

PRÁCTICA N° 5

**PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS EN
INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN CONTRA
CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS**

PRÁCTICA Nº 5**PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS EN INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS****OBJETIVO**

El objetivo es establecer, en distintos escenarios de una instalación eléctrica de baja tensión, las medidas de protección de las personas contra contactos indirectos, según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Instrucción ITC-BT-24.

FUNDAMENTO TEÓRICO**PROTECCIÓN DE PERSONAS EN INSTALACIONES DE BT
CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. ITC-BT-24.****1.- INTRODUCCIÓN**

La seguridad de las personas y de los bienes es una preocupación primordial de los responsables de la redacción, establecimiento y aplicación de las normas y reglamentos sobre instalaciones eléctricas.

Estas normas y reglamentos definen un nivel óptimo de seguridad, que limita de forma razonable los riesgos que una instalación eléctrica, realizable económicamente, puede presentar.

2.- CAUSAS DE LOS DEFECTOS DE AISLAMIENTO

Para asegurar la protección de las personas y la continuidad de la explotación, los conductores y las piezas con tensión de una instalación eléctrica están aislados respecto a las masas conectadas a tierra. El aislamiento se realiza mediante:

- La utilización de materiales aislantes.
- El alejamiento, con las distancias de aislamiento adecuadas.

Durante la puesta en servicio de una instalación nueva, realizada según las normas del buen hacer y con productos fabricados de acuerdo con las normas, el riesgo de defectos de aislamiento es muy bajo; pero al envejecer la instalación, este riesgo aumenta.

La instalación sufre diversas agresiones que están en el origen de fallos de aislamiento y que a título de ejemplo podemos citar:

- Durante la instalación:
 - ♦ Deterioro mecánico de los aislantes del cable.
- Durante la utilización:
 - ♦ El polvo, más o menos conductor.
 - ♦ El envejecimiento térmico de los aislantes, debido a una temperatura excesiva, causada por:
 - ◇ El clima.
 - ◇ Excesivo número de cables en una canalización.

- ◇ Armario mal ventilado.
- ◇ Sobreintensidades.
- ◇ Etc.
- ◆ Esfuerzos electromecánicos desarrollados durante un cortocircuito que pueden dañar un cable o disminuir su distancia de aislamiento.
- ◆ Las sobretensiones de maniobra o de rayo.
- ◆ Las sobretensiones de retorno a 50 Hz como resultado de un defecto de aislamiento en MT.

Normalmente es una combinación de estas causas primarias lo que lleva a un defecto de aislamiento:

- Bien en modo diferencial (entre conductores activos) lo que se convierte en un cortocircuito.
- Bien de modo común (entre conductores activos y masa o tierra) circulando entonces por el conductor de protección (PE) y/o por tierra una corriente de defecto, llamada de modo común u homopolar.

3.- RIESGOS LIGADOS AL DEFECTO DE AISLAMIENTO

Un defecto de aislamiento, sea cual sea su causa, presenta riesgos para:

- La vida de las personas.
- La conservación de los bienes.
- La disponibilidad de la energía eléctrica, la que a su vez redundará en perjuicio de la seguridad.

3.1.- Riesgos de electrización de las personas

Se emplea el término *electrización* para todas las víctimas, sobrevivientes o fallecidas.

Se emplea el término *electrocución* para las víctimas fallecidas.

La electrización puede producirse por:

- Contacto directo:
 - ◆ Con dos conductores activos o piezas conductoras, normalmente en tensión.
 - ◆ Con un conductor activo o una pieza conductora, normalmente en tensión y tierra.
- Contacto indirecto:
 - ◆ Con masas puestas bajo tensión accidentalmente y tierra (u otros cuerpos conductores conectados a tierra).

Una persona (o un animal) sometida a una tensión eléctrica se electriza. Según la importancia de la electrización, esta persona puede sufrir:

- ◆ Un dolor.
- ◆ Una contracción muscular.
- ◆ Una quemadura.
- ◆ Una parada cardíaca (es decir la electrocución).

3.1.1.- Umbrales de sensibilidad del cuerpo humano a las corrientes eléctricas

En una primera aproximación, podemos asimilar el cuerpo humano a una resistencia eléctrica R . Al producirse un contacto accidental, la energía disipada por el paso de una corriente I , durante un tiempo t será:

$$W = R \times I^2 \times t$$

Esta energía, es consumida en el cuerpo, con quemaduras externas e internas. Es peligroso por tanto el valor y la duración de la corriente que atraviesa el cuerpo humano, pero hay que tener también en cuenta que la resistencia del cuerpo humano varía en función de la tensión aplicada.

El paso de la corriente por el cuerpo humano produce una serie de efectos fisiológicos:

- *Tetanización de los músculos*: que se traduce en una contracción que impide cualquier movimiento. Si la corriente se interrumpe rápidamente, el sistema muscular afectado recupera su estado normal y en general el fenómeno no deja secuela.
- *Tetanización del diafragma*: si la corriente no se interrumpe rápidamente, desciende el valor de la resistencia del cuerpo humano, con lo que aumenta la corriente que atraviesa el organismo. A partir de un valor de 25 mA, el diafragma, que acciona nuestra respiración es afectado por la tetanización y ello representa la muerte aparente por asfixia.
- *Fibrilación ventricular*: desajusta la actividad eléctrica rítmica autoprogramada del corazón. Este fenómeno una vez disparado, es espontáneamente irreversible. La muerte no es inmediata y el ser humano se encuentra, en un principio, en un estado de muerte aparente.

Los primeros instantes (segundos y minutos) que siguen al accidente son importantísimos para la supervivencia.

Es fundamental conocer las acciones inmediatas a realizar:

- Cortar la corriente eléctrica.
- Practicar la respiración boca a boca y el masaje cardiaco, hasta la llegada de socorros especializados.

3.2.- Riesgos de incendio o explosión

Este riesgo, cuando se materializa, puede tener consecuencias dramáticas para las personas y para los bienes. Un buen número de incendios tienen su origen en un calentamiento importante y puntual o en un arco eléctrico provocado por un defecto de aislamiento. El riesgo es todavía más importante si la corriente de defecto es elevada. Es también función del grado de riesgo de incendio o de explosión de los locales.

3.3.- Riesgos de no disponibilidad de la energía

El control de este riesgo tiene cada vez más importancia. Si para eliminar un defecto se desconecta automáticamente la parte con el defecto, se tiene como resultado:

- Un riesgo para las personas:
 - ♦ Falta súbita de iluminación.
 - ♦ Desconexión de equipos útiles para la seguridad.
 - ♦ Etc.

- Un riesgo económico por la falta de producción. Debe ser especialmente controlado en las industrias de procesos, en las que un re arranque puede ser largo y costoso.

Además, si la corriente de defecto es elevada:

- Los daños en la instalación o en los receptores, pueden ser importantes y aumentar los costes y los tiempos de reparación.
- La circulación de elevadas corrientes de defecto en modo común (entre red y tierra) pueden también producir perturbaciones en el funcionamiento de equipos sensibles, sobre todo si éstos forman parte de un sistema de *pequeñas señales*, geográficamente distribuidas y con conexiones galvánicas.
- Por último, al conectar la tensión, la aparición de sobretensiones y/o de fenómenos de radiación electromagnética pueden producir disfunciones o deterioro de los equipos sensibles.

