realizado de acuerdo a como lo describe ICEAT-30-520, con las siguientes excepciones:

- a. La muestra representativa ha de ser de un cable de 7 ó 9 conductores 12 AWG para 600 V.
- b. Los conductores individuales del cable terminado deben cumplir con el ensayo tipo B indicado en el numeral 7.2.6.16.2.

APENDICE L

DENTIFICACION DE CONDUCTORES DE CABLES DE CONTROL

L.1 ALCANCE

Este apéndice contiene recomendaciones para identificación de conductores y circuitos de cables de control, cuando tal identificación sea usada.

L.2 APLICACIÓN DEL CODIGO ELECTRICO NACIONAL COVENIN 200

El código eléctrico nacional COVENIN 200 establece que los conductores de color blanco sean usados solo como conductores conectados a tierra y que los de color verde o verde/amarillo sean usados solo como conductores de puesta a tierra de equipos y que los conductores de color blanco o verde no sean usados como conductores activos.

Las tablas L-2 y L-4 proporcionan secuencias de colores que excluyen el blanco y el verde. Si en un cable se requiere conductor aterrado o para puesta a tierra o ambos, ellos serán de color blanco o verde e incorporados como los conductores segundo ó tercero, ó ambos, solamente en la primera secuencia de identificación de circuito. Cuando estos conductores sean requeridos, deben ser así especificados.

L.3 METODOS DE IDENTIFICACION DE CIRCUITOS

L.3.1 Método 1: Compuestos de color y trazos

Este método usa colores bases con trazos de acuerdo con las tablas L-1 y L-2. Estas combinaciones de colores serán repetidas secuencialmente tanto como sea necesario.

Los colores bases y los trazos coincidirán con las combinaciones dadas en las tablas y deben satisfacer los matices dados en la tabla L-6.

Los colores bases deben obtenerse mediante capas adecuadas de color aplicadas al aislamiento o cubierta o por medio de compuestos de aislamiento o cubierta, coloreados.

Los trazos deben ser franjas o bandas marcadas en la superficie del aislamiento o de cubierta de tal manera que permitan establecer una identificación de circuito a lo largo de cada conductor. Los trazos pueden ser líneas continuas o discontinuas, como una serie de puntos o rayas y pueden ser aplicadas en forma longitudinal, anular, en espiral o de otro modo distintivo.

L.3.2 Método 2: Compuestos de color neutro con trazos

Este método usa un color base neutro, tal como el color canela, en todos los conductores, con trazos como fueron definidos en el método 1 y de acuerdo con la tabla L-3 ó L-4. Estas combinaciones de colores pueden repetidas secuencialmente tanto como sea necesario.

L.3.3 Método 3: Compuesto neutro o de un solo color con impresión de números y nombres de colores o solo nombres de colores

Este método usa un solo color de aislamiento o de cubierta en todos los conductores con impresión de números y nombres de colores o solo nombres de colores de acuerdo a las tablas L-1 ó L-2. Estas combinaciones de colores serán repetidas secuencialmente tanto como sea necesario.

Por ejemplo, usando la tabla E-2 para conductores 1 al 3, inclusive, se tiene:

1 - Negro	1 - Negro	1 - Negro y así, sucesivamente
2 - Rojo	2 - Rojo	2 - Rojo y así, sucesivamente
3 - Azul	3 - Azul	3 - Azul y así, sucesivamente

NOTA 6: Cuando se usan solo nombres de colores, se omiten los números.

L.3.4 Método 4: Compuesto neutro o de un solo color con impresión de números.

Este método usa un solo color de aislamiento o de cubierta en todos los conductores con impresión superficial de números en forma secuencial, empezando con el número 1.

L.3.5 Método 5: Código de colores individual mediante mallas trenzadas.

Este método usa mallas trenzadas de colores sobre los conductores aislados, de acuerdo con las tablas L-2 o L-5. Los matices de los colores deben corresponderse aproximadamente con los identificados por números, mostrados en la tabla L-6 (este párrafo ha sido autorizado por NEMA como información de ingeniería autorizada).

