



**TABLA I**  
**CARACTERISTICAS TECNICAS CABLES 15 – 25 - 35 KV**

Sección Nominal	Nro Alambres Aluminio		Resis Elec DC 20° C max $\Omega$ /km	Resis Elec CA 70° C max $\Omega$ /km	Carga Ruptura (RMC) daN
	15 y 25 KV	35 KV			
35	6	-	0.868	1.043	455
50	6	-	0.641	0.770	650
70	12	19	0.443	0.532	910
95	15	19	0.320	0.384	1235
120	15	19	0.253	0.304	1560
150	15	19	0.206	0.248	1950
185	30	37	0.164	0.197	2405
240	30	37	0.125	0.150	3120
300	30	37	0.100	0.120	3900

**TABLA II**

TENSION NOMINAL 15 KV								
Sección Nominal	Espesor Nominal mm	Espesor mm Semi Conductor	Diam Cond mm	Diam Exter mm	Peso total kg/km	Capa corriente A		COD CRE
						Temp ambi 40°C		
						70° C	90° C	
35	3.0	0.40	7.1	13.6	190	145	187	---
50	3.0	0.40	8.2	14.7	235	174	225	4122
70	3.0	0.40	9.8	16.2	315	218	282	---
95	3.0	0.40	11.5	18.0	400	266	345	---
120	3.0	0.40	13.0	19.4	500	309	401	---
150	3.0	0.40	14.4	20.7	580	351	456	---
185	3.0	0.40	16.0	22.6	695	403	525	---
240	3.0	0.40	18.4	24.9	875	479	625	4121
300	3.0	0.40	20.6	27.1	1070	550	721	---

**TABLA III**

TENSION NOMINAL 25 KV								COD CRE
Sección Nominal	Espesor Nominal mm	Espesor mm Semi conductora	Diam Cond mm	Diam Exter mm	Peso total kg/km	Capa corriente A		
						Temp amb 40°C		
						70° C	90 ° C	
35	4.0	0.40	7.1	15.7	235	144	186	---
50	4.0	0.40	8.2	16.8	285	173	224	2658
70	4.0	0.40	9.8	18.3	370	216	280	---
95	4.0	0.40	11.5	20.1	460	263	342	---
120	4.0	0.40	13.0	21.5	560	305	397	---
150	4.0	0.40	14.4	22.8	650	342	450	2659
185	4.0	0.40	16.0	24.8	770	398	519	---
240	4.0	0.40	18.4	27.0	960	472	617	5227
300	4.0	0.40	20.6	29.3	1155	543	712	---

**TABLA IV**

TENSION NOMINAL 35 KV								COD CRE
Sección Nominal	Espesor Nomi mm	Espesor mm Semi conductora	Diam Cond mm	Diam Exter mm	Peso total kg/km	Capa corriente A		
						Temp amb 40°C		
						70° C	90 ° C	
70	7.6	0.40	9.8	27.0	650	207	270	---
95	7.6	0.40	11.5	28.7	760	252	329	---
120	7.6	0.40	13.0	30.2	880	291	381	---
150	7.6	0.40	14.4	31.6	980	330	432	5260
185	7.6	0.40	16.0	33.2	1120	379	497	---
240	7.6	0.40	18.4	35.6	1330	448	589	---
300	7.6	0.40	20.6	37.8	1555	512	674	---

**1.- OBJETIVO**

Esta especificación define los requisitos mínimos exigibles para la calificación y aceptación de cables cubiertos con material polimérico resistente a la erosión eléctrica y a la intemperie, utilizados como conductores de fase en redes de distribución primarias en espaciadores a una tensión de 15 25 y 35 kV. El proveedor debe garantizar que el material utilizado en la cubierta del cable no debe favorecer la proliferación de hongos.

**1.1.- Condiciones de operación en régimen permanente**

La temperatura en el conductor en régimen permanente no debe sobrepasar 90° C con material termofijo en la cubierta.

**1.2.- Condiciones de operación en régimen de sobrecarga**

Para responder a eventuales sobrecargas, se admite una temperatura mayor en el conductor, conforme abajo indicado, más cuya duración no debe sobrepasar 100 horas en cualquier periodo de 12 meses consecutivos, ni 500 horas a lo largo de toda la vida del cable.

La temperatura en el conductor en régimen de sobrecarga no debe sobrepasar 130°C.



### **1.2.- Condiciones de operación en régimen de corto circuito**

La duración en régimen de corto-circuito no debe ser superior a 5s.

La temperatura en el conductor en régimen de corto circuito no debe sobrepasar 250°C.

### **2.- NORMAS**

Conforme a las siguientes normas

- IEC 60502 – Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV)
- IEC 60228 – Conductors of insulated cables.
- IEC 60811 – Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables.
- ASTM D 150 – AC Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulation.

### **3.- CARACTERISTICAS**

#### **3.1.- Conductor**

El conductor debe ser de sección circular compactada, constituido por alambres cableados de aluminio. La superficie de los alambres que constituyen el conductor no deben presentar fisuras, escamas, rebabas, asperezas, estrías o inclusiones que afecten su desempeño.

El conductor terminado no debe presentar fallas de cableado.

Solo son permitidas reparaciones en los alambres de aluminio hechas durante el cableado, siempre que estén separadas en más de 15 metros de cualquier otra reparación, en cualquier otra corona. Las reparaciones deben ser realizadas por compresión en frío o soldadura eléctrica a tope.

Los alambres con reparaciones realizadas por soldadura eléctrica a tope, deben ser sometidos a tratamiento térmico de recocimiento a una distancia mínima de 200 mm a cada lado de la reparación.