4.- REGLAMENTOS Y NORMAS

Para evitar los peligros, que lleva consigo la utilización de la electricidad, existen reglamentos y normas. En la que se refiere a instalaciones interiores o receptoras de BT, para la “Protección contra contactos directos e indirectos”, la ITC-BT-24 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, precisa las técnicas de protección a emplear.

5.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

La protección contra los choques eléctricos para contactos directos e indirectos a la vez se realiza mediante la utilización de muy baja tensión de seguridad MBTS, que debe cumplir una serie de condiciones en cuanto a:

- ✓ Tensión nominal.
- ✓ Fuente de tensión de seguridad para MBTS.
- ✓ Circuitos de instalaciones para MBTS.

6.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.

Los medios más habituales a utilizar son:

- ✓ Protección por aislamiento de las partes activas.
- ✓ Protección por medio de barreras o envolventes.
- ✓ Protección por medio de obstáculos.
- ✓ Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- ✓ Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

6.1.- Protección por aislamiento de las partes activas

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

6.2.- Protección por medio de barreras o envolventes

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean unas características que dependen de las condiciones circundantes y de la naturaleza de los locales en los que se instalen.

El estudio de los grados de protección se ha llevado a un plano internacional adoptando una simbología para definirlos. El símbolo comprende dos letras IP (International Protection) seguidas de unas cifras:

- ✓ *Primera cifra:* protección contra la penetración de cuerpos extraños sólidos.
- ✓ *Segunda cifra:* protección contra la penetración de líquidos.
- ✓ *Tercera cifra:* protección contra los choques mecánicos.

6.3.- Protección por medio de obstáculos

Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado.

Los obstáculos están destinados a impedir los contactos fortuitos con las partes activas, pero no los contactos voluntarios por una tentativa deliberada de salvar el obstáculo.

6.4.- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento

Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado.

La puesta fuera de alcance por alejamiento está destinada solamente a impedir los contactos fortuitos con las partes activas.

6.5.- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial

Esta medida está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea $\leq 30 \text{ mA}$, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

La utilización de tales dispositivos no constituye por si mismo una medida de protección completa y requiere el empleo de una medidas de protección anteriores.

7.- PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

El contacto de una persona con masas metálicas accidentalmente puestas bajo tensión se llama contacto indirecto. Esta conexión accidental a la tensión es el resultado de un defecto de aislamiento. Circula una corriente de defecto y provoca una elevación de la tensión entre la masa del receptor eléctrico y tierra. Esta tensión de defecto es peligrosa si es superior a la tensión límite de seguridad.

Esta protección se consigue mediante la aplicación de alguna de las medidas siguientes:

- ✓ Protección por corte automático de la alimentación.
- ✓ Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente.
- ✓ Protección en los locales o emplazamientos no conductores.
- ✓ Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra.
- ✓ Protección por separación eléctrica.

7.1.- Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar lugar como resultado un riesgo.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público.

Debe existir una adecuada coordinación entre el *esquema de conexiones a tierra* de la instalación utilizado y las características de los dispositivos de protección.

7.1.1.- Esquema de conexión a tierra (Régimen de neutro)

El esquema de conexión a tierra caracteriza el modo de conexión a tierra del secundario del transformador MT/BT y las maneras de poner a tierra las masas de la instalación.

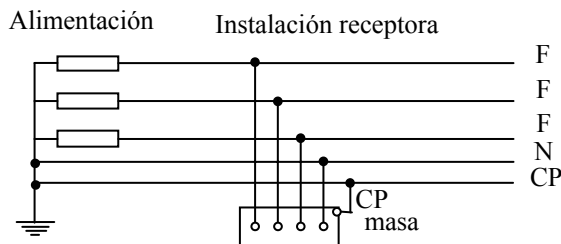
La identificación de los tipos de esquema se define por dos letras:

- La primera para la conexión del neutro del transformador, con dos casos posibles:
 - ✓ **T** para **conectado a tierra**.
 - ✓ **I** para **aislado** de tierra.
- La segunda para el tipo de conexión de las masas de los receptores, con dos casos posibles:
 - ✓ **T** para **conectada directamente a tierra**.
 - ✓ **N** para **conectada al neutro** en el origen de la instalación, que está conectada a tierra.

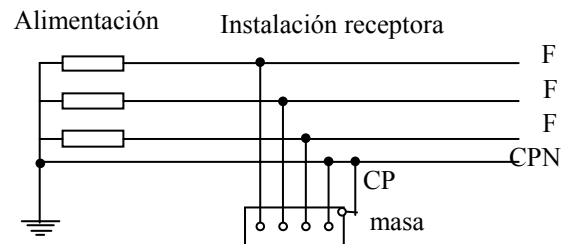
La combinación de estas dos letras da tres configuraciones posibles:

- ✓ **TT neutro a tierra, masas a tierra.**
- ✓ **TN neutro a tierra, masas a neutro**, comporta tres subesquemas:
 - **TN-C** El conductor de neutro es al mismo tiempo el conductor de protección (PEN).
 - **TN-S** El conductor de neutro y el de protección están separados.
 - **TN-C-S** Utilización de un esquema **TN-S** aguas abajo de un **TN-C**.
- ✓ **IT neutro aislado o impedante, masas a tierra.**

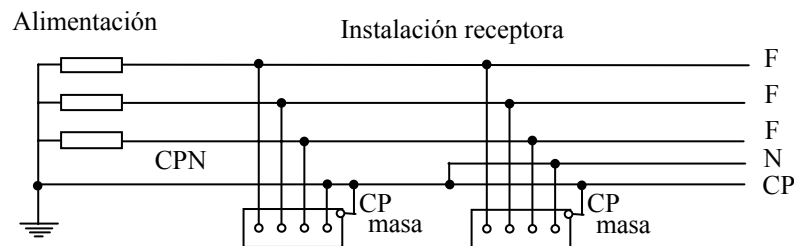
En los esquemas **TT** y **IT** la corriente de falta vuelve a la unión con la fuente de alimentación a través de tierra. En todos los esquemas **TN**, la corriente de falta vuelve a la unión con la fuente de alimentación a través del conductor de protección (PE) sin que realmente intervenga la placa de puesta a tierra.



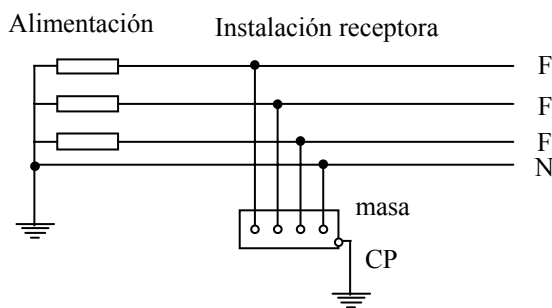
Esquema TN-S



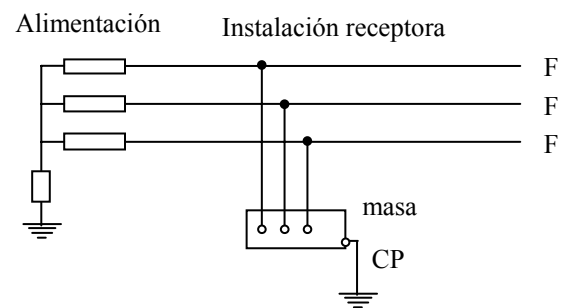
Esquema TN-C



Esquema TN-C-S



Esquema TT



Esquema IT

Aplicación de los tres tipos de esquemas

La elección de uno de los tres tipos de esquemas debe hacerse en función de las características técnicas y económicas de cada instalación. Sin embargo, hay que tener en cuenta los siguientes principios:

- ✓ Las redes de distribución pública de BT tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de BT es el esquema TT.
- ✓ En instalaciones alimentadas en BT, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.
- ✓ No obstante lo dicho en a), puede establecerse un esquema IT en la parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones citadas en el esquema IT.