La secuencia de colores debe empezar con el negro en la parte interna. Cuando se requiera más de un color, el primero nombrado en las tablas, es el color base.

Los trazos consisten de tres hilos cada uno de los cuales lleva al menos dos hebras. Cuando se requieran dos trazos, estos se hacen en forma cruzada.

L.3.6 Método 6: Identificación por capas

Este método usa un conductor identificado de manera distinta en cada capa de cables de control de conductores sin malla o conductores con cubierta individual que requieran una identificación por capas. Un conductor de cada capa es cubierto por una malla o por una cinta, o debe ser provisto de un ribete o ribetes a manera de trazos, o ser de otra forma claramente marcado o coloreado.

L.3.7 Método 7: Conductores pareados

Para cables con aislamiento distinto a la goma de silicona, un conductor de cada par debe ser codificado "blanco" o "negro", los restantes conductores se codifican de acuerdo a la secuencia dada en la tabla L-2 o L-5, omitiendo los colores blanco o negro, respectivamente. Esta secuencia de colores debe repetirse tanto como sea necesario.

L.3.8 Método 8: cables aislados con goma de silicona

Cuando sea necesaria la identificación de circuitos en cables aislados con goma de silicona (incluyendo pares), ello se hará por medio de mallas trenzadas de color. La secuencia de colores debe ser la indicada en la tabla L-7. Para cables de más de 16 conductores, estas 16 combinaciones de colores deben repetirse hasta cubrir la identificación total de los conductores.

Cuando se requiera más de un color, el primer color que aparece en la tabla es el color base. Los matices de los colores deben corresponderse aproximadamente con los identificados por números, mostrados en la tabla L-6.

Los trazos consisten de tres hilos cada uno de los cuales lleva al menos dos hebras. Cuando se requieran dos trazos, estos se hacen en forma cruzada.

Tabla L-1 Secuencia de Colores, Incluyendo Blanco y Verde

Número De; Conductor	Color Base	Color Primer trazo	Color Segundo Trazo	Número del Conductor	Color Base	Color Primer trazo	Color Segundo Trazo	Número del Conductor	Color Base	Color Primer trazo	Color Segundo Trazo	Color Primer trazo	Color Segundo Trazo
1*	Negro	...	...	44	Blanco	Blanco	Azul	86	Azul	Verde	...	Verde	...
2	Blanco...	...	...	45	Blanco	Negro	Azul	87	Negro	Anaranjado	...	Anaranjado	...
3	Rojo	...	...	46	Rojo	Blanco	Azul	88	Blanco	Anaranjado	...	Anaranjado	...
4	Verde	...	...	47	Verde	Anaranjado	Rojo	89	Rojo	Anaranjado	...	Anaranjado	...
5	Anaranjado	...	...	48	Anaranjado	Rojo	Azul	90	Verde	Anaranjado	...	Anaranjado	...
6	Azul	...	...	49	Azul	Rojo	Anaranjado	91	Azul	Anaranjado	...	Anaranjado	...
7	Blanco	Negro	...	50	Negro	Anaranjado	Rojo	92	Negro	Azul	...	Azul	...
8	Rojo	Negro	...	51	Blanco	Negro	Anaranjado	93	Blanco	Azul	...	Azul	...
9	Verde	Negro	...	52	Rojo	Anaranjado	Negro	94	Rojo	Azul	...	Azul	...
10	Anaranjado	Negro	...	53	Verde	Rojo	Azul	95	Verde	Azul	...	Azul	...
11	Azul	Negro	...	54	Anaranjado	Negro	Azul	96	Anaranjado	Azul	...	Azul	...
12	Negro	Blanco	...	55	Azul	Negro	Anaranjado	97	Amarillo	...	...	...	...
13	Rojo	Blanco	...	56	Negro	Anaranjado	Verde	98	Amarillo	Negro	...	Negro	...
14	Verde	Blanco	...	57	Blanco	Anaranjado	Verde	99	Amarillo	Blanco	...	Blanco	...
15	Azul	Blanco	...	58	Rojo	Anaranjado	Verde	100	Amarillo	Rojo	...	Rojo	...
16	Negro	Rojo	...	59	Verde	Negro	Azul	101	Amarillo	Verde	...	Verde	...
17	Blanco	Rojo	...	60	Anaranjado	Verde	Azul	102	Amarillo	Anaranjado	...	Anaranjado	...
18	Anaranjado	Rojo	...	61	Azul	Verde	Anaranjado	103	Amarillo	Azul	...	Azul	...
19	Azul	Rojo	...	62	Negro	Rojo	Azul	104	Negro	Amarillo	...	Amarillo	...
20	Rojo	Verde	...	63	Blanco	Anaranjado	Azul	105	Blanco	Amarillo	...	Amarillo	...
21	Anaranjado	Verde	...	64	Rojo	Negro	Azul	106	Rojo	Amarillo	...	Amarillo	...
22	Negro	Blanco	Rojo	65	Verde	Anaranjado	Azul	107	Verde	Amarillo	...	Amarillo	...
23	Blanco	Negro	Rojo	66	Anaranjado	Blanco	Rojo	108	Anaranjado	Amarillo	...	Amarillo	...