El bloqueo del conductor es obligatorio. Este debe rellenar los intersticios entre los alambres componentes del cable, de modo de superar el ensayo de bloqueo, con material compatible química y térmicamente con los componentes del cable. El material utilizado como sello debe tener color para realzar en el conductor y debe ser de clase térmica superior a las condiciones de servicio del cable.

Los alambres que integran el conductor y el conductor del cable terminado deben estar conforme a IEC 60228. El número total de alambres que forman el conductor cableado deben cumplir con lo especificado en la Tabla 1.

#### **3.2.- Blindage Semiconductora del conductor**

El blindage del conductor debe ser constituida de camada semiconductora extrudada de material polimérico compatible con el material de la cubierta, siendo termofijo para temperatura de operación de 90° C.

El blindage debe ser adherido sobre el conductor, y debe ser removible en frío.

La espesura nominal de la camada de blindage semiconductora del conductor debe de ser igual o superior a 0.40 mm.



### **3.3.- Cubierta**

La cubierta puede estar constituida por una o más capas de compuesto extruido de material polimérico termofijo y/o XLPE (90 °C). El espesor debe garantizar el nivel de rigidez dieléctrica del cable y la superficie externa de la cubierta debe proveer al cable de la resistencia a la intemperie, erosión eléctrica, radiación ultravioleta y abrasión mecánica.

La cubierta debe ser continua e uniforme a lo largo de todo el recubrimiento. La(s) capa(s) deben ser aplicadas, de modo de preservar el bloqueo contra penetración del agua.

La cubierta debe quedar perfectamente yuxtapuesta y concéntrica con relación al conductor, sin embargo removible en frío, no deben existir huecos entre conductor y cubierta a lo largo de todo el recubrimiento.

En el caso de que permanezcan residuos, tras retirar la cubierta sobre el conductor, estos deben ser fácilmente removibles en frío.

La(s) capa(s) de la cubierta debe(n) estar construida(s) por compuestos poliméricos con requisitos físicos conforme lo dispuesto en la Norma IEC 600811 y AST D 150.

El fabricante debe garantizar la compatibilidad e informar la descripción del material utilizado en el sello del conductor. El material de bloqueo no debe causar perjuicio eléctrico, térmico o mecánico a las conexiones de compresión o de apertura normalmente utilizadas en redes aéreas con cables de aluminio.

### **3.4.- Características físicas del cable completo**

El espesor nominal de la cubierta aislante, declarada por el proveedor en su propuesta, debe ser igual o superior al valor indicado en la Tabla II, III y IV.

El espesor medio de la cubierta aislante, en cualquier sección transversal, no debe ser inferior al valor nominal declarado por el fabricante.

El espesor mínimo de la cubierta aislante, en un punto cualquiera de una sección transversal, no puede diferir del valor nominal declarado por el fabricante en más de 0.1 mm + 10% del valor nominal.

### **3.5.- Requisitos eléctricos del cable completo**

#### **3.5.1.- Resistencia eléctrica del conductor**

La resistencia eléctrica medida en corriente continua a 20°C, por unidad de longitud, no debe ser superior al valor máximo especificado en la tabla I

La resistencia eléctrica debe ser medida conforme lo indicado en 4.3.3.6.

#### **3.5.2.- Tensión eléctrica aplicada en el cable**

El cable, sometido a tensión eléctrica de corriente alterna con frecuencia entre 48 Hz y 62 Hz., de valor eficaz equivalente a 6 kV por milímetro de cubierta (calculada con el espesor nominal especificado por el proveedor) durante 5 min, no debe presentar perforación.

Alternativamente, este requisito puede ser verificado con tensión eléctrica continua constante, durante 5 min., con valor equivalente a 14.4 kV por milímetro de cubierta (calculada con el espesor nominal declarado por el proveedor).

#### **3.5.3.- Tensión eléctrica aplicada en la cubierta**

La resistividad en la superficie de la cubierta debe ser tal que soporte una tensión de valor eficaz de 15 kV, con frecuencia entre 48 Hz y 62 Hz, durante un minuto, sin que resulte un arco eléctrico, ni



quema del material de la cubierta, ni emisión de humos, cuando es probada conforme a lo establecido en 4.3.3.8.

#### **3.5.4.- Resistencia a la erosión eléctrica**

La verificación de este requisito debe ser por el método de plano inclinado conforme a lo descrito en 4.3.3.9.

El cable debe soportar una tensión de erosión de 2.75 kV cuando nuevo y de 2.5 kV, después de envejecimiento por 2,000 horas en cámara de intemperismo artificial.

#### **3.5.5.- Resistencia de aislamiento a temperatura ambiente**

La resistencia de aislamiento ( $R_i$ ) del cable, referida a una longitud de 1 km, cuando se verifica de acuerdo con 4.3.3.14, no debe ser inferior a la resistencia de aislamiento calculada por la siguiente ecuación, siendo considera a la constante de aislamiento

$$K_i = 3700 M \cdot km, \text{ para una temperatura de } 20^\circ\text{C}$$

$$R_i = k_i \cdot \log(D/d)$$

Donde:

D es el diámetro sobre la cubierta, en milímetros;

d es el diámetro bajo la cubierta en milímetros.

Cuando la medición sea realizada a una temperatura diferente de  $20^\circ\text{C}$ , deben ser utilizados los factores de corrección de temperatura.

### **3.6.- Requisitos mecánicos y físicos del cable**

#### **3.6.1.- Resistencia a la abrasión**

Los cables deben soportar un mínimo de 1,000 ciclos de abrasión, conforme 4.3.3.11, sin que la lámina de abrasión llegue a desbastar más de 0.25 mm de espesor de la cubierta.

#### **3.6.2.- Tracción a la ruptura**

La carga de tracción a la ruptura de los conductores de cables cubiertos deben cumplir con los valores mínimos especificados en la Tabla I cuando son probados conforme 4.3.3.5.

