

PRACTICA 5

INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y CIRCUITOS ELÉCTRICOS: SÍMBOLOGÍA Y TIPOS DE REPRESENTACIÓN. INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORA

1.- OBJETIVOS.-

Con esta práctica se pretende en primer lugar dar al alumno una visión de conjunto de los elementos más utilizados tanto para controlar, como para regular y proteger los circuitos eléctricos que podemos llegar a encontrarnos en distintas instalaciones eléctricas. En segundo lugar, el alumno debe ser capaz de "leer" esquemas eléctricos y diseñarlos, una vez conocidos los diferentes elementos y su simbología.

2.- MATERIAL.-

Se dispone de dos mesas o bastidores que vienen provistas de una fuente de alimentación trifásica con neutro de la que hemos venido tomando la energía eléctrica para las distintas prácticas y a través del aparellaje más diverso: tomas de corriente, elementos de protección y de mando o maniobra. Estos bastidores están preparados para alojar los distintos elementos (módulos) que hemos venido utilizando en las prácticas, y que ya se han definido e identificado en prácticas anteriores.






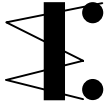
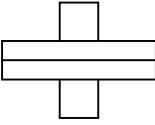

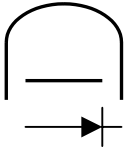
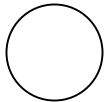
Además se dispone de varias máquinas eléctricas: generadores de corriente continua o dinamos, motor universal, motor trifásico de inducción con rotor en cortocircuito o de jaula de ardilla, autotransformadores, condensadores y otros accesorios y herramientas necesarias para las prácticas.

En cuanto al material conductor, hemos utilizaremos conductores unipolares de cobre con aislamiento 0,6/1 kV envoltura de protección de color negro, marrón y gris para las fases; azul para el neutro y amarillo y verde para el conductor de protección.

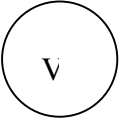
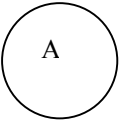

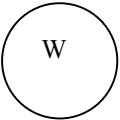
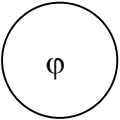
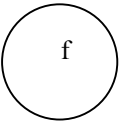
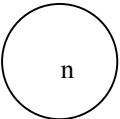
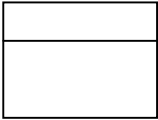
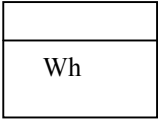
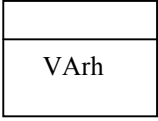
3.- SIMBOLOGÍA.-

A continuación se representan los símbolos eléctricos que se van a utilizar tanto en los esquemas de las prácticas de electrotecnia como los más usuales que nos vamos a encontrar en cualquier circuito e instalación eléctrica. (Normas UNE 21404; UNE 21405)




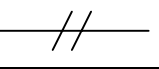
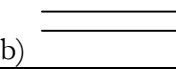
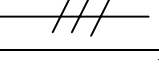
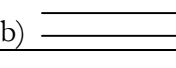
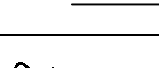
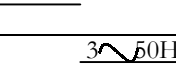

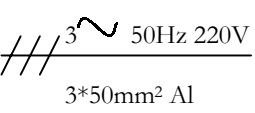
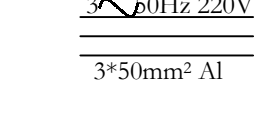
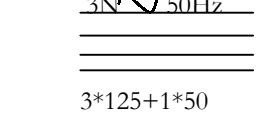







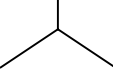
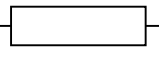

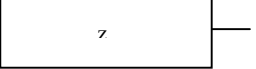


a.- Simbología utilizada en los aparatos de medida


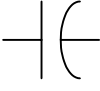
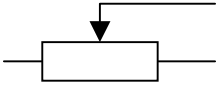
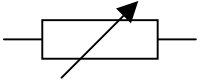

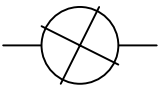

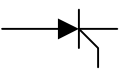


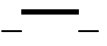


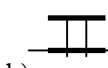

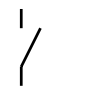

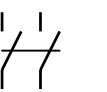


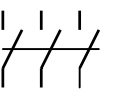



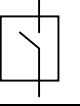

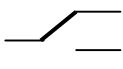
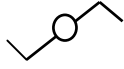
Símbolo	Significación
	Corriente continua
	Corriente alterna
	Corriente continua y/o alterna
	Instrumento electromagnético de bobina móvil. (Sólo para c.c)
	Instrumento electromagnético de imán móvil. (Sólo para c.c)
	Instrumento electromagnético de hierro móvil. (Para c.c. y c.a)
	Instrumento electrodinámico
	Tensión de prueba en kV. (Si la estrella es de color roja la tensión es de 2 kV)
	Instrumento de bobina móvil con rectificador incorporado
	Instrumento con blindaje de hierro

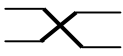
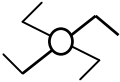
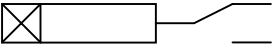
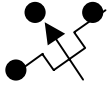
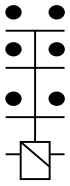

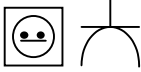
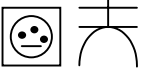

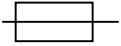

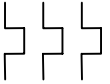
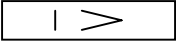

