

# FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

*José Francisco Gómez  
González*

*Benjamín González Díaz*

*María de la Peña Fabiani  
Bendicho*

*Ernesto Pereda de Pablo*

The logo for the University of La Laguna (ULL) consists of the letters 'ULL' in a stylized, bold, purple font. The 'U' is a single continuous shape, while the 'L's are composed of two vertical bars with a small gap at the top.

**Universidad  
de La Laguna**

**Departamento de  
Ingeniería Industrial**



# Tema 11: Instalaciones Eléctricas de Enlace e Interior



# PUNTOS OBJETO DE ESTUDIO

- ▶ Introducción instalación de enlace
- ▶ Reglamentación
- ▶ Previsión de cargas correspondiente a cada vivienda
- ▶ Carga total correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas
- ▶ Caja general de protección
- ▶ Línea general de alimentación
- ▶ Derivación individual
- ▶ Dispositivo de control de potencia
- ▶ Dispositivos generales e individuales de mando y protección
- ▶ Composición y características de los cuadros
- ▶ Toma de tierra
- ▶ Resistencia de las tomas de tierra
- ▶ Puesta a tierra en edificios
- ▶ Instalación interior. Esquema unifilar- elec. Básica
- ▶ Caída de tensión

# INTRODUCCIÓN INSTALACIÓN DE ENLACE (I)

- ▶ La instalación de enlace comienza en el final de la acometida y terminarán en los dispositivos generales de mando y protección, estando formado por las siguientes partes:
  - ▶ Caja General de Protección (CGP)
  - ▶ Línea General de Alimentación (LGA)
  - ▶ Elementos para la Ubicación de Contadores (CC)
  - ▶ Derivación individual (DI)
  - ▶ Caja para Interruptor de Control de Potencia (ICP)
  - ▶ Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP)

# INTRODUCCIÓN INSTALACIÓN DE ENLACE (II)

- ▶ Estas instalaciones se situarán y discurrirán siempre por lugares de uso común y quedarán de propiedad del usuario o comunidad en su caso, que se responsabilizará de su conservación y mantenimiento.
- ▶ Las secciones mínimas de los conductores y demás características de las instalaciones de enlace deben adaptarse a una serie de Normas Particulares de la empresa suministradora de la energía eléctrica y por los organismos competentes. Las Normas Particulares de las Instalaciones de Enlace de UNELCO ENDESA (09 de marzo de 2004) se basan en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en los Reales Decretos y Normas UNE de aplicación.

# INTRODUCCIÓN INSTALACIÓN DE ENLACE (III)

Ver el siguiente [video sobre REBT](#) (formato flv)

## Reglamentación

Para tener más información puedes leer el :

-[Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y Guías Técnica de Aplicación](#)

en la dirección web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

-Normas particulares para las Instalaciones de Enlacede ENDESA en Canarias [BOC 081](#) y [BOC105](#)

# PREVISIÓN DE CARGAS CORRESPONDIENTE A CADA VIVIENDA

Según lo establecido en la ITC-BT-10 del REBT los grados de electrificación de las viviendas en función al grado de utilización (que serán independientemente de la potencia a contratar por cada usuario) serán dos:

- ▶ **Electrificación Básica:** Es la necesaria para la cobertura de las posibles necesidades de utilización primarias sin necesidad de obras posteriores, no siendo inferior a **5750 W** a 230 V.
- ▶ **Electrificación Elevada:** Es la correspondiente a viviendas con una previsión de utilización de aparatos electrodomésticos superior a la electrificación básica o con previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire o con superficies útiles de la vivienda superiores a 160 m<sup>2</sup>, o cualquier combinación de los casos anteriores. La potencia a prever en este caso no será inferior a **9200 W**.