(Continuación Tabla L-1)

Número del Conductor	Color Base	Color Primer Trazo	Color Segundo Trazo	Número del Conductor	Color Base	Color Primer Trazo	Color Segundo Trazo	Número del Conductor	Color Base	Color Primer Trazo	Color Segundo Trazo	Color Primer trazo	Color Segundo Trazo
24	Rojo	Negro	Blanco	67	Azul	Blanco	Rojo	109	Azul	Amarillo	...		
25	Verde	Negro	Blanco	68	Negro	Verde	Azul	110	Negro	Amarillo	Rojo		Rojo
26	Anaranjado	Negro	Blanco	69	Blanco	Verde	Azul	111	Blanco	Amarillo	Rojo		Rojo
27	Azul	Negro	Blanco	70	Rojo	Verde	Azul	112	Verde	Amarillo	Rojo		Rojo
28	Negro	Rojo	Verde	71	Verde	Blanco	Rojo	113	Anaranjado	Amarillo	Rojo		Rojo
29	Blanco	Rojo	Verde	72	Anaranjado	Rojo	Negro	114	Azul	Amarillo	Rojo		Rojo
30	Rojo	Negro	Verde	73	Azul	Rojo	Negro	115	Negro	Amarillo	Blanco		Blanco
31	Verde	Negro	Anaranjado	74	Negro	Anaranjado	Azul	116	Rojo	Amarillo	Blanco		Blanco
32	Anaranjado	Negro	Verde	75	Rojo	Anaranjado	Azul	117	Verde	Amarillo	Blanco		Blanco
33	Azul	Blanco	Anaranjado	76	Verde	Rojo	Negro	118	Negro	Amarillo	Blanco		Blanco
34	Negro	Blanco	Anaranjado	77	Anaranjado	Blanco	Verde	119	Azul	Amarillo	Blanco		Blanco
35	Blanco	Rojo	Anaranjado	78	Azul	Blanco	Verde	120	Negro	Amarillo	Verde		Verde
36	Anaranjado	Blanco	Azul	79	Rojo	Blanco	Anaranjado	121	Blanco	Amarillo	Verde		Verde
37	Blanco	Rojo	Azul	80	Verde	Blanco	Anaranjado	122	Rojo	Amarillo	Verde		Verde
38	Negro	Blanco	Verde	81	Azul	Negro	Verde	123	Anaranjado	Amarillo	Verde		Verde
39	Blanco	Negro	Verde	82	Anaranjado	Blanco	...	124	Azul	Amarillo	Verde		Verde
40	Rojo	Blanco	Verde	83	Verde	Rojo	...	125	Negro	Amarillo	Azul		Azul
41	Verde	Blanco	Azul	84	Negro	Verde	...	126	Blanco	Amarillo	Azul		Azul
42	Anaranjado	Rojo	Verde	85	blanco	Verde	...	127	Rojo	Amarillo	Azul		Azul
43	Azul	Rojo	Verde										

*Este conductor está en el centro del cable.