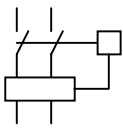
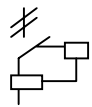
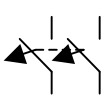
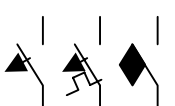

b.- Simbología utilizada para los aparatos de medida

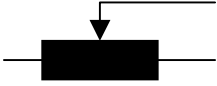
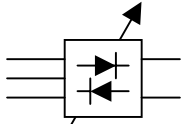
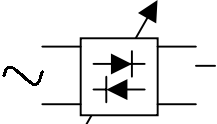

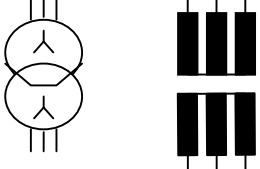
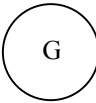
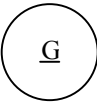
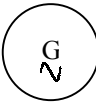
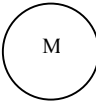
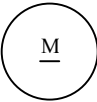
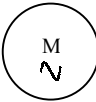
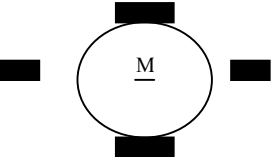
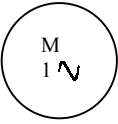
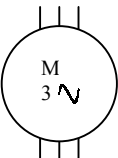
Símbolo	Significación
	Voltímetro
	Amperímetro
	Óhmetro
	Watímetro
	Fasímetro
	Frecuencímetro
	Tacómetro
	Contador
	Contador de energía activa
	Contador de energía reactiva

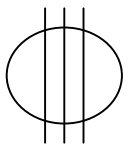
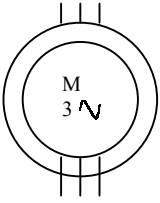
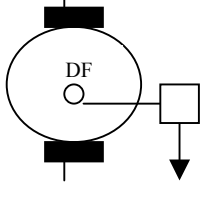
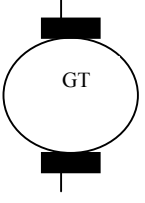
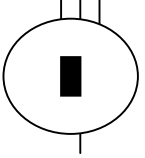
c.- Simbología general

Símbolo		Significación
a) $m \sim f (V)$	1  50Hz 3  50Hz 220V 3N  50Hz 380V b)	a) Corriente alterna de m fases y de frecuencia f (se puede indicar la tensión en voltios) Ejemplos: -Corriente alterna monofásica de 50Hz. - Corriente alterna trifásica de 50Hz y 220V. -Corriente alterna trifásica, con hilo neutro de 50Hz y 380V
	$2 \text{ ——— } 110V$ a)  b) 	Corriente continua, 2 conductores, 110V
a) 	b) 	Tres conductores .Representación a)unifilar, b)multifilar
a) 	b) 	Tres conductores .Representación a)unifilar, b)multifilar
		n conductores
		Ejemplo de indicación de las características de los conductores: Circuito de corriente alterna trifásica de 50 Hz, 220V, con 3 conductores de aluminio de 50mm ² de sección
$4 \text{ / } 3N \sim 50Hz$ $3*125+1*50$		Ejemplo de indicación de las características de los conductores: Circuito de corriente alterna trifásica con neutro de 50 Hz, con 3 conductores de 125mm ² y 1 conductor neutro de 50 mm ²
a)  	b)  	a) Derivación b) Caja de derivación
		Doble derivación. Cruce de líneas con contacto
		Cruce de conductores. Cruce de líneas sin contacto
		Conexión en triángulo
		Conexión en estrella
		Resistencia
		Impedancia
		Bobina, devanado o carga inductiva

Símbolo		Significación	
		Condensador, capacidad	
		Reostato	
		Resistencia variable	
		Lámpara o piloto indicador	
		Diodo	
		Tiristor	
a) 	b) 	a) Transistor PNP b) Transistor NPN	
a) 	b) 	a) Contacto normalmente abierto b) Contacto normalmente cerrado	
a) 	b) 	c) 	a) Pulsador normalmente abierto (arranque) b) Pulsador normalmente cerrado (paro) c) Pulsador (distribución planta y alzado)
a) 	b) 		Interruptor unipolar a) esquema eléctrico, b) distribución en planta y alzado
a) 	b) 	c) 	Interruptor bipolar a) representación multifilar b) unifilar c) distribución planta y alzado
a) 	b) 	c) 	Interruptor tripolar a) representación multifilar, b) unifilar, c) distribución planta y alzado
		Seccionador	
a) 	b) 	a) Interruptor control de potencia (ICP) b) Interruptor control de potencia (ICP) esquema de distribución planta y alzado	
a) 	b) 	Conmutador simple a) esquema eléctrico b) distribución en planta y alzado	

Símbolo		Significación	
a) 	b) 	a) Conmutador cruzamiento a) esquema eléctrico b) distribución en planta y alzado	
		Conmutador temporizado	
		Conmutador termostático regulable	
		Contactor trifásico	
a) 	b) 	c) 	a) Toma de corriente monofásica b) Toma de corriente monofásica con contacto de protección (tierra) c) Toma de corriente trifásica con contacto de protección (tierra)
		Toma de tierra	
		Cortacircuitos fusible	
		Protección térmica	
		Protección electromagnética de máxima intensidad	
		Protección diferencial contra fugas de corriente	
a) 	b) 	Interruptor diferencial bipolar a) representación multifilar b) representación unifilar	
a) 	b) 	c) 	Interruptor automático magnetotérmico bipolar (PIA); a) representación multifilar b) varias representaciones unifilares c) representación distribución planta y alzado

Símbolo	Significación		
	Autotransformador de regulación continua		
	Rectificador trifásico de doble onda, regulable		
	Rectificador monofásico de doble onda, regulable		
	Transformador con dos devanados separados		
	Transformador separador trifásico estrella.		
			Generador. Generador de corriente continua. Generador de corriente alterna
			Motor. Motor de corriente continua. Motor de corriente alterna
	Mótor de corriente continua con excitación compuesta		
	Motor monofásico de corriente alterna		
	Motor trifásico de jaula de ardilla		

Símbolo	Significación
	Motor trifásico de jaula 2 velocidades
	Motor trifásico de rotor bobinado
	Dinamo Freno
	Generador tacométrico
	Alternador trifásico con inductor móvil

4.- REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES RECEPTORAS DE BAJA TENSIÓN.-

La energía eléctrica se genera en las centrales eléctricas, se transporta a muy alta tensión y se transforma a tensiones de distribución en Media Tensión y en Baja Tensión.