# CARGA TOTAL CORRESPONDIENTE A UN EDIFICIO DESTINADO PRINCIPALMENTE A VIVIENDAS (I)

La carga total correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas, resulta de la suma de la carga correspondiente a cada una de las viviendas, de los servicios generales del edificio, de la correspondiente a los locales comerciales y de los garajes que formen parte del mismo.

$$P = P1 + P2 + P3 + P4$$

Cada una de estas cargas se calculará de la siguiente forma:

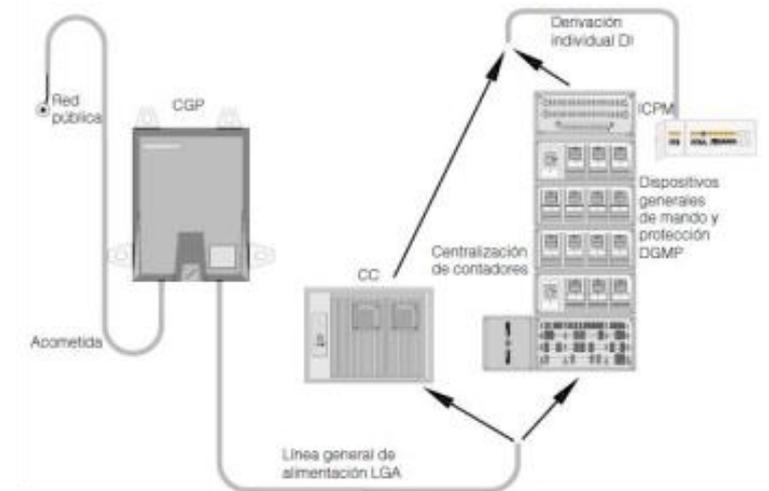
- ▶ **Carga correspondiente al conjunto de viviendas (P1):** Se obtendrá multiplicando la media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda por el coeficiente de simultaneidad indicado en la tabla del REBT, según el número de viviendas.
- ▶ **Carga correspondiente a los Servicios Generales del Edificio (P2):** Será la suma de la potencia instalada en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

# CARGA TOTAL CORRESPONDIENTE A UN EDIFICIO DESTINADO PRINCIPALMENTE A VIVIENDAS (II)

- ▶ Carga correspondiente a los garajes (P3): Se calculará considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3.450 W a 230 V. y coeficiente de simultaneidad 1. Cuando en aplicación de la NBE-CPI-96 sea necesario un sistema de ventilación forzada para la evacuación de humos de incendio, se estudiará de forma específica la previsión de cargas de los garajes.
- ▶ Carga correspondiente a los Locales Comerciales del Edificio (P4): Se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.
- ▶ Cuando se disponga de datos concretos sobre la utilización de los locales y de su potencia punta, y en el caso de que esa última resulte superior a la potencia prevista, se tomará el mayor de ambos valores.

# CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN (CGP)

- ▶ Es la caja destinada a alojar los elementos de protección de la Línea General de Alimentación, señalando el principio de la instalación propiedad del usuario. Si la previsión de carga lo exige se podrán usar dos CGP.
- ▶ En el caso de edificios con un solo usuario o dos usuarios alimentados desde el mismo lugar, la CGP podrá ser sustituida por una Caja de Protección y Medida (CPM) que reúne en un solo elemento la CGP y el Conjunto de Medida.
- ▶ Atendiendo a la ITC-BT-13, el emplazamiento de la CGP se fijará de común acuerdo entre la Propiedad y la Empresa Suministradora, en un punto exterior sobre la fachada del edificio, lo más cerca posible de la red de la Empresa Suministradora, en lugares de fácil, libre y permanente acceso, desde la vía pública.



# LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN

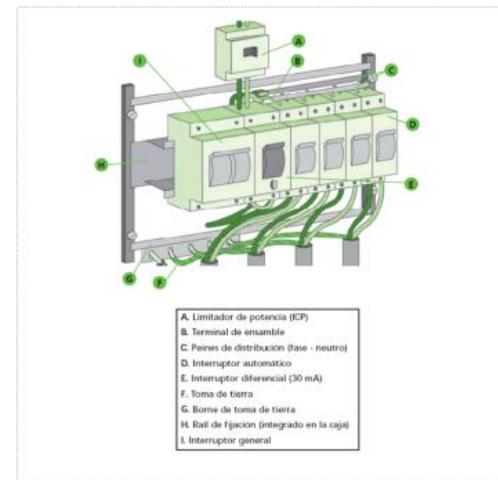
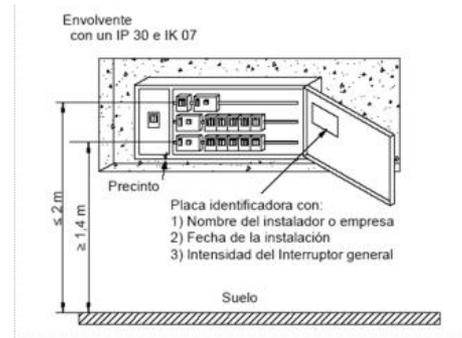
- ▶ La intensidad máxima de cada centralización de contadores será de 250 A, que corresponde a:
  - ▶ 150 kW en redes a 400V entre fases
  - ▶ 90 kW en redes a 230V entre fases
- ▶ Cuando se prevean cargas superiores a 250 amperios y sea necesario instalar más de una centralización de contadores, en el mismo o diferente recinto, se dispondrá, después de la CGP de varias cajas de derivación conteniendo en su interior cada una de ellas las conexiones necesarias para la derivación, sin que se varíe en ningún momento la sección de la Línea General de Alimentación

# DERIVACIÓN INDIVIDUAL

- ▶ Derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.
- ▶ La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

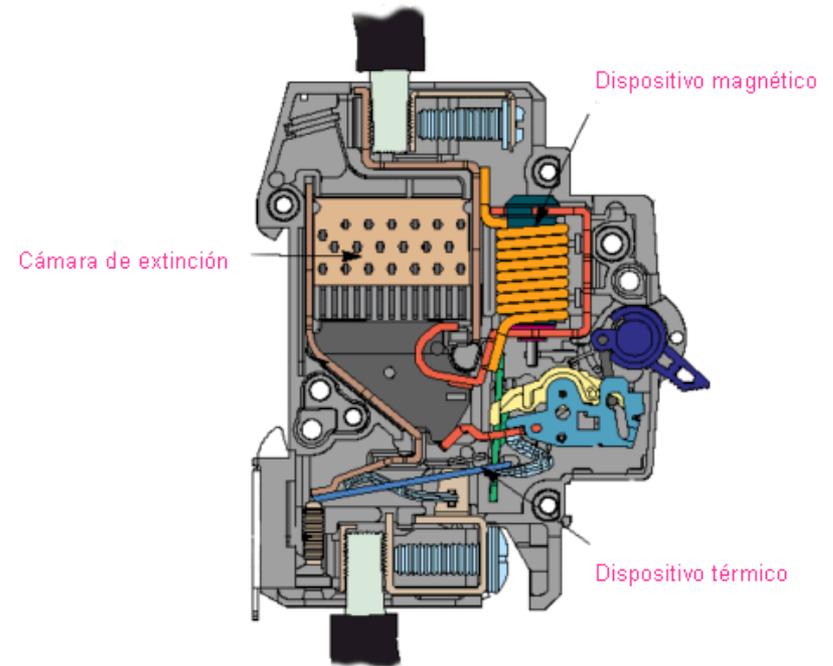
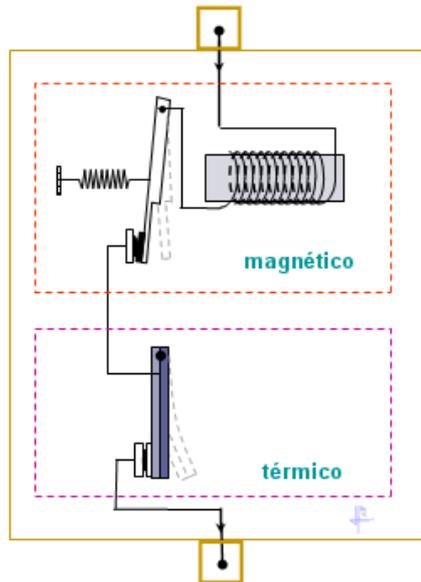
# DISPOSITIVO DE CONTROL DE POTENCIA