#### **3.6.3.- Resistencia al envejecimiento artificial por radiación ultravioleta**

Este requisito es aplicable a la cubierta de cables de una sola capa y a la capa externa de cubierta de cables de doble capa. Los especímenes de prueba deben ser sometidos a las condiciones de ensayo por 2,000 horas conforme 4.3.3.5.

Posterior al periodo de exposición, los especímenes de prueba no deben presentar variaciones de alargamiento a la ruptura y de tracción a la ruptura superior en 25% con relación a sus respectivos valores originales.

#### **3.6.4.- Resistencia a la penetración longitudinal del agua**

El cable debe resistir a la penetración longitudinal de agua, conforme al ensayo descrito en 4.3.3.12. Durante la ejecución del ensayo, no debe ocurrir filtración de agua por las puntas del espécimen de prueba a través de los intersticios del conductor.



### **3.6.5.- Temperatura de fusión y de oxidación del material de la cubierta**

La temperatura de fusión del material de la cubierta, determinada conforme el ensayo descrito en 4.3.3.2, deberá ser de no menos de 105 °C y no deberá haber puntos de transición en temperatura abajo de esta ( ni en la franja de temperaturas de ensayo).

La temperatura de inicio de degradación del material de la cubierta, determinada conforme a los ensayos descritos en 4.3.3.2, no deberá ser inferior a 245 °C.

### **3.6.6.- Adherencia de la cubierta**

La adherencia de la cubierta debe ser tal que, sujetando firmemente en la parte cubierta de un espécimen de prueba, no se consiga deslizar el conductor a lo largo de la cubierta presionando con los dedos o golpeando contra una superficie plana y rígida.

La fuerza necesaria para retirar la cubierta del conductor debe ser determinada conforma al ensayo descrito en 4.3.3.15 y no debe ser inferior a:

- a) 18 daN, para los cables de sección hasta 50 mm<sup>2</sup>,
- b) 30 daN , para cables de sección de 70 mm<sup>2</sup> hasta 120 mm<sup>2</sup> , y
- c) 50 daN, para cables de sección mayor o igual a 150 mm<sup>2</sup>.

## **4.- PRUEBAS**

### **4.1.- Generalidades**

El material a suministrar de acuerdo a esta especificación está sujeto a inspección y pruebas de recepción por el comprador.

Antes de la primera entrega al comprador, el fabricante debe comprobar que el cable satisface las exigencias de esta especificación, por medio de la realización de las pruebas de prototipo.

Cuando los ensayos de prototipo ya hubieren sido realizados en cables de la misma producción, el comprador, a su criterio podrá, mediante análisis de los relatorios de ensayos presentados por el fabricante, dispensar de nueva realización de alguno o de todos los ensayos de tipo.

El comprador se reserva el derecho de exigir en cualquier etapa del desarrollo del suministro la realización de ensayos de conformidad.

### **4.2.- Inspección general**

Antes de realizar los ensayos, debe ser comprobado que el material contiene todas las componentes y características, verificando:

- a) Identificación conforme 6;
- b) acondicionamiento, conforme 7;
- c) aspectos constructivos, conformen 3.

Constituye falla o incumplimiento a cualquiera de los requisitos antes mencionados.

### **4.3.- Relación de ensayos**

#### **4.3.1.- Material de la cubierta**

Ensayos mecánicos, antes y después del envejecimiento artificial en cámara de Ultra Violeta (UV).

- a) Tracción a la ruptura



b) Alargamiento a la ruptura.

Temperatura de fusión y de oxidación del material o materiales de la cobertura.

Ensayos mecánicos antes y después del envejecimiento artificial en estufa al aire:

- a) Tracción a ruptura;
- b) Alargamiento a ruptura.

Ensayos físicos:

- a) Alargamiento en caliente;
- b) Contracción en caliente;
- c) Absorción de agua.

#### **4.3.2.- Cable cubierto completo**

- a) Verificación dimensional
- b) Tracción a la ruptura del conductor.
- c) Medición de resistencia eléctrica del conductor.
- d) Tensión eléctrica aplicada en el conductor.
- e) Tensión eléctrica aplicada en la superficie de la cubierta.
- f) Resistencia a la erosión eléctrica, antes y después del envejecimiento artificial en cámara UV.
- g) Permisividad relativa.
- h) Resistencia a la abrasión
- i) Resistencia a la penetración longitudinal de agua
- j) Verificación de compatibilidad del material de bloqueo con conexiones eléctricas.
- k) Resistencia de aislamiento a temperatura ambiente.
- l) Verificación de adherencia de la cubierta.

#### **4.3.3.- Ensayos o pruebas de tipo y recepción**

Para aplicación de estos ensayos referirse a la Tabla III

##### **4.3.3.1 Ensayos mecánicos del material de la cubierta antes y después del envejecimiento artificial en cámara UV**

El ensayo debe ser realizado conforme la metodología y condiciones descritas en ASTM G 155 (Método A) con excepción de las muestras, que deben ser constituidas de cinco segmentos de cable completo. Los especímenes de prueba para los ensayos mecánicos deben ser retirados, después del envejecimiento, de la parte expuesta a la radiación, lo más próximo posible de la superficie externa. Los especímenes de prueba deben ser preparados conforme IEC 60811 La aplicación y la duración del ensayo deben ser de acuerdo a las especificadas en 3.5.3.

Constituye falla o incumplimiento a lo preestablecido en 3.5.3. Deben ser previsto también especímenes de prueba en forma de cable completo, para el ensayo de prototipo de resistencia a la erosión eléctrica conforme 4.3.3.9.