Una vez que tenemos la energía eléctrica en Baja Tensión hay que distribuirla, por medio de otras líneas eléctricas, a los diversos consumidores hasta dejarla en la Caja General de Protección (bloques de viviendas o edificios de oficinas, etc.) o en la Caja General de Protección y Medida (clientes individuales). En este caso se denominan **líneas y redes de distribución en Baja Tensión**, cuyo cálculo es OBJETO DE OTRA AISGNATURA.

Estas líneas y redes pueden ser aéreas y/o subterráneas. Las aéreas podrán ser desnudas con conductores de Al-ac (a extinguir) o aisladas. Las aisladas a su vez pueden ir posadas en las fachadas o tensadas, con conductores trenzados, de Al para los hilos de fase y de Almelec para el neutro autoportante. Las subterráneas podrán ir directamente enterradas en contacto con el terreno o bajo tubo instalado en el fondo de la zanja y en ambos casos los conductores de aluminio serán unipolares. Todos los conductores aislados lo serán para la tensión de 0,6/1 kV.

Por último para llevar la corriente eléctrica desde la Caja General de Protección hasta los diversos receptores tendremos la **instalación receptora** o instalación particular, conocida también como instalación "interior". Constará de una línea repartidora y/o derivación individual y un Cuadro General de Mando y Protección del que partirán las diversas líneas de alimentación a cuadros secundarios de distribución y/o los circuitos de alimentación a cada receptor. Aquí los conductores serán todos de Cobre y aislados para 750 V. o para 1.000 V. según proceda. Los sistemas de instalación podrán ser los siguientes: a) Al aire o directamente empotrados y b) Bajo tubos o conductos.

5.- TIPO Y DISPOSICION DE CONDUCTORES A CONSIDERAR.-

Los conductores rígidos que se empleen en las instalaciones, deberán ser de cobre o de aluminio. Los conductores flexibles serán únicamente de cobre. Los rígidos apenas se emplean por su gran dificultad de manejo.

Pueden ser de aislamiento hasta 750 V, en cuyo caso se utilizarán las tablas de las Instrucciones ITC- BT- 19 a 24 y sus sistemas de instalación, con sus factores de corrección, si procede.

Para secciones de cierta consideración las intensidades admisibles de los cables de hasta 750 V son muy inferiores a las de los cables o conductores de 0,6/1 KV por lo que en este caso se utilizarán las tablas de las Instrucciones 06 y 07 con los factores de corrección que procedan según el sistema de instalación.

Para cables instalados bajo tubo siempre hay que aplicar un factor de corrección de 0,8.

Para redes subterráneas se utilizarán las tablas (Cu y Al) de la Instrucción 07, con los factores de corrección que procedan.

Para redes trenzadas al aire libre se utilizarán las tablas (Cu y Al) de la Instrucción 06, con los factores de corrección que procedan. Los cables aislados no trenzados ya apenas se utilizan.

También pueden y deben utilizarse catálogos de los fabricantes de cables, los cuales nos dan para cada tipo de cable su intensidad admisible para cada sistema de instalación (al aire, enterrado, bajo tubo, sumergido en agua, armado, antideflagrante, etc) pero siempre habrá que volver al Reglamento para aplicar los factores de corrección que procedan.

Como dijimos antes, los sistemas de instalación podrán ser los siguientes: a) Al aire o directamente empotrados y b) Bajo tubos o conductos.

La expresión **“al aire”** se aplica a los siguientes sistemas de instalación :

- a) Grapeados directamente sobre paredes
- b) Colocados en huecos, atarjeas, zanjias ventiladas
- c) Colocados sobre bandejas perforadas
- d) Suspendidos de un cable fiador o sobre aisladores.

La expresión **“directamente empotrados”** se refiere bajo el enlucido, albañilería o en muros o paredes de hormigón, y no si se empotra en materiales de características de aislamiento térmico muy elevadas, como lana de vidrio, poliestireno u otros aislantes térmicos.

La expresión **“bajo tubo”** se aplica cualquiera que sea el tipo de instalación de tubo: al aire, grapeado, sobre pared ó empotrado, subterráneo, etc.

Conclusión.-

Con la asignatura de Electrotecnia, se han debido de aprender las utilidades técnicas, prácticas, de la electricidad. Se deben conocer los generadores, transformadores y receptores más usuales, sus principios de funcionamiento, utilidad, etc. Pero ahora hay que instalarlos en una industria o explotación concreta y hay que alimentarlos, protegerlos y proteger tanto a las personas como a las instalaciones.

Para obtener una formación en Instalaciones Eléctricas Agroindustriales en Baja Tensión, tienen a su disposición en el nuevo Plan de Estudios del 2.000, en el que después de un gran esfuerzo, se pudo conseguir que esta asignatura figurara como Optativa y financiada en la especialidad de Industrias Agrarias y Alimentarias, pero que se puede cursar desde cualquier especialidad. El objetivo era conseguir que fuera obligatoria, dada la gran envergadura y diversidad de las instalaciones eléctricas agroindustriales, usuales en la provincia de Almería, pero no pudo ser y no fue por falta de empeño desde el Area de Ingeniería Eléctrica.