Tabla L-2 Secuencia de colores, excluyendo blanco y verde

Número del Conductor	Color Base	Color Trazo	Número del Conductor	Color Base	Color trazo
1*	Negro	...	19	Anaranjado	Azul
2	Rojo	...	20	Amarillo	Azul
3	Azul	...	21	Marrón	Azul
4	Anaranjado	...	22	Negro	Anaranjado
5	Amarillo	...	23	Rojo	Anaranjado
6	Marrón	...	24	Azul	Anaranjado
7	Rojo	Negro	25	Amarillo	Anaranjado
8	Azul	Negro	26	Marrón	Anaranjado
9	Anaranjado	Negro	27	Negro	Amarillo
10	Amarillo	Negro	28	Rojo	Amarillo
11	Marrón	Negro	29	Azul	Amarillo
12	Negro	Rojo	30	Anaranjado	Amarillo
13	Azul	Rojo	31	Marrón	Amarillo
14	Anaranjado	Rojo	32	Negro	Marrón
15	Amarillo	Rojo	33	Rojo	Marrón
16	Marrón	Rojo	34	Azul	Marrón
17	Negro	Azul	35	Anaranjado	Marrón
18	Rojo	Azul	36	Amarillo	Marrón

*Este conductor está en el centro del cable.
NOTA: Ver E.2 para aplicaciones del Código Eléctrico Nacional.

Tabla L-3 Secuencia de colores, incluyendo blanco y verde

Número del Conductor	Color primer trazo (trazo ancho)	Color segundo trazo(trazo estrecho)	Número del Conductor	Color primer trazo (trazo ancho)	Color segundo trazo (trazo estrecho)
1*	Negro	...	12	Negro	Blanco
2	Blanco	...	13	Rojo	Blanco
3	Rojo	...	14	Verde	Blanco
4	Verde	...	15	Azul	Blanco
5	Anaranjado	...	16	Negro	Rojo
6	Azul	...	17	Blanco	Rojo
7	Blanco	Negro	18	Anaranjado	Rojo
8	Rojo	Negro	19	Azul	Rojo
9	Verde	Negro	20	Rojo	Verde
10	Anaranjado	Negro	21	Anaranjado	Verde
11	Azul	Negro			

*Este conductor está en el centro del cable.

Tabla L-4 Secuencia de colores, excluyendo blanco y verde

Número del Conductor	Color primer trazo (trazo ancho)	Color segundo trazo (trazo estrecho)	Número del Conductor	Color primer trazo (trazo ancho)	Color segundo trazo (trazo estrecho)
1*	Negro	...	19	Anaranjado	Azul
2	Rojo	...	20	Amarillo	Azul
3	Azul	...	21	Marrón	Azul
4	Anaranjado	...	22	Negro	Anaranjado
5	Amarillo	...	23	Rojo	Anaranjado
6	Marrón	...	24	Azul	Anaranjado
7	Rojo	Negro	25	Amarillo	Anaranjado
8	Azul	Negro	26	Marrón	Anaranjado
9	Anaranjado	Negro	27	Negro	Amarillo
10	Amarillo	Negro	28	Rojo	Amarillo
11	Marrón	Negro	29	Azul	Amarillo
12	Negro	Rojo	30	Anaranjado	Amarillo
13	Azul	Rojo	31	Marrón	Amarillo
14	Anaranjado	Rojo	32	Negro	Marrón
15	Amarillo	Rojo	33	Rojo	Marrón
16	Marrón	Rojo	34	Azul	Marrón
17	Negro	Azul	35	Anaranjado	Marrón
18	Rojo	Azul	36	Amarillo	Marrón
*Este conductor está en el centro del cable.					