##### **4.3.3.2 Temperatura de fusión y de oxidación del material (o materiales) de la cubierta.**

El ensayo debe ser realizado por calorimetría diferencial de barrido (DSC), cubriéndose una banda de temperaturas desde ambiente (en torno a 20 °C) hasta +300 °C, con escalas de crecimiento de



10°C/ min, en atmósfera de O<sub>2</sub>. El análisis debe ser realizado conforme ASTM D 3418, para la temperatura de fusión y conforme ASTM E 2009, para la temperatura de oxidación.

Los especímenes de prueba deben ser preparados a partir de la cubierta retirada de muestra de cable completo. Deben ser obtenidos tres especímenes de prueba de preferencia a partir de tres diferentes bobinas integrantes del lote de producción. Los especímenes de prueba deben ser retirados con tamiz de 4 mm de diámetro, a partir de la superficie externa de la cubierta y deben tener cerca de 0.5mm de espesor y una masa de cerca de 3 mg.

Como ensayo de tipo, constituye falla o incumplimiento de cualquiera de los especímenes de prueba a lo prescrito en 3.5.5 o bien con variación superior a 2°C entre los valores extremos obtenidos.

Como prueba de recepción, constituye falla o incumplimiento de cualquiera de las siguientes condiciones:

Media de los valores obtenidos para la temperatura de fusión de los especímenes de prueba fuera de la franja comprendida de la media de los respectivos valores obtenidos en el ensayo de tipo  $\pm 2^\circ\text{C}$ ;

Variación superior a 2°C entre los valores extremos obtenidos para la temperatura de fusión de los especímenes de prueba

- a) Ocurrencia de picos de transición abajo de la temperatura de fusión, en la franja de temperaturas de ensayo, con cualquiera de los especímenes de prueba, inferiores a 105 °C;
- b) Ocurrencia de oxidación o la degradación de la materia en temperatura inferior a 245°C.

#### **4.3.3.3 Verificación de los requisitos físicos del material o los materiales de la cubierta**

Deben ser verificados todos los requisitos físicos relacionados con 4.3.1.

Los ensayos deben ser ejecutados conforme los parámetros y normas indicados. En el caso de que tales parámetros y normas no sean aplicables al material de la cubierta del cable bajo ensayo, deben ser aplicados los correspondientes al material en cuestión, informados por el fabricante y aprobado por el comprador, conforme exigido en 3.2 de esta Norma

Los especímenes de prueba deben ser preparados conforme indicado en la norma de cada ensayo, a partir de cubiertas retiradas de muestra de cable completo. Deben ser preparados cinco especímenes de prueba para cada ensayo, preferentemente a partir de cinco diferentes bobinas componentes del lote de producción.

En el ensayo de envejecimiento en estufa al aire, deben ser determinadas las variaciones de los valores de resistencia a la tracción y alargamiento a la ruptura. En el ensayo de envejecimiento en estufa de aire, constituye falla la ocurrencia de variación de resistencia a tracción el de alargamiento a ruptura mayor que 25%.

En los demás ensayos, constituye falla o incumplimiento por alguno de los especímenes de prueba a los requisitos indicados (ó a los requisitos correspondientes al material en cuestión, conforme indicado en 4.3.3.2).

#### **4.3.3.4. Verificación dimensional**

La verificación dimensional debe ser realizada en muestras de cable terminado (producto final), obteniendo un espécimen de prueba de cada bobina mostrada.



El espesor de la cubierta aislante debe ser determinado conforme a IEC 60811. Constituye falla o incumplimiento a lo especificado en 3.3.

#### **4.3.3.5. Tracción a ruptura del conductor**

Deben ser ensayados tres especímenes de prueba de longitud adecuado, retirados de muestra de cable terminado.

Las cubiertas de los especímenes deben ser removidas y la superficie del conductor debe ser limpiada, de modo que su evaluación durante el ensayo.

El ensayo debe ser ejecutado conforme a IEC 60811 sin embargo, en conductor terminado, considerándose como RMC o valor de carga mínima de ruptura el indicado en la Tabla I.

Constituye falla o incumplimiento a los requisitos de 3.5.2. de esta norma, el de cualquiera de los especímenes de prueba.

#### **4.3.3.6. Medición de la resistencia eléctrica del conductor**

La resistencia eléctrica del conductor de cada bobina del lote bajo inspección debe ser medida conforme IEC 60228, siendo referida a 20 °C y el resultado expresado en  $\Omega$ / km sobre la base de la longitud registrada en la bobina.

Constituye falla o incumplimiento a lo establecido en 3.4.1.

#### **4.3.3.7. Tensión eléctrica aplicada en el cable**

El ensayo debe ser realizado en todas las bobinas de la conforme a la metodología y las condiciones descritas en IEC 60502

Constituye falla o incumplimiento a los requisitos de 3.4.2.

#### **4.3.3.8. Tensión eléctrica aplicada en la cubierta**

Los especímenes de prueba deben tener una longitud de por lo menos 300 mm y deben ser sumergidos en agua a temperatura ambiente durante por lo menos de 30 minutos, siendo preparado un espécimen de prueba de cada bobina mostrada. Posteriormente, los especímenes de prueba deben ser retirados del agua y enjuagarse, siendo entonces enrollados alambres de cobre de diámetro aproximado de 1 mm alrededor de los especímenes de prueba, en dos puntos equidistantes de los extremos y separados entre sí por una distancia de 150 mm, que serán usados como electrodos para la aplicación de la tensión especificada en 3.4.3.

#### **4.3.3.9. Resistencia a la erosión eléctrica**

El ensayo debe ser realizado en cinco especímenes de prueba de muestra de cable terminado. Preferentemente, se debe obtener un espécimen de prueba de cada una de cinco bobinas diferentes que integren el lote producido. El tramo seleccionado debe tener la superficie inspeccionada visualmente para garantizar que se trata de material sin protuberancias, raspado o bien sin otros defectos que puedan invalidar el ensayo.