6.- TIPOS DE REPRESENTACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS.-

A.-Representación multifilar

Se representan todos los conductores con sus conexiones a los distintos elementos que intervienen en un circuito o en una instalación eléctrica. Son los que se utilizan normalmente en los montajes de los circuitos eléctricos. Para clarificar estos esquemas, siempre hay que separar el esquema de fuerza (circuito de alimentación a distintos receptores con sus elementos o sistemas de protección, por ejemplo motores, relés térmicos, etc); del esquema de control, maniobra o mando (circuito al que van conectados los elementos a accionar a través de pulsadores, contactos auxiliares de contactores y relés, etc). En la figura 5.1 se representa un esquema eléctrico multifilar, donde se han representado por tanto todos los hilos o conductores. Además y como es normal se ha separado el esquema de fuerza (o de alumbrado o de otros usos) del de mando, maniobra y control. El esquema de fuerza se corresponde con la alimentación a un motor trifásico conectado en estrella (en su placa de bornas) con posibilidad de cambio de sentido de giro (contactos principales de los contactores C_1 y C_2). El esquema de mando, de corriente alterna monofásica (fase T y neutro) alimenta a las bobinas de los contactores a través de pulsadores y de los contactos auxiliares, de mando o de maniobra de los contactores. Además en el esquema también podemos observar elementos de protección, regulación y medida

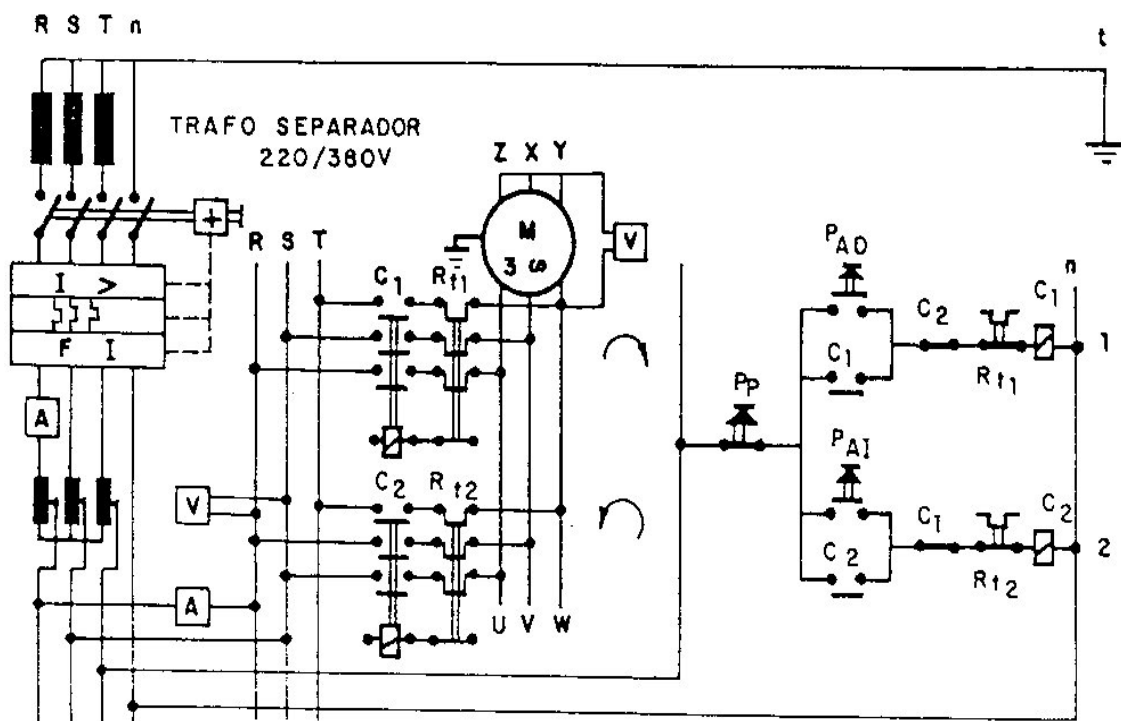
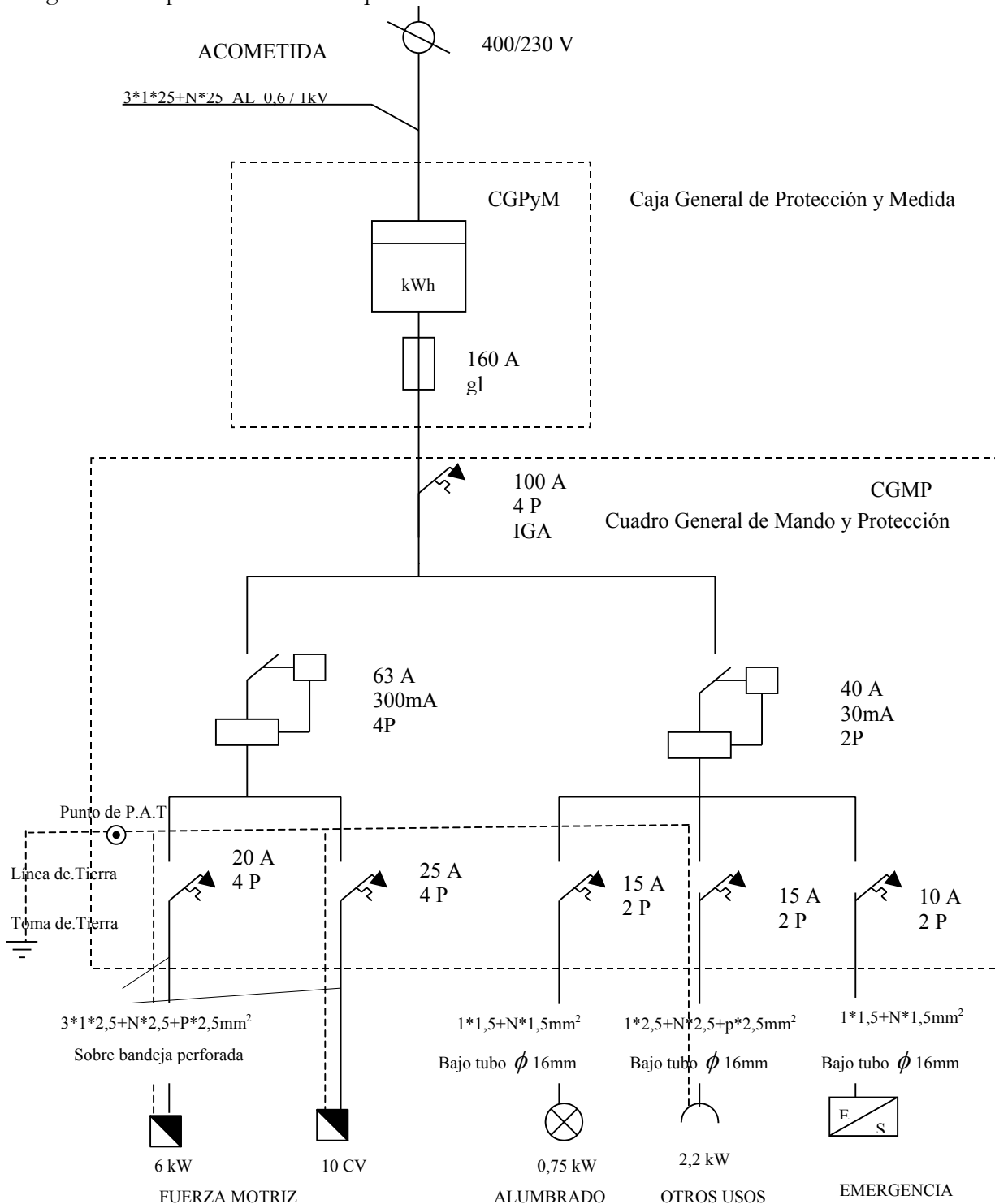