Tabla L-5 Secuencia de colores para mallas trenzadas, incluyendo blanco y verde

Número del Conductor	Color Base	Color Primer trazo	Color Segundo Trazo
1*	Negro	...	...
2	Blanco	...	...
3	Rojo	...	...
4	Verde	...	...
5	Anaranjado	...	...
6	Azul	...	...
7	Blanco	Negro	...
8	Rojo	Negro	...
9	Verde	Negro	...
10	Anaranjado	Negro	...
11	Azul	Negro	...
12	Negro	Blanco	...
13	Rojo	Blanco	...
14	Verde	Blanco	...
15	Azul	Blanco	...
16	Negro	Rojo	...
17	Blanco	Rojo	...
18	Anaranjado	Rojo	...
19	Azul	Rojo	...
20	Rojo	Verde	...
21	Anaranjado	Verde	...
22	Negro	Blanco	Rojo
23	Blanco	Negro	Rojo
24	Rojo	Negro	Blanco
25	Verde	Negro	Blanco
26	Anaranjado	Negro	Blanco
27	Azul	Negro	Blanco
28	Negro	Rojo	Verde
29	Blanco	Rojo	Verde
30	Rojo	Negro	Verde
31	Verde	Negro	Anaranjado
32	Anaranjado	Negro	Verde
33	Azul	Blanco	Anaranjado
34	Negro	Blanco	Anaranjado
35	Blanco	Rojo	Anaranjado
36	Anaranjado	Blanco	Azul
37	Blanco	Rojo	Azul

*Este conductor está en el centro del cable.

Tabla L-6 Matices de los colores

Color	Notación Munsell*	
Negro	N2/	
Blanco	N9/	
Rojo	2.5 R	4/12
Azul	2.5 PB	4/10
Verde	2.5 G	5/12
Anaranjado	2.5 YR	6/14
Amarillo	5 Y	8.5/12
Marrón	2.5 YR	3.5/6
*El sistema de color Munsell es publicado por: Munsell Color – Macbeth Division 2441 North Calvert Street Baltimore, MD 21218 USA		

Tabla L-7 Secuencia de colores para cables aislados con goma de silicona

Número Del Conductor	Color Base	Color Primer trazo	Color Segundo Trazo
1*	Blanco	...	...
2	Blanco	Negro	...
3	Blanco	Rojo	...
4	Blanco	Verde	...
5	Blanco	Anaranjado	...
6	Blanco	Azul	...
7	Blanco	Rojo	Negro
8	Blanco	Verde	Negro
9	Blanco	Anaranjado	Negro
10	Blanco	Azul	Negro
11	Blanco	Anaranjado	Rojo
12	Blanco	Azul	Rojo
13	Blanco	Rojo	Verde
14	Blanco	Anaranjado	Verde
15	Blanco	Anaranjado	Azul
16	Blanco	Azul	Verde
*Este conductor está en el centro del cable			

APENDICE M
RADIO DE CURVATURA RECOMENDADO PARA CABLES

M.1 Alcance

Este apéndice contiene los valores mínimos recomendados para el radio de curvatura, al cual los cables aislados pueden ser doblados, en forma permanente durante la instalación. Estos límites no se aplican en le caso curvas en conduits, poleas u otras superficies curvas, alrededor de las cuales el cable puede ser halado bajo tracción, mientras esta siendo instalado. A fin de tomar en cuenta la presión lateral ejercida en los cables en estos casos, pueden ser requeridos radios de curvatura mayores. En todos los casos el radio mínimo especificado se refiere a la superficie interna del cable y no al eje del cable.

M.2 Cables sin Cubierta Metálica, Pantalla ó Armadura

El mínimo radio de curvatura para un solo conductor, un ensamblado multiplexado, o un cable de múltiples conductores sin pantalla, sin ninguna armadura o blindaje metálico, se muestra en la Tabla M-1.