Como ensayo de tipo deben ser probados cinco especímenes en estado de nuevo y otros cinco después de ser sometidos a 2,000 horas de envejecimiento en cámara de intemperismo artificial. Como prueba de recepción, todos los especímenes de prueba serán ensayados en estado de nuevo.



El escalón inicial de tensión debe ser de 2.5 kV, para especímenes de prueba no envejecido y de 2.25 kV, para especímenes de prueba envejecidos. Los incrementos deben ser de 0.25 kV y el tiempo de cada escalón debe ser de 1 hora.

#### **4.4.- Preparación, ejecución y verificación de los ensayos**

##### **4.4.1 Preparación del cuerpo de prueba**

La preparación de los especímenes de prueba debe ser realizada conforme lo especificado en la IEC 60587, complementada por las instrucciones siguientes:

- a) Se debe cortar una muestra del cable en cinco especímenes de prueba de longitud 180 mm  $\pm$  5 mm cada una. Para realizar el corte, el cable debe ser fijado en una prensa con la superficie protegida. Posteriores al corte los especímenes de prueba deben ser lavados cuidadosamente, principalmente en el caso de contacto con el compuesto que sella el conductor.
- b) Se procede al lijamiento o preparación de cada espécimen de prueba en las siguientes condiciones:
  - 1) Seleccionar el lado sin rotular, si este existe en el espécimen de prueba;
  - 2) Utilizando un rociador lleno de agua destilada o deionizada, rociar agua sobre la superficie e iniciar la preparación con lija de carburo de silicio o de óxido de aluminio, grado 400, para retirar grasa, brillo y repelencia al agua. Solventes y detergentes químicos deben ser evitados, pues pueden modificar la condición de la superficie del dieléctrico que constituyen los especímenes de prueba;
  - 3) Lijar levemente apenas en el sentido longitudinal del espécimen de prueba, siendo importante que sea removido todo el brillo de la superficie del espécimen de prueba, así como también los eventuales residuos metálicos. Una misma lija no debe ser utilizada en más de tres especímenes de prueba;
  - 4) Secar con papel toalla o lienzo de papel después del lijamiento;
  - 5) Limpiar con gasa (o cualquier otro material que no deje residuos) humedecida con alcohol isopropílico, para retirar bordes después del lijamiento.
  - 6) Aislar los extremos del espécimen de prueba, en las cuales la superficie del conductor sea visible, con cinta auto vulcanizable o aislante.

##### **4.4.2 Preparación de solución contaminante**

La preparación de solución debe ser realizada conforme especificado en la IEC 60587 complementada de las instrucciones a continuación:

- a) Posterior a su preparación y equilibrio térmico en ambiente a  $23\text{°C} \pm 2\text{°C}$ , se debe medir su resistividad. Para los fines de este método, el equilibrio térmico consiste en un mínimo de 2 horas en ambiente con la temperatura especificada;
- b) Habiendo necesidad de ajuste en el valor encontrado para cumplir la IEC 60587, este debe ser ejecutado y realizar nueva medición de resistividad, siempre respetando la temperatura especificada.



#### 4.4.3 Ejecución del ensayo

El ensayo debe ser realizado conforme IEC 60587, método 2, criterio A, complementado por las instrucciones a continuación:

Los electrodos deben cumplir los diseños de IEC 60587 tanto como la preparación y montaje del circuito de ensayo;

La(s) fuente(s) de alimentación de lo(s) circuitos de ensayo debe(n) tener potencia suficiente, o tener regulación de respuesta rápida, para mantener constante la tensión aplicada cuando ocurran descargas o arcos en los especímenes de prueba;

El flujo de líquido contaminante debe ser de 0,11 ml/min, para etapas de tensión iguales o inferiores a 2,75 kV, y de 0,22 ml/min, para etapas de tensión de 3,0 a 3,75 kV.

En los cuerpos de prueba envejecidos, que no estén sujetos a lijamiento, el flujo de líquido contaminante debe ocurrir principalmente en la superficie que sufre la incidencia directa de radiación en la cámara de intemperismo.

La calibración de flujo debe ser realizada antes de cada ensayo y para cada uno de los cinco especímenes de prueba, conforme los pasos a continuación:

- 1) Disponer de cinco biquieres (matraces) pequeños con tara conocida y bien identificada;
- 2) Ajustar la bomba peristáltica y coleccionar solución por un tiempo mínimo de 10 en todos los cinco conductos simultáneamente;
- 3) Pesar cada uno de los dos biquieres (matraces) con solución;
- 4) Calcular el flujo, para cada canal, con la fórmula abajo indicada ( que presupone densidad de solución igual a 1 g/ cm<sup>3</sup>);
- 5) Reajustar, repitiendo los pasos de 2) a 4), hasta que todos los conductos presenten una diferencia menor que 5% con relación al valor prescrito para el flujo;

$$F = (m1 - m2) / td$$

Donde:

F es el flujo en mililitros por minuto (ml/min);

M1 es la masa del biquier (matraz) con solución colectada, en gramos (g);

m2 es la tara del biquier (matraz), en gramos (g);

t es el tiempo de colecta de la solución, en minutos (min); y

d es la densidad de solución (g/cm<sup>3</sup>).

El humedecimiento de las hojas de papel de filtrado (usar ocho hojas), antes del inicio de ensayo debe ser realizado usando la misma solución contaminante y no de agua;

Los cambios de resistencias en los escalones especificados deben ser realizados en un máximo de 5 minutos posterior al término del escalón anterior.