Figura 5.1. Esquema multifilar con separación del esquema de fuerza del de mando

B.-Representación unifilar

Es la representación de un circuito o de una instalación con un sólo hilo, utilizando la simbología y notaciones apropiadas para entender dicha representación. Es la que se suele utilizar en los “esquemas unifilares” que aparecen en los proyectos técnicos. Mientras con la multifilar se ve claramente un circuito con la unifilar se ve toda la instalación, por compleja que ésta sea.

Figura 5.2. Representación del esquema unifilar de una instalación eléctrica



En el esquema unifilar de la figura 5.2 tenemos una acometida de energía trifásica con neutro a la tensión de 400/230 V. de $3 \times 1 \times 25 + N \times 25 \text{ mm}^2$, a una instalación que comienza en la Caja General de Protección y Medida (CGPyM) donde se instala un equipo de medida de energía activa y un fusible de seguridad (100 A, tipo gl). A continuación tenemos el Cuadro General de Mando y Protección (CGMyP) con un interruptor automático de 100 A y 4 polos que es el preceptivo interruptor general automático (IGA), protege la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas. Después de ella la instalación presenta dos partes, una trifásica con neutro y la otra monofásica. Están protegidas cada una de ellas, contra contactos directos e indirectos, por un interruptor diferencial de 4 polos, 63 A y 300mA de sensibilidad una y de 2 polos, 40 A y 30mA la otra. Además hay varios circuitos de cada tipo, y que habrá que proteger contra sobreintensidades con sus correspondientes interruptores magnetotérmicos o fusibles, etc. En el cuadro general de mando y protección tenemos el punto de puesta a tierra, en el que se conectan todos los conductores de protección con la toma de tierra y a través de la línea principal de tierra.

C.- Representación de circuitos en la distribución de planta y alzado

Existen otras representaciones de circuitos e instalaciones, como las que muestran la distribución en planta y alzado de una instalación eléctrica en un plano; y otras en perspectiva. Tanto la figura 5.3 como la figura 5.4 representan la misma instalación eléctrica en una habitación donde a partir de una caja de distribución o de empalmes y derivación se da servicio a tres elementos como un punto de luz o lámpara con su interruptor unipolar, una toma de corriente monofásica de alumbrado y una toma de corriente monofásica con toma de tierra para otros usos. El nuevo Reglamento exige ya toma de tierra en todas las bases de enchufe o tomas de corriente.

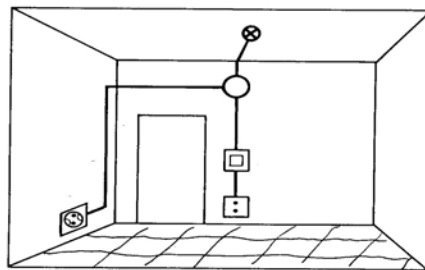


Figura 5.3 Representación en perspectiva de una instalación eléctrica en una habitación

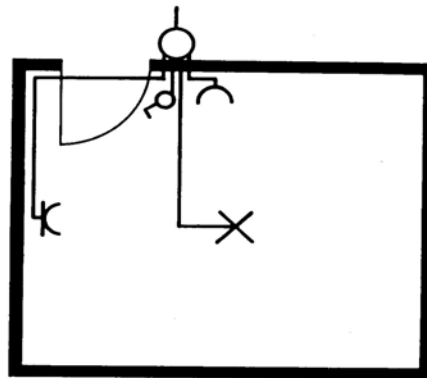


Figura 5.4. Representación en planta de la instalación eléctrica anterior

7.- ACTIVIDADES A REALIZAR POR EL ALUMNO

Con el fin de comprobar cuanto se ha dicho en los apartados anteriores hemos desarrollado una hipotética instalación que se representa en la figura 5.5 de la página siguiente.