7.1.2.- Esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de residual

Una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra. Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.

Las características de los dispositivos de protección y las secciones de los conductores se eligen de manera que, si se produce en un lugar cualquiera un fallo, de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, el corte automático se efectúe en un tiempo igual, como máximo, al valor especificado, y se cumpla la condición siguiente:

$$Z_S \times I_a \leq U_0$$

donde:

Z_S es la impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de corte automático en un tiempo como máximo igual al definido en la *tabla 1* para tensión nominal igual a U_0 . En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial residual, I_a es la corriente diferencial asignada.

U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

U_0 (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0.4
400	0.2
> 400	0.1

Tabla 1

En la norma UNE 20.460-4-41 se indican las condiciones especiales que deben cumplirse para permitir tiempos de interrupción mayores o condiciones especiales de instalación.

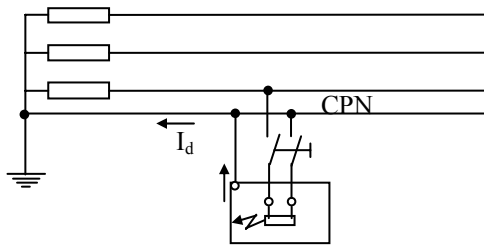
En el esquema TN pueden utilizarse los dispositivos de protección siguientes:

- ✓ Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como **fusibles, interruptores automáticos**.
- ✓ Dispositivos de protección de **corriente diferencial-residual**.

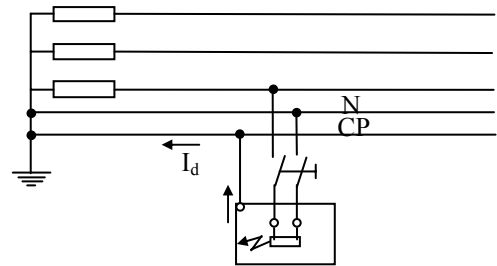
Cuando el conductor neutro y el conductor de protección sean comunes (esquemas TN-C), no podrá utilizarse dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual esquemas TN-C-S, no debe utilizarse un conductor CPN aguas abajo. La conexión del conductor de protección al conductor CPN debe efectuarse aguas arriba del dispositivo de protección de corriente diferencial-residual.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada (por ejemplo del tipo “S”) en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general.



Esquema TN-C



Esquema TN-S

7.1.3.- Esquemas TT. Características y prescripciones de los dispositivos de protección

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_a \leq U$$

donde:

R_A es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.

U es la tensión de contacto límite convencional (50, 24V a otras, según los casos).

En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

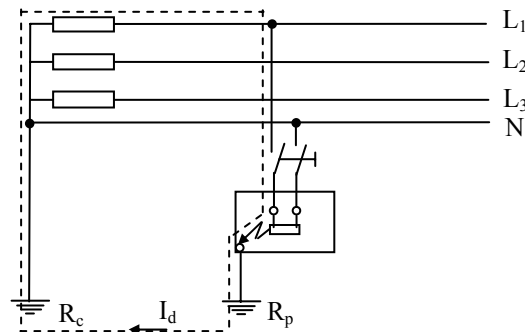
- ✓ Dispositivos de protección de **corriente diferencial-residual**.
- ✓ Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como **fusibles**, **interruptores automáticos**. Estos dispositivos **solamente** son aplicables cuando la **resistencia R_A** tiene un **valor muy bajo**.

Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de protección contra las sobrecorrientes, debe ser:

- ✓ bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento de tiempo inverso e I_a debe ser la corriente que asegure el funcionamiento automático en 5 s como máximo.
- ✓ o bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento instantánea e I_a debe ser la corriente que asegure el funcionamiento instantáneo.

La utilización de dispositivos de protección de tensión de defecto no está excluida para aplicaciones especiales cuando no puedan utilizarse los dispositivos de protección antes señalados.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada (por ejemplo del tipo “S”) en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 s.



Esquema TT

7.1.4.- Esquemas IT. Características y prescripciones de los dispositivos de protección

En el esquema IT, la instalación debe estar aislada de tierra o conectada a tierra a través de una impedancia de valor suficientemente alto. Esta conexión se efectúa bien sea en el punto neutro de la instalación, si está montada en estrella, o en un punto neutro artificial. Cuando no exista ningún punto de neutro, un conductor de fase puede N conectarse a tierra a través de una impedancia.

En caso de que exista un sólo defecto a masa o a tierra, la corriente de fallo es de poca intensidad y no es imperativo el corte. Sin embargo, se deben tomar medidas para evitar cualquier peligro en caso de aparición de dos fallos simultáneos. Ningún conductor activo debe conectarse directamente a tierra en la instalación.

Las masas deben conectarse a tierra, bien sea individualmente o por grupos.

Debe ser satisfecha la condición siguiente:

$$R_A \times I_d \leq U_L$$

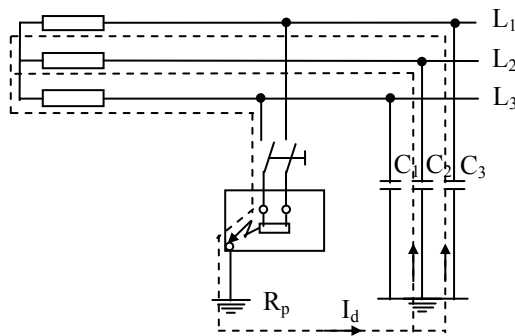
donde:

R_A es la suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.

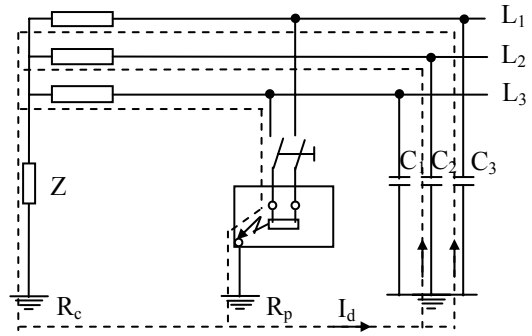
I_d es la corriente de defecto en caso de un primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y una masa. Este valor tiene en cuenta las corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica

U_L es la tensión de contacto límite convencional (50, 24V a otras, según los casos).

C_1 ; C_2 ; C_3 Capacidad homopolar de los conductores respecto de tierra.



Esquema IT aislado de tierra



Esquema IT unido a tierra por impedancia Z y con las puestas a tierra de la alimentación y de las masas separadas

En el esquema IT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- ✓ **Controladores permanentes de aislamiento.**
- ✓ Dispositivos de protección de **corriente diferencial-residual.**
- ✓ Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como **fusibles, interruptores automáticos.**

Si se ha previsto un controlador permanente de primer defecto para indicar la aparición de un primer defecto de una parte activa a masa o a tierra, debe activar una señal acústica o visual.