#### 4.4.4. Evaluación de resultados

Constituye falla del ensayo la ocurrencia de cualquier de las siguientes situaciones, con tensión de erosión de hasta 2.75 kV inclusive, para cable nuevo, o de hasta 2.5 kV, para cable envejecido:

- a) Interrupción del circuito de ensayo de alguno de los especímenes de prueba por operación automática de su interruptor;
- b) Erosión del material de alguno de los especímenes de prueba que desconfigure el circuito de ensayo;



c) Inicio de flama en el material de los especímenes de prueba.

#### 4.4.5. Permisividad relativa

Este ensayo debe ser realizado en espécimen de prueba completo y a temperatura ambiente. En espécimen de prueba de por lo menos 3 m de longitud debe ser sumergido en agua por lo menos 1 h antes del ensayo. Posterior a este periodo, se mide la capacitancia en  $\mu\text{F}$ , y se convierte en  $\mu\text{F}/\text{km}$

El cálculo de permisividad relativa así como la realización del ensayo viene a ser realizado conforme a ASTM D 150.

#### 4.4.6. Resistencia a la abrasión

Los especímenes de prueba, retirados de muestras de cable terminado, deben tener longitud suficiente para ser montados en un dispositivo de ensayo, que debe ser conforme a la figura B.1 del anexo B. La distancia entre los puntos de fijación del espécimen de prueba debe ser de 100 mm  $\pm$  5 mm, centro a centro.

El dispositivo de ensayo debe tener un elemento de corte cuya longitud debe corresponder, por lo menos, a un diámetro externo de cable ensayado. Los pesos a ser utilizados en los ensayos deben ser conforme a la tabla A.6 del anexo A, donde la masa indicada es el total, incluyéndose el dispositivo de sustentación del peso de ensayo.

La cubierta del cable debe ser friccionada lateralmente por el elemento de corte, ejerciendo un movimiento horizontal de ida y vuelta del mandril o de la propia unidad de ensayo. La amplitud del movimiento de oscilación debe ser de un mínimo de 20 mm.

En cada espécimen de prueba deben ser ejecutados dos ensayos. Para cada ensayo, el espécimen de prueba debe ser girado en 90 grados en torno de su eje, pero sin moverlo para enfrente o para atrás. Cada ensayo debe tener una duración de 1,000 ciclos, debiéndose realizar 20 a 30 ciclos por minuto (cada ciclo corresponde a una oscilación de ida y vuelta).

Posterior a la realización de cada ensayo, el espécimen de prueba debe ser medido, por medio de un instrumento adecuado, para determinar la profundidad raspada por el elemento de corte en la cubierta.

Constituye falla no cumplir con los requisitos establecidos en 3.5.1.

#### 4.4.7. Resistencia a la penetración longitudinal de agua.

El ensayo debe ser realizado conforme a la metodología y las condiciones descritas en el anexo C. Constituye falla no cumplir los requisitos establecidos en 3.5.4.

#### 4.4.8. Verificación de la compatibilidad del material de sello del conductor con conexiones eléctricas

Esta verificación debe ser realizada por medio de por lo menos de cuatro conexiones, con el tipo de conector definido de común acuerdo entre comprador y fabricante.

Los conectores utilizados en los ensayos, como también la preparación de los especímenes de prueba deben cumplir con lo establecido en la NEMA CC3 y ser adecuados al cable bajo ensayo. La cubierta del cable debe ser totalmente removida.

En todos los tipos de conexión bajo ensayo deben ser aplicados las siguientes pruebas:



Resistencia eléctrica, conforme NEMA CC3;

Ciclos térmicos, conforme NEMA CC3. Mediante acuerdo entre comprador y fabricante, en función de los conectadores seleccionados, puede ser dispensada la aplicación de corto circuito en este ensayo.

Constituye falla la ocurrencia de cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) El incumplimiento de lo establecido en NEMA CC3, en cuanto al ensayo de resistencia eléctrica;
- b) El incumplimiento de lo establecido en la NEMA CC3, en cuanto al ensayo de ciclos térmicos;
- c) Inicio de flama en el material de bloqueo del conductor;
- d) Goteo o escurrimiento del material de bloqueo por los bordes de conexiones o por los bordes de las conexiones o por los alambres que forman el conductor.

A criterio del fabricante, podrá ser realizado el mismo ensayo utilizando conductor nuevo de la misma sección, para fines de comparación de resultados.

#### **4.4.9. Resistencia de aislamiento a temperatura ambiente**

El ensayo debe ser realizado de acuerdo con la IEC 60502.

La medición de resistencia de aislamiento debe ser realizada con tensión eléctrica continua de valor entre 300 V c.c. y 500 V c.c., aplicada por un tiempo mínimo de 1 minuto y máximo de 5 minutos después del ensayo con tensión eléctrica, con el cable aun inmerso en agua.

Constituye falla no cumplir los requisitos establecidos en 3.4.5.

#### **4.4.10. Verificación de adherencia de la cubierta**

Este ensayo debe ser realizado únicamente como ensayo de tipo, o sea entonces para dirimir dudas o divergencias surgidas en la inspección visual de recepción.

Los ensayos deben ser realizados en ambiente a temperatura de  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa  $60\% \pm 10\%$ .

Deben ser preparados cinco especímenes de prueba de la siguiente manera:

- a) La longitud de cada espécimen de prueba debe ser de 15 cm, y serán retirados desplazando primeramente 30 cm de la(s) punta(s) del cable a probar;
- b) Deben ser retirados 5 cm de cubierta del cable a partir del extremo del espécimen de prueba, para que la muestra sea fijada al conectador y este al equipamiento de ensayo, conforme la figura B.2 del anexo B. Los 10 cm restantes del conductor permanece protegidos. El corte debe ser recto en los dos extremos y en un punto donde va a ser descubierto el conductor.