La parte superior del mismo puede representar parte de la instalación de una vivienda. Tenemos una parte que representa la iluminación, con un ejemplo práctico de utilización de dos conmutadores. El circuito 2 puede representar resistencias de calefacción, y el circuito 3 un electrodoméstico. En este caso conectaremos un motor universal. Asimismo se pueden comprobar las protecciones que, preceptivamente, debe llevar toda instalación de este tipo. La parte inferior del montaje nos introduce en el manejo de contactores, relés de protección y el uso de la corriente continua rectificada. Puede comprobarse como los elementos de mando, control y protección se representan aparte, para simplificar el entendimiento rápido del esquema. Con este circuito de control podemos ver el uso de pulsadores para arrancar y parar máquinas eléctricas.

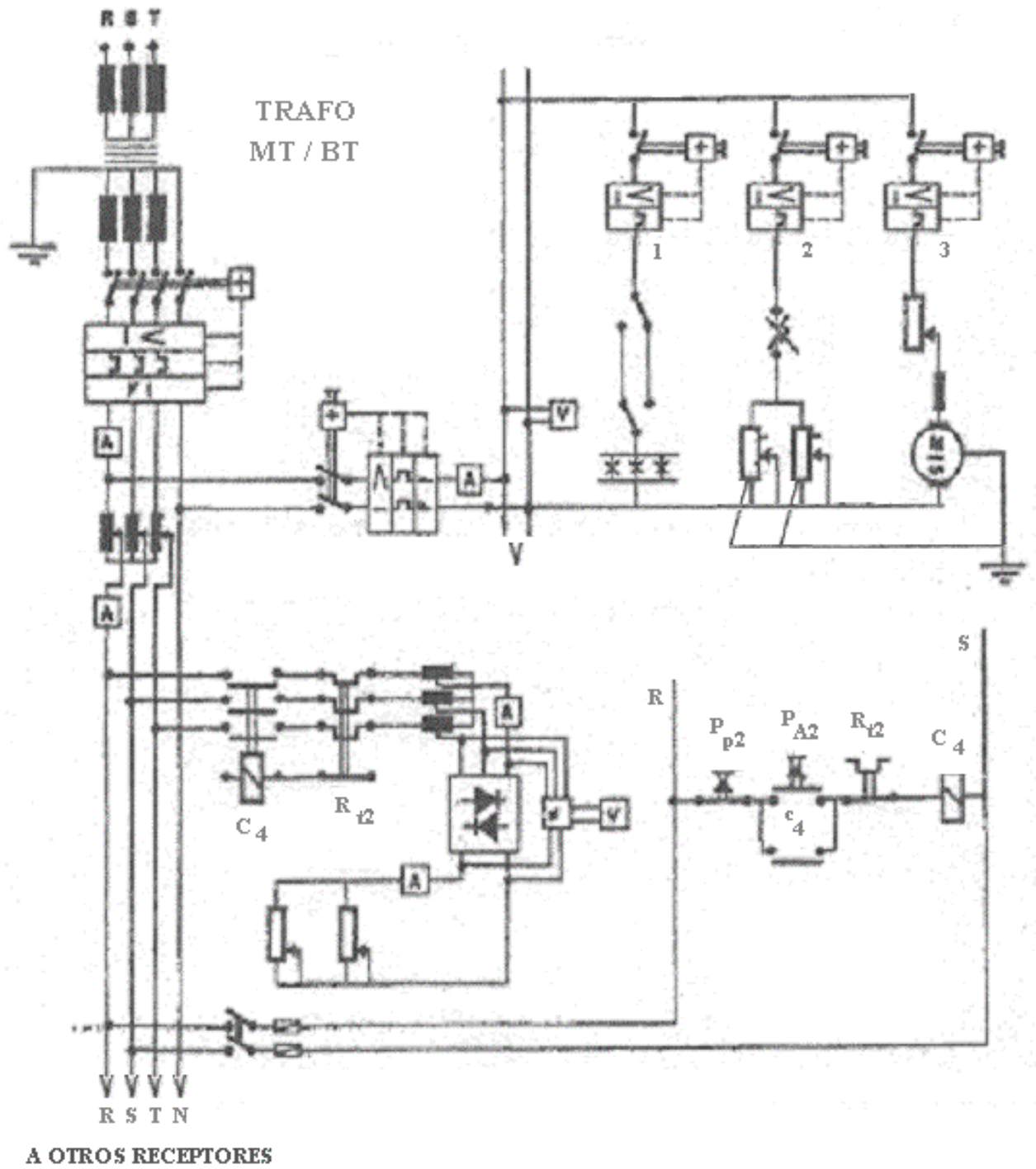
Los aparatos de medida que figuran en el esquema se utilizarán para comprobar los consumos de intensidad, poder prever sus aumentos y actuar en consecuencia.

Ante esta previsión de cargas deberá asimismo elegirse el fondo de escala de los diferentes aparatos de medida con objeto de no dañarlos.

