

# MANUAL PARA LA INSTALACIÓN DE CABLES DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN

## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

- 1.1 La energía eléctrica en México
  - 1.1.1 Generación
  - 1.1.2 Transmisión y sub-transmisión
  - 1.1.3 Distribución
- 1.2 Formas de transmisión de la energía eléctrica
  - 1.2.1 Líneas aéreas
  - 1.2.2 Líneas subterráneas
  - 1.2.3 Calidad del servicio eléctrico
    - 1.2.3.1 Continuidad del servicio
    - 1.2.3.2 Control de la frecuencia

### CAPÍTULO II. EL CABLE DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN (5-35 [kV])

- 2.1 El cable de energía de media tensión
- 2.2 Elementos componentes del cable
  - 2.2.1 El conductor
    - 2.2.1.1 Formas y tipos de conductores
    - 2.2.1.2 Escalas IEC y AWG
  - 2.2.2 La pantalla semiconductor sobre el conductor (pantalla interna)
  - 2.2.3 Los aislamientos extruidos. Generalidades
    - 2.2.3.1 Termoplásticos
      - 2.2.3.1.1 Policloruro de vinilo (PVC)
      - 2.2.3.1.2 Polietileno de alta densidad (HDPE)
    - 2.2.3.2 Termofijos
      - 2.2.3.2.1 Polietileno vulcanizado (XLPE)
        - 2.2.3.2.1.1 Polietileno vulcanizado resistente a las arborescencias (XLPE-RA)
          - 2.2.3.2.1.1.1 Arborescencias
        - 2.2.3.2.2 Etileno propileno (EPR)
  - 2.2.4 La pantalla semiconductor sobre el aislamiento (pantalla externa)
  - 2.2.5 La pantalla metálica
  - 2.2.6 La cubierta externa
    - 2.2.6.1 Cubiertas termoplásticas
      - 2.2.6.1.1 Policloruro de vinilo (PVC)
      - 2.2.6.1.2 Polietileno de alta densidad (HDPE)

- 2.2.6.2 Cubiertas elastoméricas
  - 2.2.6.2.1 Policloropreno (Neopreno)
  - 2.2.6.2.2 Polietileno clorosulfonado (Hypalon)
- 2.2.6.3 Cubiertas metálicas

### **CAPÍTULO III. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS CABLES DE ENERGÍA**

- 3.1 Resistencia eléctrica de un conductor al paso de la corriente directa
- 3.2 Corrección por temperatura de la resistencia a la corriente directa
- 3.3 Resistencia eléctrica de un conductor al paso de la corriente alterna
  - 3.3.1 Efecto de piel
  - 3.3.2 Efecto de proximidad
- 3.4 Inductancia
  - 3.4.1 Reactancia inductiva
    - 3.4.1.1 Inductancia propia
    - 3.4.1.2 Inductancia mutua
- 3.5 Capacitancia
  - 3.5.1 Reactancia capacitiva
  - 3.5.2 Capacitancia inductiva específica (SIC)
  - 3.5.3 Constante dieléctrica
- 3.6 Impedancia
- 3.7 Pérdidas eléctricas
  - 3.7.1 En el conductor
  - 3.7.2 En el aislamiento
  - 3.7.3 En la pantalla metálica
  - 3.7.4 Otras pérdidas
  - 3.7.5 Pérdidas totales

### **CAPÍTULO IV. SELECCIÓN DE UN CABLE DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN**

- 4.1 Por nivel de aislamiento
  - 4.1.1 Categoría I. Nivel 100 %
  - 4.1.2 Categoría II. Nivel 133 %
  - 4.1.3 Categoría III. Nivel 173 %
- 4.2 Por capacidad de conducción de corriente
- 4.3 Por caída de tensión
- 4.4 Por regulación de voltaje
- 4.5 Por corriente de corto circuito
- 4.6 Por calibre económico

## **CAPÍTULO V. INSTALACIÓN DE CABLES DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN**

- 5.1 Inspección preliminar
- 5.2 Empaque
- 5.3 Carga y descarga
- 5.4 Transporte
- 5.5 Almacenamiento
- 5.6 Acarreo
- 5.7 Tendido
  - 5.7.1 Ojo de tracción
  - 5.7.2 Malacate
    - 5.7.2.1 Dinamómetro
  - 5.7.3 Destorcedor
  - 5.7.4 Grilletes
  - 5.7.5 Poleas
  - 5.7.6 Rodillos
  - 5.7.7 Radios de comunicación
  - 5.7.8 Soportes y flechas para carretes
- 5.8 Parámetros mecánicos del cable de energía
  - 5.8.1 Radio mínimo de curvatura durante y después de la instalación
  - 5.8.2 Tensión máxima jalando del conductor
  - 5.8.3 Tensión máxima jalando de la cubierta con malla trenzada
- 5.9 Instalación de cables de media tensión aislados
  - 5.9.1 Directamente enterrados
    - 5.9.1.1 Trayectoria de instalación
    - 5.9.1.2 Excavación
    - 5.9.1.3 Instalación
    - 5.9.1.4 Protección mecánica a los cables y relleno de la cepa
    - 5.9.1.5 Configuración de instalación
  - 5.9.2 En canalizaciones entubadas (ductos)
    - 5.9.2.1 Trayectoria
    - 5.9.2.2 Excavación
    - 5.9.2.3 Registros
      - 5.9.2.3.1 Dimensiones típicas
      - 5.9.2.3.2 Soportería
    - 5.9.2.4 Banco de ductos
      - 5.9.2.4.1 Tipos de ductos
      - 5.9.2.4.2 Separadores
    - 5.9.2.5 Limpieza, verificación y guiado de ductos
    - 5.9.2.6 Porcentaje de llenado de ductos
    - 5.9.2.7 Principios básicos de jalado de cables en ductos
      - 5.9.2.7.1 En tramo recto horizontal