Para la realización de este ensayo debe ser utilizada una máquina de tracción universal adaptada con un conectador en la parte fija y un gancho para retirar la protección hasta la marca, conforme la figura B.2 del anexo B. El conectador debe ser adecuado al diámetro del conductor. El procedimiento debe ser el siguiente:

- a) Calibrar la maquina colocando en ceros;
- b) Iniciar el desplazamiento con velocidad de 500mm/min., observar la variación de carga durante 60 seg. y anotar el valor de carga máxima obtenida;
- c) Repetir el mismo procedimiento para los otros cuatro especímenes de prueba;
- d) Anotar el valor mayor obtenido para cada ensayo.



Constituye falla si la media aritmética de los cinco resultados obtenidos es inferior a los valores preestablecidos en 3.5.6.

## **5. ACEPTACIÓN O RECHAZO**

### **5.1. Inspección visual**

Antes de cualquier ensayo, debe ser realizada una inspección visual sobre todas las unidades de la remesa, para verificación de las condiciones establecidas en 7, 6 y 3 aceptantes solamente las unidades que satisfagan los requisitos de esta Norma.

Pueden ser rechazadas de forma individual, a criterio del comprador, las unidades de la remesa que no cumplan las condiciones establecidas en 7, 6 y 3

### **5.2. Muestras**

#### **5.2.1. Ensayos de tipo**

Los especímenes de prueba deben ser retirados, por el proveedor, de las primeras bobinas fabricadas de cada tipo de cable, en cantidad y longitud adecuados a la realización de todos los ensayos previstos en 4.3 de esta Norma.

Para aprobar un rango de secciones nominales de conductor del mismo tipo constructivo de cable, basta ensayar la menor y la mayor sección nominal del rango.

Si los resultados de todos los ensayos fueren satisfactorios, el prototipo será aceptado para futuros abastecimientos.

#### **5.2.2. Ensayos de recepción**

La cantidad de muestras (bobinas) a ser retiradas de cada lote terminado debe estar de acuerdo con la Tabla IV. Las muestras (bobinas) debe ser recolectadas por el inspector del comprador de los lotes terminados listos para embarque.

Cada lote sujeto a muestreo conforme a la tabla arriba citada debe estar integrado por cables de mismo tipo constructivo y misma sección nominal.

De cada muestra (bobina) deben ser retirados especímenes de prueba de cable, en cantidad y longitud adecuados a la realización de todos los ensayos previstos en la Tabla III, descartándose siempre el primer metro de la punta.

Para los ítems 4.3.3.2 y 4.3.3.9, únicamente en caso de un espécimen de prueba sea reprobado en cualquier ensayo, este ensayo podrá ser repetido en otros dos especímenes de prueba retirados de la misma muestra (bobina). Ocurriendo nueva falla, el lote será considerado defectuoso. El fabricante puede restituir un lote nuevo, por única vez, sometiendo a una nueva inspección, posterior de ser eliminadas las unidades defectuosas expedidas.

Los ensayos realizados en 100% de las bobinas del lote, las bobinas que fallaran en algún ensayo deberán ser sustituidos por otras idénticas, de modo que todas las bobinas entregadas al comprador sean aprobadas en estos ensayos.

#### **5.2.3. Aceptación y rechazo del lote bajo inspección**

En los ensayos de recepción, el número total de muestras (bobinas) defectuosas, debe ser llevado a la Tabla IV, cuyos criterios definirán la aceptación o rechazo del lote.



Las bobinas defectuosas constantes de muestras probadas en los ensayos deben ser substituidas por nuevas unidades.

#### **5.2.4. Relación de ensayos**

El proveedor debe remitir al comprador la cantidad solicitada de copias de los reportes de ensayos efectuados, debidamente compilados por el representante del fabricante o por el inspector del comprador.

Los reportes de ensayos deben ser presentados en formularios de tamaño A-4

Los reportes de ensayos deben contener las indicaciones necesarias para su perfecta comprensión e interpretación, además de los requisitos mínimos relacionados a continuación:

- a) Nombre del ensayo;
- b) Nombres del comprador y del proveedor;
- c) Número y partida de la orden de compra, autorización de proveeduría o del documento equivalente emitido por el comprador;
- d) Numero de orden de fabricación o el documento equivalente emitido por el proveedor;
- e) Fecha y lugar del ensayo;
- f) Identificación y cantidades de los cables sometidos a ensayo;
- g) Descripción sumaria del proceso de ensayo, con constantes, métodos e instrumentos empleados;
- h) Valores obtenidos de ensayo ( en cada espécimen de prueba ensayado);
- i) Testimonio de los resultados, informando de forma clara y explícita si el cable probado supero o no el ensayo referido.

### **6 MARCADO E IDENTIFICACION**

La superficie externa de la cubierta del cable debe ser rotulada a intervalos regulares de hasta 500 mm, con caracteres permanentes, que no favorezcan la erosión eléctrica en la cubierta, de dimensiones y legibilidad adecuadas, conteniendo como mínimo la siguiente información:

- a) Nombre o marca del fabricante;
- b) Material o sección nominal del conductor en milímetros cuadrados;
- c) Clase de Voltaje en kilovolts (15 kV 25 o 35 kV);
- d) "PELIGRO ALTA TENSION CUBIERTA NO AISLANTE";
- e) Material de la cubierta (XLPE);
- f) Año de fabricación;
- g) "Bloqueado".

Otras formas de identificación del cable podrán eventualmente ser aceptadas, solo que previamente sean aprobadas por el comprador.

### **7. EMPAQUE**

Los cables deben ser preparados de manera a ser protegidos durante las maniobras, transporte y almacenaje. El acondicionamiento de los cables debe ser en carrete de madera, tener resistencia adecuada cuando este expuesto a la intemperie y ser exento de defectos que puedan dañar el producto.

El acondicionamiento normal en carretes debe ser limitado al peso bruto especificado por el comprador.