Después de la aparición de un primer defecto, las condiciones de interrupción de la alimentación en un segundo defecto deben ser las siguientes:

- ✓ Cuando se pongan a tierra masas por grupos o individualmente, las condiciones de protección son las del esquema TT, salvo que el neutro no debe ponerse a tierra.
- ✓ Cuando las masas estén interconectadas mediante un conductor de protección, colectivamente a tierra, se aplican las condiciones del esquema TN, con protección mediante un dispositivo contra sobrecorrientes de forma que se cumplan las condiciones siguientes:
 - a) si el neutro no está distribuido: $2 \times Z_S \times I_a \leq U$
 - b) si el neutro está distribuido: $2 \times Z_S' \times I_a \leq U_0$

donde:

Z_S es la impedancia del bucle de defecto constituido por el conductor de fase y el conductor de protección.

Z_S' es la impedancia del bucle de defecto constituido por el conductor neutro, el conductor de protección y el de fase.

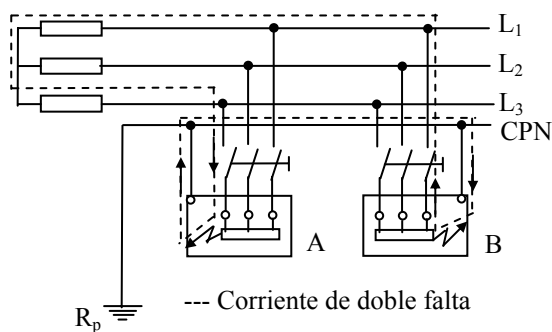
I_a es la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección de la instalación en un tiempo t , según la tabla 2, ó tiempos o superiores, con 5 segundos como máximo, para aquellos casos especiales contemplados en la norma UNE 20.460-4-41.

U es la tensión entre fases, valor eficaz en corriente alterna.

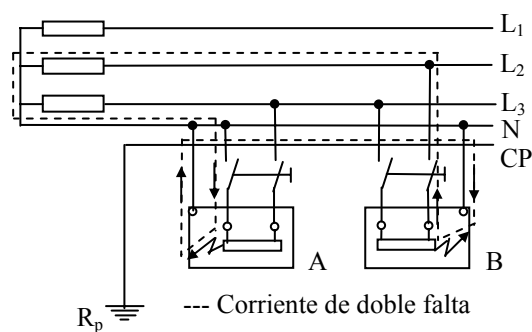
U_0 es la tensión entre fase y neutro, valor eficaz en corriente alterna.

Tensión nominal de la instalación (U_0/U)	Tiempo de interrupción (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Tabla 2



Corriente de segundo defecto en el esquema IT con masa conectadas a la misma toma de tierra y neutro no distribuido



Corriente de segundo defecto en el esquema IT con masa conectadas a la misma toma de tierra y neutro distribuido

Si no es posible utilizar dispositivos de protección contra sobrecorrientes de forma que se cumpla lo anterior, se utilizarán dispositivos de protección de corriente diferencial-residual para cada aparato de utilización o se realizará una conexión equipotencial complementaria según lo dispuesto en la norma UNE 20.460-4-41.

7.1.5.- Elección del régimen de neutro

Desde el punto de vista de protección de las personas, los tres regímenes de neutro son equivalentes si se respetan todas las reglas de instalación y de explotación. Dadas las características específicas de cada régimen, no cabe realizar, a priori, una elección.

En esta elección se tendrán en cuenta:

- Las características de la instalación.
- Las condiciones e imperativos de la explotación.

⇒ *Es ilusorio querer utilizar una red con neutro aislado IT en:*

- ◇ Una instalación con bajo nivel de aislamiento (solo algunos miles de ohmios).
- ◇ Instalaciones viejas o antiguas.
- ◇ Instalaciones muy extensas.
- ◇ Instalaciones con líneas a la intemperie.

⇒ *De igual forma será contradictorio elegir una explotación con puesta al neutro TN en :*

- ◇ Una industria donde son esenciales la continuidad del servicio y los riesgos de incendio importantes.

Globalmente:

- Para continuidad en el servicio y servicio atendido:
 - ♦ **La solución es IT.**
- Para continuidad en el servicio y servicio no atendido:
 - ♦ **Ninguna solución es totalmente satisfactoria.**
 - ♦ **Preferible TT porque la selectividad al disparo es más fácil de instalar y minimiza los daños respecto al TN.**

Las extensiones son más fáciles de hacer (sin cálculos).

- Continuidad en el servicio no obligatoria y servicio de mantenimiento competente:
 - ♦ **Preferible TN-S. Reparación y extensiones rápidas y ejecutadas según normas).**
- Continuidad en el servicio no obligatoria y sin servicio de mantenimiento:
 - ♦ **Preferible TT.**
- Riesgo de incendio:
 - ♦ **IT** si hay servicio de mantenimiento y se emplean interruptores diferenciales.
 - ♦ **TT.**

Hay que tener en cuenta la especificidad de la red o de los receptores:

Redes muy extensas o con gran corriente de fuga:

Preferible TN-S.

Utilización de alimentaciones de emergencia y de socorro:

Preferible TT.

Receptores sensibles a grandes corrientes de defecto (motores):

Preferible TT ó IT.

Receptores con bajo aislamiento natural (hornos) o con filtros de HF importantes (grandes ordenadores):

Preferible TN-S.

Alimentación de sistemas de mando y control:

Preferible IT (continuidad en el servicio) ó TT (mejor equipotencialidad).

7.1.6.- Interruptores diferenciales

Los interruptores diferenciales son dispositivos sensibles a las corrientes de falta a tierra (corrientes diferenciales), es decir, la suma vectorial de las corrientes que circulan por los conductores activos del circuito (incluido el neutro).

En condiciones normales de aislamiento (circuito integro), la corriente de defecto $I_{\Delta n}$ es nula. Esta adopta un valor distinto de cero solo al presentarse una falta a tierra.

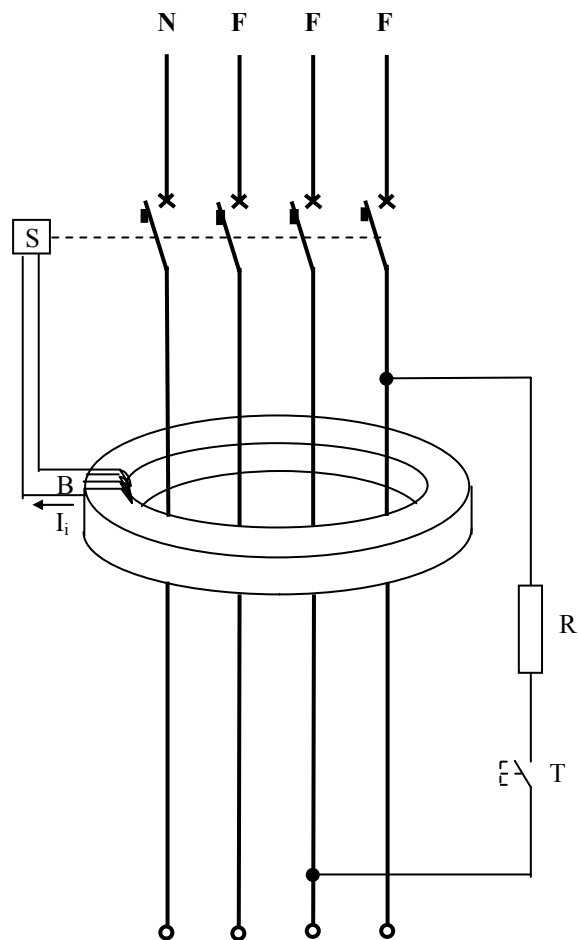
Principio de funcionamiento:

El dispositivo de corriente de defecto está formado por un transformador toroidal para detectar la corriente de defecto y provocar una corriente inducida I_i en un devanado de detección B que controla un dispositivo para abrir los contactos S.