Se pide:

- a.- “Leer” el esquema identificando cada uno de los elementos que aparece en el mismo comentando brevemente para que sirven (sin copiar literalmente del libro).
- b.- Comentar cuántos circuitos de fuerza, alumbrado, otros usos, etc. hay en el esquema.

Figura 5.5. Esquema instalación eléctrica.



PRACTICA 6

RIESGOS ELECTRICOS. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE PROTECCION CONTRA LOS DAÑOS DE ORIGEN ELECTRICO

1.- OBJETO.

Esta práctica tiene por objeto dar la formación y los conocimientos mínimos necesarios para promover la protección de la seguridad y de la salud de los trabajadores en particular y de los ciudadanos en general, como usuarios de la energía eléctrica, en el desarrollo de sus tareas, mediante la prevención de los riesgos eléctricos derivados de la presencia de la electricidad.

2.- MATERIAL.

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Reglamentarias. Real decreto 842/2002, de 2 de agosto.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, publicada en el BOE nº 269 del 10-11-1995. Y demás legislación afín. (Reglamento de los Servicios de Prevención, Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, de los equipos de trabajo, etc.)

- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio , sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. (Deroga al capítulo 6º de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo)..

3.- INTRODUCCION.

El riesgo que supone la electricidad se ve agravado ya que, por su reciente desarrollo, no está integrado en la memoria genética de nuestra especie, ni nuestros órganos sensoriales están capacitados para detectar su presencia.

En efecto mientras que, cuando estamos encaramados en un punto elevado, percibimos una situación evidente de peligro que, a veces, se traduce en una sensación de vértigo, no estamos capacitados, a priori, para diferenciar si un cable está, o no, en tensión.

Si embargo, los materiales electrizados, esto es, aquellos que presentan una diferencia de tensión significativa con respecto a tierra pueden ser, y de hecho lo son en

demasiadas ocasiones, causa de electrocución o quemaduras a las personas y origen de incendios de graves consecuencias económicas y, lo que es más lamentable, de pérdida de vidas humanas.

El Real Decreto 614/2001 define **Riesgo eléctrico** como el riesgo originado por la energía eléctrica. Y quedan específicamente incluidos los riesgos de :

- a.- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- b.- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- c.-Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- d.-Incendios o explosiones originados por la electricidad.

Se puede decir por lo tanto, que los principales peligros que presenta la electricidad son los derivados de los contactos con ella, que pueden ser:

* *Contactos directos*. Contactos de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos. Ejemplos en la figura 1

* *Contactos indirectos*. Contactos de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento. Se entiende por masa al conjunto de partes metálicas de un aparato o instalación que generalmente están aisladas de las zonas activas o en tensión. Ejemplos en la figura 1.

Estos contactos con la corriente eléctrica pueden ocasionar accidentes de dos formas:

- * Directamente: atravesando el cuerpo de la víctima (choque eléctrico).
- * Indirectamente: creando un arco eléctrico que ocasione quemaduras en la persona, o dando lugar a golpes contra objetos, caídas, etc.

Habitualmente, se denomina electrización a todo accidente de origen eléctrico cualquiera que sean sus consecuencias. El término de electrocución se reserva a los accidentes mortales de origen eléctrico.

Antes de estudiar las medidas preventivas y de protección, haremos el estudio de los daños de origen eléctrico. Dicho estudio lo dividiremos en tres partes:

- a) Daños producidos por el contacto de las personas con partes de equipos en tensión.
- b) Daños ocasionados por los efectos térmicos de origen eléctrico y
- c) Daños por incendios y efectos del fuego en las instalaciones eléctricas.