- 5.9.2.7.2 En curva horizontal
      - 5.9.2.7.3 En tramo recto inclinado
      - 5.9.2.7.4 Presión lateral
      - 5.9.2.7.5 Factor de corrección del peso o de la fuerza normal
      - 5.9.2.7.6 Ejemplo de cálculo
      - 5.9.2.7.7 Paquete de cálculo para tensiones de jalado
    - 5.9.2.8 Tendido del cable en el ducto
  - 5.9.3 Barrenación direccional
    - 5.9.3.1 Cruce de ríos
  - 5.9.4 En galerías y canaletas
    - 5.9.4.1 Materiales y dimensiones
    - 5.9.4.2 Tendido del cable
      - 5.9.4.2.1 Tendido vertical del cable
  - 5.9.5 En bandejas o charolas
    - 5.9.5.1 Tipos de montaje
    - 5.9.5.2 Tipos de tendido de cable
      - 5.9.5.2.1 Desenrollar el cable directamente sobre la charola
      - 5.9.5.2.2 Utilizando rodillos y poleas
- 5.10 Condiciones ambientales durante la instalación
- 5.11 Transición aéreo-subterránea
  - 5.11.1 Medidas de protección eléctrica
    - 5.11.1.1 Protección contra sobretensiones
    - 5.11.1.2 Protección contra corto circuito
  - 5.11.2 Medidas de protección mecánica
  - 5.11.3 Instalación del cable de la transición
    - 5.11.3.1 Transiciones
    - 5.11.3.2 Estructuras

## **CAPÍTULO VI. ELABORACIÓN O CONFECCIÓN DE ACCESORIOS**

- 6.1 Precauciones de carácter general
  - 6.1.1 Durante el tendido del cable
  - 6.1.2 Antes de la elaboración del accesorio
- 6.2 Herramientas
- 6.3 Preparación del cable
  - 6.3.1 Retiro de la cubierta externa
    - 6.3.1.1 Método usando cuchillo
    - 6.3.1.2 Método usando la herramienta especial para pelar cubiertas
  - 6.3.2 Retiro de la pantalla metálica
  - 6.3.3 Retiro de la semiconductora sobre aislamiento

- 6.3.4 Retiro del aislamiento
  - 6.3.4.1 Limpieza y acondicionamiento del aislamiento
- 6.3.5 Instalación del conector (conector)
- 6.3.6 Instalación del accesorio sobre el cable
  - 6.3.6.1 Conexión a tierra de las pantallas metálicas
- 6.4 Medidas de seguridad
- 6.5 Terminales
  - 6.5.1 Clasificación y normatividad
    - 6.5.1.1 Terminal clase I
    - 6.5.1.2 Terminal clase II
    - 6.5.1.3 Terminal clase III
  - 6.5.2 Métodos para reducir el esfuerzo eléctrico sobre el aislamiento del cable en el punto de corte de las pantallas
    - 6.5.2.1 Método geométrico (cono de alivio)
    - 6.5.2.2 Método de la resistividad variable
    - 6.5.2.3 Método capacitivo
- 6.6 Empalmes
  - 6.6.1 Operación
  - 6.6.2 Clasificación
    - 6.6.2.1 Encintados
    - 6.6.2.2 Premoldeados (uniones rectas)
    - 6.6.2.3 Termocontráctiles
    - 6.6.2.4 Contráctiles en frío
- 6.7 Conectores aislados separables
  - 6.7.1 Operación
  - 6.7.2 Clasificación
  - 6.7.3 Intercambiabilidad
  - 6.7.4 Terminales (codos)
  - 6.7.5 Uniones múltiples (derivadores múltiples)
- 6.8 Certificación de técnicos especializados (empalmadores o montadores)
  - 6.8.1 Escuela de montadores

## **CAPÍTULO VII. PRUEBAS A LOS CABLES DE ENERGÍA**

- 7.1 Pruebas en recepción
  - 7.1.1 Normatividad
  - 7.1.2 Inspección visual
  - 7.1.3 Pruebas eléctricas
    - 7.1.3.1 Faseo
    - 7.1.3.2 Continuidad
    - 7.1.3.3 Resistencia de aislamiento
    - 7.1.3.4 Alta tensión
      - 7.1.3.4.1 Corriente directa

- 7.1.3.4.2 Corriente alterna a muy baja frecuencia
- 7.1.3.5 Descargas parciales

## **CAPÍTULO VIII. MANTENIMIENTO A LOS CABLES DE ENERGÍA**

### 8.1 Tipos de mantenimiento

8.1.1 Preventivo

8.1.2 Correctivo

8.1.3 Predictivo

8.1.4 Mantenimiento basado en la condición del sistema de cables y accesorios

### 8.2 Localización de fallas

### 8.3 Recomendaciones generales para el mantenimiento

### 8.4 Criterios de selección para mantenimiento

## **CONCLUSIONES**

## **GLOSARIO**

## **BIBLIOGRAFÍA**