Para comprobar periódicamente la eficacia del dispositivo se utiliza el botón de prueba T.

Gama de fabricados:

No selectivo	0,03 A	0,1 A	0,3 A			
Selectivo	0,03 A	0,1 A	0,3 A	0,5 A	1 A	3 A



Esquema de funcionamiento de un interruptor diferencial

B	Devanado
R	Resistencia
S	Solenoide de disparo
T	Botón PRUEBA
N	Neutro
F	Fases

7.2.- Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente

Se asegura esta protección por:

- ✓ Utilización de equipos con un aislamiento doble o reforzado (clase II).
- ✓ Conjuntos de apareamiento contruidos en fábrica y que posean aislamiento equivalente (doble o reforzado).
- ✓ Aislamientos suplementarios montados en el curso de la instalación eléctrica y que aislen equipos eléctricos que posean únicamente un aislamiento principal.
- ✓ Aislamientos reforzados montados en el curso de la instalación eléctrica y que aislen las partes activas descubiertas, cuando por construcción no sea posible la utilización de un doble aislamiento.

La norma UNE 20.460-4-41 describe el resto de características y revestimiento que deben cumplir las envolventes de estos equipos.

7.3.- Protección en los locales o emplazamientos no conductores

La norma UNE.20.460-4-41 indica las características de las protecciones y medios para estos casos.

Esta medida de protección está destinada a impedir en caso de fallo del aislamiento principal de las partes activas, el contacto simultáneo con partes que pueden ser puestas a tensiones diferentes. Se admite la utilización de materiales de la clase 0 condición que se respete el conjunto de las condiciones siguientes:

Las masas deben estar dispuestas de manera que, en condiciones normales, las personas no hagan contacto simultáneo: bien con dos masas, bien con una masa y cualquier elemento conductor, si estos elementos pueden encontrarse a tensiones diferentes en caso de un fallo del aislamiento principal de las partes activas.

En estos locales (o emplazamientos), no debe estar previsto ningún conductor de protección.

Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia no inferior a:

- 50 k Ω , si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500 V; y
- 100 k Ω , si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V,

Si la resistencia no es superior o igual, en todo punto, al valor prescrito, estas paredes y suelos se considerarán como elementos conductores desde el punto de vista de la protección contra las descargas eléctricas.

7.4.- Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra

Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores que sean simultáneamente accesibles.

La conexión equipotencial local así realizada no debe estar conectada a tierra, ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.

Deben adoptarse disposiciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado sin que éstas puedan ser sometidas a una diferencia de potencial peligrosa. Esto se aplica concretamente en el caso en que un suelo conductor, aunque aislado del terreno, está conectado a la conexión equipotencial local.

7.5.- Protección por separación eléctrica

El circuito debe alimentarse a través de una fuente de separación, es decir:

- ✓ un transformador de aislamiento,
- ✓ una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento anterior, por ejemplo un grupo motor generador que posea una separación equivalente.

La norma UNE 20.460-4-41 enuncia el conjunto de prescripciones que debe garantizar esta protección.

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

La práctica consiste en la protección de las personas en instalaciones de baja tensión contra contactos indirectos, mediante el empleo de interruptores diferenciales.

Utilizando la maleta de simulación de una instalación de baja tensión, se crearán distintos escenarios aplicando diferentes valores de la resistencia del conductor de protección, de la resistencia de puesta a tierra del neutro, así como los distintos esquemas de conexión a tierra y si el suelo del local constituye un emplazamiento seco o húmedo.

Se trata de estudiar en cada caso, cuales son las mejores soluciones y aparatos a utilizar para que la instalación no presente ningún riesgo. La aplicación de los reglamentos y normas en las redes de BT, es diferente según sea el régimen de neutro de las mismas.

En lo que se refiere al empleo de interruptores diferenciales, en la protección contra contactos indirectos, el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. ITC BT-24, Apartado 4.1, *Protección por corte automático de la alimentación*, establece lo siguiente:

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar lugar como resultado un riesgo.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo, 24 V.

*Debe existir una adecuada coordinación entre el **esquema de conexiones a tierra** de la instalación utilizado y las características de los dispositivos de protección.*

Esquema TN:

Las características de los dispositivos de protección y las secciones de los conductores se eligen de manera que, si se produce en un lugar cualquiera un fallo, de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, el corte automático se efectúe en un tiempo igual, como máximo, al valor especificado, y se cumpla la condición siguiente:

$$Z_S \times I_a \leq U_0$$

donde:

Z_S es la impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de corte automático en un tiempo definido para tensión nominal igual a U_0 . En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial residual, I_a es la corriente diferencial asignada.

U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

Esquema TT:

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_a \leq U$$

donde:

R_A es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.

U es la tensión de contacto límite convencional (50, 24V a otras, según los casos).

Esquema IT:

Debe ser satisfecha la condición siguiente:

$$R_A \times I_d \leq U_L$$

donde:

R_A es la suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.

I_d es la corriente de defecto en caso de un primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y una masa. Este valor tiene en cuenta las corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica

U_L es la tensión de contacto límite convencional (50, 24V a otras, según los casos).