- ▶ La empresa Unelco Endesa podrá controlar la potencia demandada por el abonado mediante alguno de los siguientes dispositivos: Interruptor de Control de Potencia (ICP), Interruptor Automático Regulable (IAR), ó Maxímetro. La elección del dispositivo limitador corresponde al usuario.
- ▶ En la llegada de la derivación individual al punto de suministro, antes del cuadro que aloja los dispositivos generales de mando y protección, se dispondrá una caja con tapa precintable, cuya finalidad exclusiva es permitir la instalación del Interruptor de Control de Potencia, de forma que no se pueda manipular ni el ICP ni su conexionado.



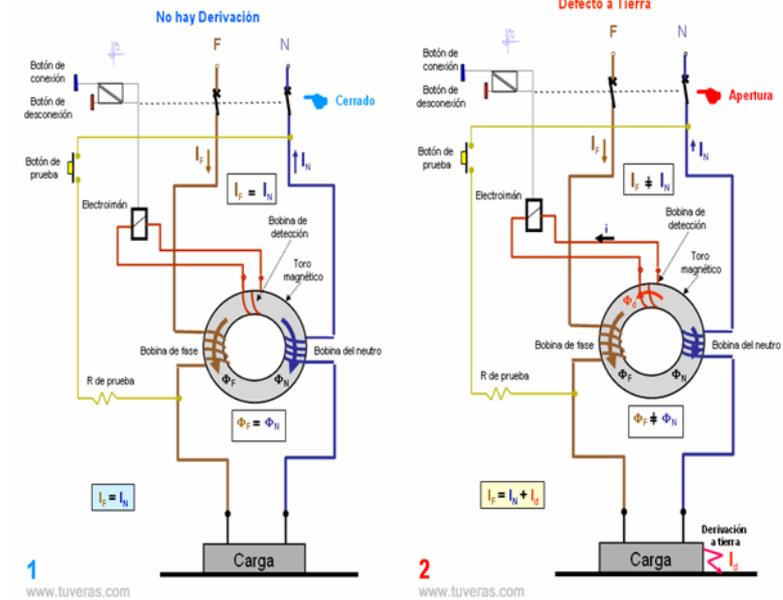
# MANDO Y PROTECCIÓN

## ► Interruptor magnetotérmico



# MANDO Y PROTECCIÓN

## ► Interruptor diferencial



# DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN

- ▶ A continuación del dispositivo de control de potencia se instalará un cuadro de distribución que alojará los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical. Se situará lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local, Industria o vivienda del usuario.
- ▶ La altura a la cual se situarán estos dispositivos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1,4 y 2 m, para viviendas. En locales e industrias, estará entre 1 y 2 m.

# COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CUADROS

- ▶ Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán como mínimo:
- ▶ Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del dispositivo de control de potencia.
- ▶ Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- ▶ Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda, local o industria.
- ▶ Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-23, si fuese necesario.
- ▶ Si se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En ese caso, existirá una selectividad entre ellos.
- ▶ Según la tarifa a aplicar, el cuadro deberá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de esa tarifa.
- ▶ Para el caso de viviendas deberá de contar con el número de circuitos mínimos exigidos en la ITC-BT-25.

# TOMA DE TIERRA

- ▶ Grupo de electrodos enterrados que permiten limitar la tensión que en un momento dado pueden presentar las masas metálicas con respecto a tierra.
- ▶ Mediante el enterramiento de un electrodo o grupo de ellos a una profundidad superior a 0.8 m, entendiéndose esta longitud como la profundidad a que debe quedar la parte del electrodo más próxima a la superficie, se posibilitará la derivación a tierra de cualquier corriente residual de defecto o descargas de origen atmosférico, que pudieran resultar peligrosas para las personas o animales domésticos. Este electrodo o grupo de ellos estará unido a la estructura metálica del edificio, desde su cimentación.
- ▶ Instalado en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, justo antes de depositar capa alguna de hormigón de limpieza y en contacto directo con el terreno, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima de 35 mm<sup>2</sup>, formando un anillo cerrado que afecte a todo el perímetro del edificio y conectado a los electrodos, verticalmente hincados en el terreno, necesarios, formaran la puesta a tierra de protección, básica de cualquier edificación.

# RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

- ▶ El electrodo se dimensionará de forma que, considerando su máxima resistencia a tierra a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto superiores a:
  - ▶ 24 V en local o emplazamiento conductor
  - ▶ 50 V en los demás casos.
- ▶ En el momento de dar de alta una instalación para su puesta en marcha, el director de obra o instalador deberá comprobar el sistema de puesta a tierra y su medida de resistencia, que deberá ser inferior a  $15 \Omega$  en edificios con pararrayos y  $37 \Omega$  en edificios sin pararrayos. Cuando no se pueda alcanzar este valor deberán medirse las tensiones de contacto y comprobar que no sobrepasen los valores anteriormente indicados.

# PUESTA A TIERRA EN EDIFICIOS (I)

- ▶ En España el esquema TT (neutro del CT a tierra y masas de los receptores a tierra) es obligatorio para la distribución pública de energía eléctrica. Por tanto, todos los receptores de instalaciones sin CT propio deben conectar las masas de su instalación a tierra obligatoriamente.
- ▶ El objeto de la puesta a tierra de las masas de los receptores es asegurar la seguridad de las personas ante contactos indirectos.
- ▶ En el esquema TT la utilización del interruptor diferencial (ID) es generalizada, con lo que la máxima tensión que puede aparecer en las masas de los receptores (tensión de defecto), cuando ha habido un defecto a tierra, será el producto de la máxima intensidad de defecto sin que actúe el diferencial por la resistencia de tierra.

# PUESTA A TIERRA EN EDIFICIOS (II)

- ▶ El REBT, en su ITC-BT-24, exige que la tensión de defecto sea inferior a la tensión límite de contacto convencional:

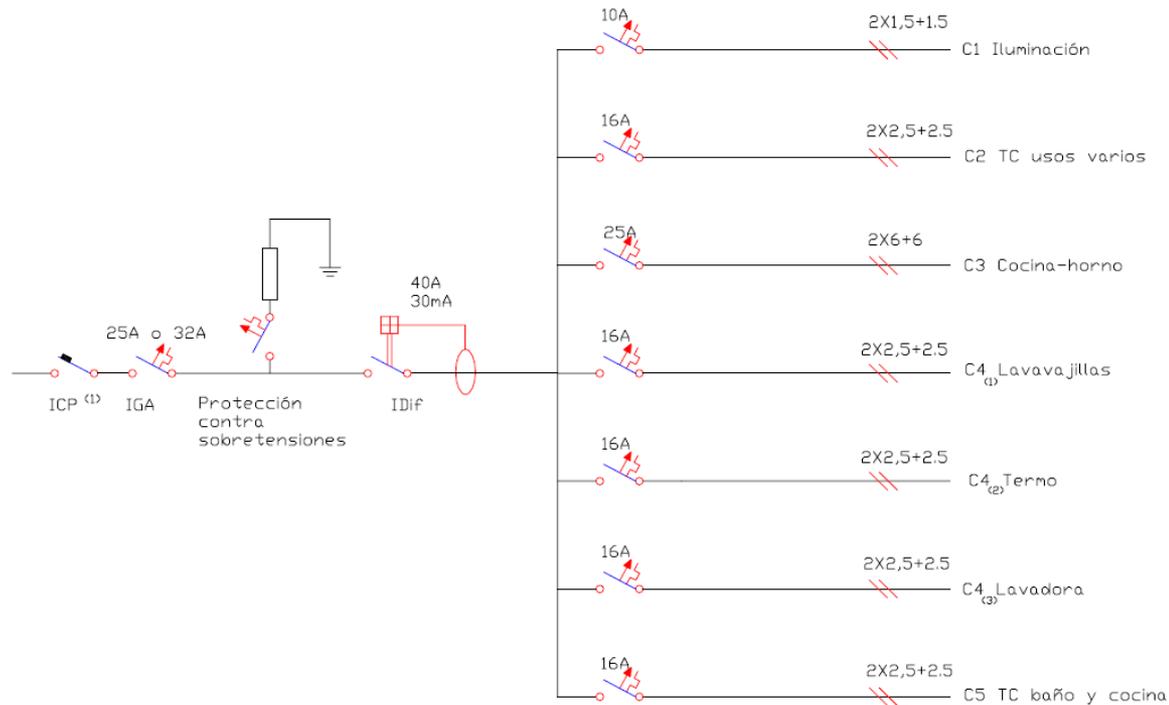
$$R_g \cdot I_g < U$$

- ▶ siendo  $R_g$  la suma de la resistencia de la toma de tierra y los conductores de protección de las masas,  $I_g$  la corriente que asegura el funcionamiento de protección (si protegemos con ID será 30 mA en viviendas, 300 mA en industrias generalmente), y  $U$  es la tensión de contacto límite convencional (24 V en locales conductores y 50 V en los demás casos).
- ▶ Las instalaciones de puesta a tierra se harán según la instrucción ITC-BT-18 del REBT. Para el caso de edificios de viviendas, habrá que cumplir también la ITC-BT-26.
- ▶ Se recomienda leer el [siguiente artículo](#).

# INSTALACIÓN INTERIOR. ESQUEMA UNIFILAR- ELEC. BASICA

- ▶ Electrificación básica
  - ▶ C1 Iluminación
  - ▶ C2: Tomas de corriente uso general y frigorífico
  - ▶ C3: Cocina y horno
  - ▶ C4: Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico
  - ▶ C5 Tomas de corriente de los cuartos de baños y tomas auxiliares de cocina

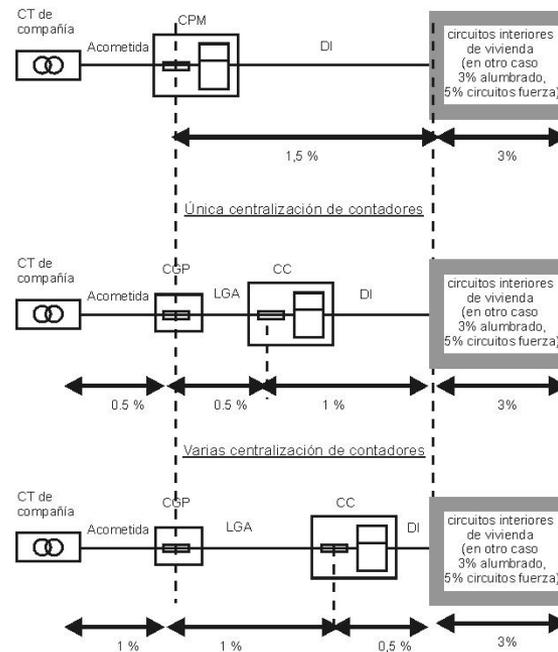
# ESQUEMA UNIFILAR- ELEC. BASICA



# CAÍDA TENSIÓN (I)

## Caídas de tensión

Único usuario



# CÁLCULO DE CAÍDAS DE TENSIÓN (I)

- ▶ La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:
  - ▶ Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.
    - ▶ La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente no deberá superar en ningún momento al temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 °C para cables con aislamiento termoplástico y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

# CÁLCULO DE CAÍDAS DE TENSIÓN (II)

- ▶ Criterio de la caída de tensión.
  - ▶ La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcado por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud por ejemplo, en derivaciones individuales que alimentan a los últimos pisos en un edificio de cierta altura.
- ▶ Criterio de la intensidad de cortocircuito.
  - ▶ La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobre intensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (por menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 160 °C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250 °C para cables con aislamiento termoestables.
  - ▶ Este criterio aunque es determinante en instalaciones de alta y media tensión no lo es en instalaciones de baja tensión ya que por una parte las protecciones de sobreintensidad limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves, y además las impedancias de los cables hasta el punto de cortocircuito limitan la intensidad de cortocircuito.