Los cables deben ser remitidos en los tramos especificado y la orden de compra, autorización de suministro o el documento equivalente emitido por el comprador, permitiéndose una tolerancia de (0, +3%) en longitud.

Las puntas de los cables deben ser convenientemente selladas con capuchones de protección (termocontractiles) resistentes a la intemperie, a fin de evitar la penetración de humedad durante las maniobras, transporte y almacenamiento.

Las bobinas deben ser rotuladas o identificadas conforme la solicitud del comprador, conteniendo como mínimo las siguientes informaciones:

- a) Nombre o marca del fabricante;
- b) Material del conductor, sección nominal y la palabra "bloqueado";
- c) Material de la cubierta;
- d) Clase de Voltaje en kilovolts;
- e) Longitud del tramo, en metros;
- f) Peso bruto, en kilogramos;
- g) Peso neto en kilogramos;
- h) Nombre del comprador;
- i) Número de serie de la bobina;
- j) Numero de orden de compra, autorización de pedido o el documento equivalente emitido por el comprador;
- k) Año de fabricación;
- l) señalar el sentido de rotación para desenrollar y la frase "Gire en esta dirección"

Otras formas de preparación del cable podrán eventualmente ser aceptadas, siempre que previamente sean aprobadas por el comprador.

**TABLA III Ensayos de tipo y de recepción**

Relación de ensayos	Tipo	Recepción
Ensayos mecánicos antes y después de envejecimiento artificial en cámara de UV	X	--
Temperatura e de fusión y de oxidación del material o materiales de la cubierta	X	X
Verificación de los requisitos físicos del material de la cubierta	X	--
Verificación dimensional	X	X
Tracción a la ruptura del conductor	X	--
Medición de la resistencia eléctrica del conductor	X	X
Tensión eléctrica aplicada en el conductor	X	X
Tensión eléctrica aplicada en la superficie de la cubierta	X	X
Resistencia a la erosión eléctrica	X	X
Permisividad relativa	X	--
Resistencia a la abrasión	X	--
Resistencia a la penetración longitudinal de agua	X	--
Verificación de la compatibilidad del material de sello con conexiones eléctricas	X	--
Resistencia de aislamiento a la temperatura ambiente	X	X
Verificación de la adherencia de la cubierta	X	--



TABLA IV Plan de muestreo para los ensayos de recepción

Tamaño del lote (nº de bobinas)	- Inspección general; - Verificación dimensional; - Tensión eléctrica aplicada en la superficie de la cubierta.				-Erosión eléctrica; -Temperatura de fusión del material de la cubierta.	- Medición de la resistencia eléctrica del conductor; - ensayo de tensión eléctrica aplicada en el cable; - Resistencia de aislamiento
	Muestra <sup>1)</sup>				cantidad de conjuntos de especímenes de prueba <sup>2)</sup>	Muestreo <sup>6)</sup>
	Secuencia	Tamaño	Ac <sup>3)</sup>	Re <sup>4)</sup>		
hasta 30	-	3	0	1	-	100% de las bobinas del lote
31 a 50	-	5	0	1	1	
51 a 150	1 <sup>a</sup>	13	0	2	2	
	2 <sup>a</sup>	13	1	2		
151 a 200	1 <sup>a</sup>	20	0	3	3	
	2 <sup>a</sup>	20	3	4		
201 a 500	1 <sup>a</sup>	32	1	4	4	
	2 <sup>a</sup>	32	4	5		
501 a 1200	1 <sup>a</sup>	50	2	5	5	
	2 <sup>a</sup>	50	6	7		

## NOTAS

<sup>1)</sup> Régimen de inspección normal; muestreo doble; Nivel de inspección II; NQA = 2,5%.

<sup>2)</sup> Conjuntos formados por cinco o tres especímenes de prueba, conforme 4.4.2 e 4.4.9. Criterio de aceptación y rechazo conforme 4.5.4.4.

<sup>3)</sup> Ac - Número de unidades defectuosas que aun permite aceptar el lote.

<sup>4)</sup> Re - Número de unidades defectuosas que implica el rechazo del lote.

<sup>5)</sup> Procedimiento para el muestreo doble:

- inicialmente, ensayar un número de unidades igual a los de la primera muestra, obtenido en la tabla;

- si el número de unidades defectuosas encontradas estuviere comprendidas entre “Ac” y “Re” (excluidos esos valores), deberá ser ensayada la segunda muestra;

- el total de unidades defectuosas encontradas después de ensayadas las dos muestras deberá ser igual o inferior al mayor “Ac” especificado.

<sup>6)</sup> Criterio de aceptación conforme ítem 4.5.4.5.

**TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS**

ITEM	CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
1	FABRICANTE			
2	PAIS DE FABRICACION			
3	CODIGO CONDUCTOR			
4	SECCION NOMINAL	mm <sup>2</sup>		
5	TENSION DEL CABLE	KV		
6	NORMA APLICABLE			
7	NUMERO DE HILO CONDUCTOR			
8	DIAMETRO EXTERNO	mm		
9	ESPESOR NOMINAL AISLACION	mm		
10	ESPESOR SEMICONDUCTORA DEL CONDUCTOR	mm		
11	PESO TOTAL CABLE	Kg/Km		
12	CARGA RUPTURA RMC	kg		
13	RESISTENCIA ELECTRICA DC 20°C	Ohm/Km		
14	RESISTENCIA ELECTRICA AC 70°C	Ohm/Km		
15	CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR TEMP AMBIENTE 40°C TEMP CABLE 70°C TEMP AMBIENTE 40°C TEMP CABLE 90°C	Amp. Amp.		
16	DIAMETRO BOBINA	m		
17	LONGITUD TRAMO DE CABLE POR BOBINA	m		

---

Lugar y Fecha

---

Firma y sello