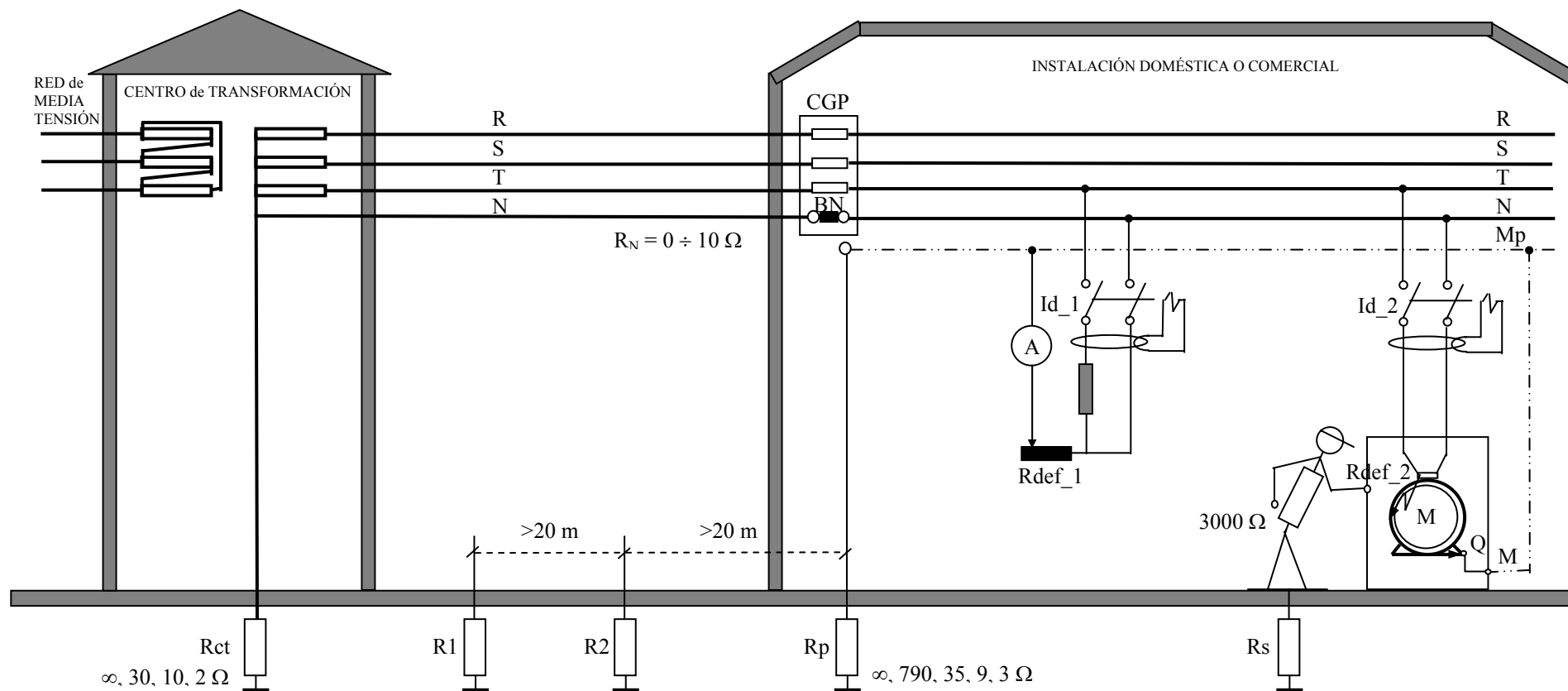
Se estudiarán cuatro escenarios distintos utilizando interruptores diferenciales de baja sensibilidad, 300 mA, y de alta sensibilidad, 30 mA. En cada uno de los escenarios planteados, además de comprobar la actuación del interruptor diferencial, abriendo el circuito cuando la corriente de falta a tierra alcanza el valor de sensibilidad de aparato, se resolverán teóricamente los supuestos expuestos.

EQUIPO NECESARIO

- Maleta de simulación de la marca Kainos.
- Interruptor diferencial de baja sensibilidad, 300 mA.
- Interruptor diferencial de alta sensibilidad, 30 mA.
- Motor monofásico, utilizado como receptor.
- Resistencias, para simular la resistencia de defecto.

REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Esquema de montaje



Desarrollo de la práctica**ESCENARIO 1:***Red de Baja Tensión a tierra en el Centro de Transformación*

$$R_{ct} = 30 \, \Omega$$

Resistencia del conductor neutro

$$R_N = 0 \, \Omega$$

Conductor de protección (Mp), unido a una puesta a tierra diferente de la del neutro de la red. Conexión TT.

$$R_p = 790 \, \Omega$$

Se pide:

- 1) Ensayar un interruptor diferencial de:
 - a) Baja sensibilidad, 300 mA.
 - b) Alta sensibilidad, 30 mA.
- 2) Estudiar teóricamente la influencia de la resistencia de puesta a tierra de protección R_p para valores de: 3, 9, 35 y 790 Ω .
Considerar el caso en que $R_p = \infty$ (conductor de protección cortado o inexistente).
- 3) Razonar y justificar los resultados obtenidos. Extraer las conclusiones pertinentes.

ESCENARIO 2:*Red de Baja Tensión a tierra en el Centro de Transformación*

$$R_{ct} = 10 \, \Omega$$

Resistencia del conductor neutro

$$R_N = 0 \, \Omega$$

Conductor de protección (Mp), unido a una puesta a tierra diferente de la del neutro de la red. Conexión TT.

$$R_p = 35 \, \Omega$$

Se pide:

- 1) Encontrar teóricamente la sensibilidad máxima necesaria para que el interruptor diferencial garantice la protección contra contactos indirectos en una determinada máquina:
 - a) Si el suelo del local constituye un emplazamiento seco, $R_s = 20 \, \text{k}\Omega$, $V_c = 50 \, \text{V}$.
 - b) Si el suelo del local constituye un emplazamiento húmedo, $R_s \approx 0 \, \Omega$, $V_c = 24 \, \text{V}$.
- 2) Para asegurar la protección de las personas, ante un defecto desde la fase de alimentación a la carcasa de la máquina, utilizaremos en primer lugar un interruptor diferencial de 300 mA y en segundo lugar un interruptor diferencial de 30 mA. Se pide:
 - a) Comprobar experimentalmente el comportamiento de la protección en los siguientes supuestos:
 - i) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \, \Omega$.
 - ii) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 10.000 \, \Omega$.
 - iii) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 15.000 \, \Omega$.
 - iv) Cortocircuito franco y conductor de protección cortado $R_p = \infty \, \Omega$.

- b) Determinar teóricamente:
- i) La intensidad de corriente de defecto a la carcasa de la máquina, a través de:
 - (1) Un cortocircuito franco.
 - (2) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
 - (3) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 10.000 \Omega$.
 - (4) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 15.000 \Omega$.
 - (5) Cortocircuito franco y conductor de protección cortado $R_p = \infty \Omega$.
 - ii) La tensión de contacto y la intensidad de corriente que atraviesa el cuerpo de una persona que tocara, accidentalmente, la carcasa de la máquina, en los siguientes casos posibles:
 - (1) Emplazamiento seco y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \Omega$.
 - (2) Emplazamiento seco y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
 - (3) Emplazamiento seco, cortocircuito franco y conductor de protección cortado.
 - (4) Emplazamiento húmedo y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \Omega$.
 - (5) Emplazamiento húmedo y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
 - (6) Emplazamiento, cortocircuito franco y conductor de protección cortado.
- 3) Razonar y justificar los resultados obtenidos. Extraer las conclusiones pertinentes.

ESCENARIO 3:

Red de Baja Tensión a tierra en el Centro de Transformación

$$R_{ct} = 30 \Omega$$

Resistencia del conductor neutro

$$R_N = 2 \Omega$$

Conductor de protección (M_p), unido al conductor neutro en la barra de neutro BN. No hay puesta a tierra R_p en el edificio ($R_p = \infty$). Conexión TN.

Se pide:

- 1) Encontrar teóricamente cual podría ser el máximo valor de corriente diferencial que podría tener un interruptor diferencial, para garantizar la protección contra contactos indirectos en una determinada máquina:
 - a) Cuando el suelo del local constituye un emplazamiento seco, $R_s = 20 \text{ k}\Omega$, $V_c = 50 \text{ V}$.
 - b) Cuando el suelo del local constituye un emplazamiento húmedo, $R_s \approx 0 \Omega$, $V_c = 24 \text{ V}$.
- 2) Para asegurar la protección de las personas, ante un defecto desde la fase de alimentación a la carcasa de la máquina, utilizaremos en primer lugar un interruptor diferencial de 300 mA y en segundo lugar un interruptor diferencial de 30 mA. Se pide:
 - a) Comprobar experimentalmente el comportamiento de la protección en los siguientes supuestos:
 - i) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
 - ii) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 10.000 \Omega$.
 - iii) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 15.000 \Omega$.