# EJEMPLO

- ▶ Un edificio destinado a viviendas y locales comerciales tiene una previsión de cargas de  $P=145$  kW
- ▶ Se proyecta instalar una única centralización de contadores, y se trata de calcular la sección de la LGA que va desde la Caja General de Protección ubicada en la fachada del edificio hasta la Centralización de Contadores ubicada en la planta baja de dicho edificio.
- ▶ El edificio tiene unas zonas comunes con jardines y piscina, resultando una longitud de la LGA de 40 metros. La LGA discurre en el interior de un tubo enterrado ya que es necesario pasar por el jardín de las zonas comunes del edificio.

# Solución

- ▶ Elección del tipo de cables a utilizar:
  - ▶ Según la ITC-BT-14, los cables a utilizar serán unipolares de tensión asignada 0.6/1 kV, no programadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Por tanto se utilizarán cables normalizados RZ1-K (aislamiento reticulado, R) o DZ1-K (aislamiento de etileno propileno, D).
  - ▶ En ambos casos al tratarse de aislamientos termoestables la temperatura máxima admisible del conductor en servicio continuo será 90 °C.
- ▶ Cálculo de la sección:
  - ▶ En primer lugar se calcula la intensidad.
  - ▶  $P=145\ 000\text{W}$
  - ▶  $U=400\text{V}$  tensión nominal de la línea
  - ▶  $\cos(\alpha)=0.9$  , factor de potencia de la carga, a falta de datos se toma 0.85
  - ▶  $I=P/(\text{raiz}(3)*U*\cos(\alpha))=145000/(\text{raiz}(3)*400*0.9)=232.54\ \text{A}$

# Solución

## ▶ Método I:

- ▶ Según la tabla A de la GUIA-BT-14, la sección nominal del conductor en caso de tubo enterrado es 95 mm<sup>2</sup>.
- ▶ Comprobamos ahora que cumple con el criterio de caída de tensión.
- ▶ Para la LGA, la caída de tensión máxima admisible es de 0.5%=0.5/100\*400=2 V para contadores totalmente centralizados. La conductividad, g, del cobre a 90 °C es 44
- ▶  $e=RL/(g*S*U)=14500*40/(44*95*400)=3.5V=0.87\%$
- ▶ Esta caída de tensión es mayor de 2V por lo que hay que incrementar la sección del conductor para cumplir el criterio de la caída de tensión. Volvemos a intentarlo con otras secciones mayores y vemos que con S=185 mm<sup>2</sup>.
- ▶  $e=RL/(g*S*U)=14500*40/(44*185*400)=1.78V=0.44\%$

# Solución

- ▶ Por lo que la solución sería para las fases un conductor de cobre unipolar RZ1-K de 185 mm<sup>2</sup> de tensión asignada 0.6/1 kV, aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1), y para el neutro un conductor de sección 95 mm<sup>2</sup> (tabla 1, GUIA-BT-14).
- ▶ Método II:
  - ▶ Sabiendo que debe cumplirse que la caída de tensión en la LGA con contadores centralizados es 0.5%=0.5/100\*400=2 V por lo que la sección sería
  - ▶  $S = P \cdot L / (g \cdot e \cdot U) = 145000 \cdot 40 / (44 \cdot 2 \cdot 400) = 165 \text{ mm}^2$
  - ▶ De la tabla A de la GUIA-BT-14 tenemos que la sección normalizada más próximas es 185 mm<sup>2</sup>. Vemos que cumple el criterio de intensidad máxima admisible ya que según la tabla A de la GUIA-BT-14, la intensidad máxima admisible para este conductor es de 384 A en tubos enterrados.