Tabla M-1 Radio Mínimo de Curvatura para Cables. Cables de Control de uno o más conductores sin Cubierta Metálica, Pantalla o Armadura. Radio Mínimo de Curvatura como Múltiplo del Diámetro del cables

Diámetro Externo del Cable	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
	1,000 y menor	25,4 y menores	1,001 a 2,000	25,43 a 50,8	2,001 y mayores	50,83 y mayores
Múltiplo del Diámetro Del Cable	4		5		6	

M.3 Cables con Cubierta Metálica, Pantalla ó Armadura

El radio mínimo de curvatura para cables multiconductores con pantalla metálica, cubierta metálica lisa o corrugada ó armadura, se muestra en la Tabla M-2.

Para cables multiconductores con cubierta de plomo y sin pantalla metálica, el radio mínimo de curvatura estará de acuerdo con la tabla M-1.

M.4 Cables sin Armadura, con Pantalla Externa de Malla o Alambres

El radio mínimo de curvatura para cables multiconductores sin armadura, con una pantalla externa de malla o alambres estará de acuerdo con la tabla M-1.

Tabla M-2 Radio Mínimo de Curvatura para Cables. Cables de Control Multiconductores con Cubierta Metálica, Pantalla o Armadura, Radio Mínimo de Curvatura como Múltiplo del Diámetro del Cables

	pulgadas 0,750 ó menos	mm 19 ó menos	pulgadas 0,751 a 1,50	mm 19,10 a 38,10	pulgadas 1,501 y mayor	mm 38,13 y mayor
Cable multiconductor sin Armadura, con pantalla externa de cinta plana o corrugada aplicada helicoidalmente ó cinta corrugada aplicada longitudinalmente	12		12		12	
Cable Multiconductor con cubierta de aluminio liso sin pantalla externa de cinta	10		12		15	
Idem con pantalla externa de cinta	12		12		12	
Cable Multiconductor con Armadura entrelazada (interlock) o Cubierta de aluminio corrugada, con pantalla externa de cinta	12		12		12	
Idem sin pantalla externa de cinta	7		7		7	
Armado con cinta plana o alambres	12		12		12	

APENDICE N

PRUEBAS DE ACEPTACION DESPUES DE INSTALADO

Los cables de control pueden ser probados en funcionamiento (a la tensión de operación del equipo) como parte de un ensayo del sistema o se pueden someter a ensayo de resistencia de aislamiento. Si se decide aplicar este último, se realizará inmediatamente después de su instalación y el cable no estará conectado a ningún equipo. Si se realiza el ensayo de resistencia de aislamiento (RA), se medirá la RA del conductor aislado a los demás conductores en el cable. Todos los conductores no sometidos a la prueba así como cualquier pantalla estarán conectados al sistema de puesta a tierra.

La tensión de ensayo será de 500V cc.

El criterio general de aceptación es que el valor medido en megohms debe ser mayor que 610 megohms-m dividido por la longitud del circuito en metros.

Se deben tomar todas las precauciones de seguridad relacionadas con el equipo de ensayo durante la conducción de la prueba.

En todo caso consultar el fabricante del cable para recomendaciones particulares.

APÉNDICE O BIBLIOGRAFIA

O.1 Para los cables de Distribución de Energía:

NEMA WC 70/ICEA S-95-658-1999 Standard for Nonshielded Power Cables Rated 2000 Volts or less for the Distribution of Electrical Energy

O.2 Para los Cables de Control:

NEMA WC 57/ICEA S-73-532-1995 Rev 2, September 1998 Standard for Control Cables

**COVENIN
0541:2002**

CATEGORÍA H

CODELECTRA

Comité de Electricidad de Venezuela

**Av. Sucre Los Dos Caminos, Centro Parque
Boyacá, Torre Centro, Piso 5, Oficina 51, Caracas.**

Teléfonos: 285-28-67/77-74 Fax: 285-47-87

E-mail: codelectra@codelectra.org

Página Web: www.codelectra.org

**ICS: 29.060.01
ISBN: 980-06-3077-5**

**RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.**

Descriptores: alambre; cable; conductor eléctrico; energía eléctrica.