- b) Determinar teóricamente:
- i) La intensidad de corriente de defecto a la carcasa de la máquina, a través de:
 - (1) Un cortocircuito franco.
 - (2) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \, \Omega$.
 - (3) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 10.000 \, \Omega$.
 - (4) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 15.000 \, \Omega$.
 - ii) La tensión de contacto y la intensidad de corriente que atraviesa el cuerpo de una persona que tocara, accidentalmente, la carcasa de la máquina, en los siguientes casos posibles:
 - (1) Emplazamiento seco y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \, \Omega$.
 - (2) Emplazamiento seco y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \, \Omega$.
 - (3) Emplazamiento húmedo y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \, \Omega$.
 - (4) Emplazamiento húmedo y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \, \Omega$.
- 3) Razonar y justificar los resultados obtenidos. Extraer las conclusiones pertinentes.

ESCENARIO 4:

Red de Baja Tensión a tierra en el Centro de Transformación $R_{ct} = 10 \, \Omega$

Resistencia del conductor neutro $R_N = 2 \, \Omega$

Conductor de protección (Mp), unido al conductor neutro en la barra de neutro BN y además puesto a tierra en el edificio. Conexión TN. $R_p = 9 \, \Omega$

Se pide:

Responder a las mismas cuestiones que se plantean para el escenario 3.

RESULTADOS

ESCENARIO 1:

■ Red de Baja Tensión a tierra en el Centro de Transformación $R_{ct} = 30 \, \Omega$

■ Resistencia del conductor neutro $R_N = 0 \, \Omega$

■ Conductor de protección (M_p), unido a una puesta a tierra diferente de la del neutro de la red. Conexión TT. $R_p = 790 \, \Omega$

1) Ensayar un interruptor diferencial de:

- Baja sensibilidad, 300 mA.
- Alta sensibilidad, 30 mA.

Intensidad disparo interruptor diferencial mA	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	
	Baja sensibilidad 300 mA	Alta sensibilidad 30 mA

2) Estudiar teóricamente la influencia de la resistencia de puesta a tierra de protección R_p para valores de: 3, 9, 35 y 790 Ω .

Considerar el caso en que $R_p = \infty$ (conductor de protección cortado o inexistente).

Resumen:

Resistencia puesta a tierra de protección R_p	Interruptor diferencial 30 mA		Interruptor diferencial 300 mA	
	Emplazamiento seco	Emplazamiento húmedo	Emplazamiento seco	Emplazamiento húmedo
	$R_p \leq \quad \Omega$	$R_p \leq \quad \Omega$	$R_p \leq \quad \Omega$	$R_p \leq \quad \Omega$
Validez del interruptor diferencial				
3 Ω				
9 Ω				
35 Ω				
790 Ω				
$\infty \, \Omega$				

3) Razonar y justificar los resultados obtenidos. Extraer las conclusiones pertinentes.

En resumen:

Resistencia puesta a tierra de protección R_p	Interruptor diferencial 30 mA		Interruptor diferencial 300 mA	
	Condición de disparo del interrupt. difer.	Observaciones	Condición de disparo del interrupt. difer.	Observaciones
3 Ω	$R_{def} \leq \Omega$		$R_{def} \leq \Omega$	
9 Ω	$R_{def} \leq \Omega$		$R_{def} \leq \Omega$	
35 Ω	$R_{def} \leq \Omega$		$R_{def} \leq \Omega$	
790 Ω	$R_{def} \leq \Omega$		$R_{def} \leq \Omega$	
$\infty \Omega$	$R_{def} \leq \Omega$		$R_{def} \leq \Omega$	

ESCENARIO 2:

- Red de Baja Tensión a tierra en el Centro de Transformación $R_{ct} = 10 \, \Omega$
- Resistencia del conductor neutro $R_N = 0 \, \Omega$
- Conductor de protección (Mp), unido a una puesta a tierra diferente de la del neutro de la red. Conexión TT. $R_p = 35 \, \Omega$

- 1) Encontrar teóricamente la sensibilidad máxima necesaria para que el interruptor diferencial garantice la protección contra contactos indirectos en una determinada máquina:
 - a) Si el suelo del local constituye un emplazamiento seco, $R_s = 20 \, k\Omega$, $V_c = 50 \, V$.
 - b) Si el suelo del local constituye un emplazamiento húmedo, $R_s \approx 0 \, \Omega$, $V_c = 24 \, V$.

Resumen:

	Emplazamiento seco ($V_c = 50 \, V$)	Emplazamiento húmedo ($V_c = 24 \, V$)
Sensibilidad (mA)		

Conclusión:

Teniendo en cuenta que la gama de fabricados es: 0,03 A - 0,1 A - 0,3 A

Instalación segura, en ambos casos, con un interruptor diferencial disponible de: mA

- 2) Para asegurar la protección de las personas, ante un defecto desde la fase de alimentación a la carcasa de la máquina, utilizaremos en primer lugar un interruptor diferencial de 300 mA y en segundo lugar un interruptor diferencial de 30 mA. Se pide:
 - a) Comprobar experimentalmente el comportamiento de la protección en los siguientes supuestos:
 - i) A través de una resistencia de defecto $R_{def} = 5.000 \, \Omega$.
 - ii) A través de una resistencia de defecto $R_{def} = 10.000 \, \Omega$.
 - iii) A través de una resistencia de defecto $R_{def} = 15.000 \, \Omega$.
 - iv) Cortocircuito franco y conductor de protección cortado $R_p = \infty \, \Omega$.

	$R_{def} = 5.000 \, \Omega$				$R_{def} = 10.000 \, \Omega$				$R_{def} = 15.000 \, \Omega$				Franco $R_p = \infty$			
¿Disparó 300 mA?	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐
¿Disparó 30 mA?	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐

b) Determinar teóricamente:

i) La intensidad de corriente de defecto a la carcasa de la máquina, a través de:

- (1) Un cortocircuito franco.
- (2) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
- (3) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 10.000 \Omega$.
- (4) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 15.000 \Omega$.
- (5) Cortocircuito franco y conductor de protección cortado $R_p = \infty \Omega$.

Resumen:

	Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$	$R_{\text{def}} = 10 \text{ k}\Omega$	$R_{\text{def}} = 15 \text{ k}\Omega$	Franco $R_p = \infty$
<i>Int. defecto</i>	mA	mA	mA	mA	mA

- ii) La tensión de contacto y la intensidad de corriente que atraviesa el cuerpo de una persona que tocase, accidentalmente, la carcasa de la máquina, en los siguientes casos posibles:
- (1) Emplazamiento seco y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \, \Omega$.
 - (2) Emplazamiento seco y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \, \Omega$.
 - (3) Emplazamiento seco, cortocircuito franco y conductor de protección cortado.
 - (4) Emplazamiento húmedo y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \, \Omega$.
 - (5) Emplazamiento húmedo y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \, \Omega$.
 - (6) Emplazamiento húmedo, cortocircuito franco y conductor protección cortado.

Resumen:

Local seco			Local húmedo		
Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$	Franco $R_p = \infty$	Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$	Franco $R_p = \infty$
<i>Tensión de contacto</i>					
V	V	V	V	V	V
<i>Intensidad que atraviesa el cuerpo humano</i>					
mA	mA	mA	mA	mA	mA

- 3) Razonar y justificar los resultados obtenidos. Extraer las conclusiones pertinentes.

ESCENARIO 3:

- Red de Baja Tensión a tierra en el Centro de Transformación $R_{ct} = 30 \Omega$
- Resistencia del conductor neutro $R_N = 2 \Omega$
- Conductor de protección (Mp), unido al conductor neutro en la barra de neutro BN. No hay puesta a tierra Rp en el edificio ($R_p = \infty$). Conexión TN.

- 1) Encontrar teóricamente cual podría ser el máximo valor de corriente diferencial que podría tener un interruptor diferencial, para garantizar la protección contra contactos indirectos en una determinada máquina:
 - a) Cuando el suelo del local constituye un emplazamiento seco, $R_s = 20 \text{ k}\Omega$, $V_c = 50 \text{ V}$.
 - b) Cuando el suelo del local constituye un emplazamiento húmedo, $R_s \approx 0 \Omega$, $V_c = 24 \text{ V}$.

Resumen:

	Emplazamiento seco ($V_c = 50 \text{ V}$)	Emplazamiento húmedo ($V_c = 24 \text{ V}$)
Sensibilidad (mA)		

Conclusión:

Teniendo en cuenta que la gama de fabricados es: 0,03 A - 0,1 A - 0,3 A

Instalación segura, en ambos casos, con un interruptor diferencial disponible de: mA

- 1) Para asegurar la protección de las personas, ante un defecto desde la fase de alimentación a la carcasa de la máquina, utilizaremos en primer lugar un interruptor diferencial de 300 mA y en segundo lugar un interruptor diferencial de 30 mA. Se pide:
 - a) Comprobar experimentalmente el comportamiento de la protección en los siguientes supuestos:
 - i) A través de una resistencia de defecto $R_{def} = 5.000 \Omega$.
 - ii) A través de una resistencia de defecto $R_{def} = 10.000 \Omega$.
 - iii) A través de una resistencia de defecto $R_{def} = 15.000 \Omega$.

	$R_{def} = 5.000 \Omega$				$R_{def} = 10.000 \Omega$				$R_{def} = 15.000 \Omega$			
¿Disparó 300 mA?	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐
¿Disparó 30 mA?	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐

- b) Determinar teóricamente:
 - i) La intensidad de corriente de defecto a la carcasa de la máquina, a través de:
 - (1) Un cortocircuito franco.
 - (2) Una resistencia de defecto $R_{def} = 5.000 \Omega$.
 - (3) Una resistencia de defecto $R_{def} = 10.000 \Omega$.
 - (4) Una resistencia de defecto $R_{def} = 15.000 \Omega$.

Resumen:

	Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$	$R_{\text{def}} = 10 \text{ k}\Omega$	$R_{\text{def}} = 15 \text{ k}\Omega$
<i>Int. defecto</i>	mA	mA	mA	mA

- ii) La tensión de contacto y la intensidad de corriente que atraviesa el cuerpo de una persona que tocara, accidentalmente, la carcasa de la máquina, en los siguientes casos posibles:
- (1) Emplazamiento seco y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \Omega$.
 - (2) Emplazamiento seco y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
 - (3) Emplazamiento húmedo y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \Omega$.
 - (4) Emplazamiento húmedo y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.

Resumen:

	Local seco		Local húmedo	
	Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$	Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$
<i>Tensión de contacto</i>	V	V	V	V
<i>Intensidad por el cuerpo</i>	mA	mA	mA	mA

- 3) Razonar y justificar los resultados obtenidos. Extraer las conclusiones pertinentes.

ESCENARIO 4:

- Red de Baja Tensión a tierra en el Centro de Transformación $R_{ct} = 10 \, \Omega$
- Resistencia del conductor neutro $R_N = 2 \, \Omega$
- Conductor de protección (Mp), unido al conductor neutro en la barra de neutro BN y además puesto a tierra en el edificio. Conexión TN. $R_p = 9 \, \Omega$

- 1) Encontrar teóricamente cual podría ser el máximo valor de corriente diferencial que podría tener un interruptor diferencial, para garantizar la protección contra contactos indirectos en una determinada máquina:
 - a) Cuando el suelo del local constituye un emplazamiento seco, $R_s = 20 \, k\Omega$, $V_c = 50 \, V$.
 - b) Cuando el suelo del local constituye un emplazamiento húmedo, $R_s \approx 0 \, \Omega$, $V_c = 24 \, V$.

Resumen:

	Emplazamiento seco ($V_c = 50 \, V$)	Emplazamiento húmedo ($V_c = 24 \, V$)
Sensibilidad (mA)		

Conclusión:

Teniendo en cuenta que la gama de fabricados es: 0,03 A - 0,1 A - 0,3 A

Instalación segura, en ambos casos, con un interruptor diferencial disponible de: mA

2) Para asegurar la protección de las personas, ante un defecto desde la fase de alimentación a la carcasa de la máquina, utilizaremos en primer lugar un interruptor diferencial de 300 mA y en segundo lugar un interruptor diferencial de 30 mA. Se pide:

a) Comprobar experimentalmente el comportamiento de la protección en los siguientes supuestos:

- i) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
- ii) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 10.000 \Omega$.
- iii) A través de una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 15.000 \Omega$.

	$R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$				$R_{\text{def}} = 10.000 \Omega$				$R_{\text{def}} = 15.000 \Omega$			
¿Disparó 300 mA?	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐
¿Disparó 30 mA?	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐	SI	☐	NO	☐

b) Determinar teóricamente:

- i) La intensidad de corriente de defecto a la carcasa de la máquina, a través de:
 - (1) Un cortocircuito franco.
 - (2) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
 - (3) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 10.000 \Omega$.
 - (4) Una resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 15.000 \Omega$.

Resumen:

	Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$	$R_{\text{def}} = 10 \text{ k}\Omega$	$R_{\text{def}} = 15 \text{ k}\Omega$
Int. defecto	mA	mA	mA	mA

- ii) La tensión de contacto y la intensidad de corriente que atraviesa el cuerpo de una persona que tocara, accidentalmente, la carcasa de la máquina, en los siguientes casos posibles:

- (1) Emplazamiento seco y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \Omega$.
- (2) Emplazamiento seco y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.
- (3) Emplazamiento húmedo y cortocircuito franco $R_{\text{def}} = 0 \Omega$.
- (4) Emplazamiento húmedo y resistencia de defecto $R_{\text{def}} = 5.000 \Omega$.

Resumen:

	Local seco		Local húmedo	
	Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$	Franco	$R_{\text{def}} = 5 \text{ k}\Omega$
<i>Tensión de contacto</i>	V	V	V	V
<i>Intensidad por el cuerpo</i>	mA	mA	mA	mA

- 3) Razonar y justificar los resultados obtenidos. Extraer las conclusiones pertinentes.