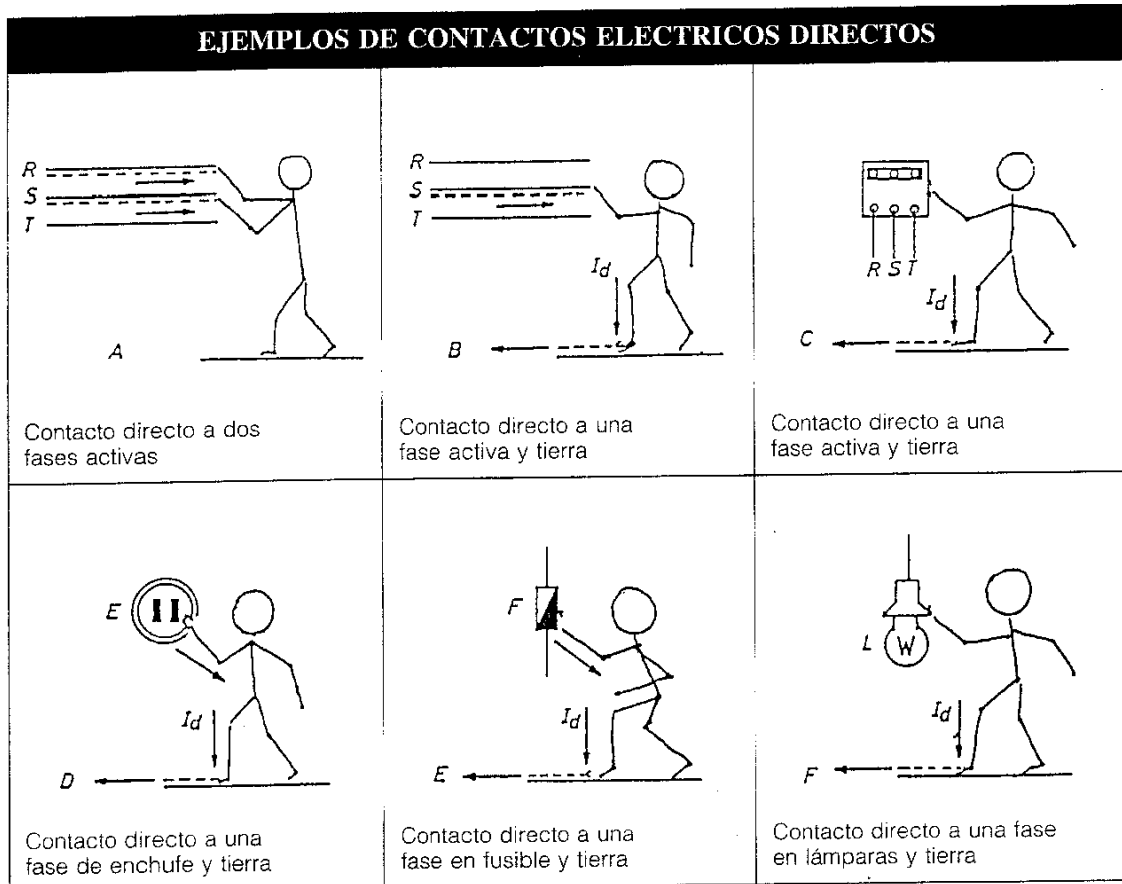


Figura n.º 1

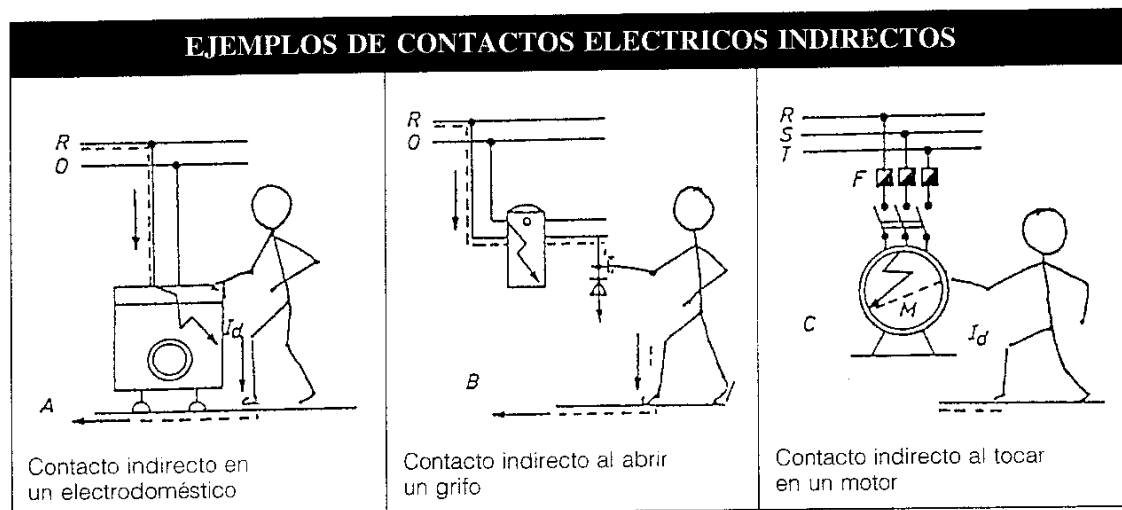


Figura n.º 2

4.- CONTACTOS ELÉCTRICOS DE LAS PERSONAS CON PARTES DE EQUIPOS EN TENSIÓN.

I.- Efecto cualitativo de la corriente eléctrica en el ser humano.

Ordenados por su peligrosidad creciente, se relacionan y describen los efectos que debe conocer un técnico en electricidad, para evaluar el riesgo potencial que ofrece una instalación. Son manifestaciones fisiológicas y fisiopatológicas debidas al paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Puede darse desde un simple cosquilleo, sin consecuencias, hasta la muerte por parálisis respiratoria o por paro cardíaco.

Calambre.- Es una contracción muscular que se produce por un contacto breve con una parte en tensión. Puede provocar la caída de la persona o la caída de lo que esta esté sujetando, con el riesgo que ello supone.

Tetanicización muscular.- Es el efecto de paralización o agarrotamiento debido a la contracción de un músculo, cuando este es atravesado por una corriente eléctrica. En ocasiones puede impedir que la persona se suelte del elemento en tensión que le ha producido la descarga eléctrica y si el tiempo de contacto es largo, el efecto puede ser grave e incluso mortal.

Tetanicización de los músculos respiratorios.- Afecta a los músculos intercostales o del diafragma. Se puede producir una parálisis respiratoria, que no es necesariamente mortal si se corta la corriente antes de 3 minutos y se produce la reanimación del accidentado.

Asfixia.- Si la parálisis respiratoria persiste después del accidente, se puede producir la asfixia (síncope azul). Para evitarlo deberá aplicarse de manera inmediata e ininterrumpida la respiración artificial, incluso durante horas.

Fibrilación ventricular.- Las fibras musculares del miocardio, que actúan como auténticos marcapasos, pierden su sincronismo, por lo que el corazón deja de bombear la sangre, lo que equivale a una parada cardíaca, produciéndose lesiones anóxicas (falta de oxígeno en el cerebro), irreversibles pasados muy pocos minutos, que provocarán la muerte del accidentado (síncope blanco).

Todos los efectos citados, excepto la fibrilación ventricular, son reversibles en condiciones normales, siempre que se presten adecuadamente los primeros auxilios. La fibrilación ventricular precisa un tratamiento especial con un desfibrilador o estimulador cardíaco.

La seguridad eléctrica debe centrarse en impedir que se pueda llegar a los efectos más severos de los antes descritos.

II.- Efecto cuantitativo de la corriente eléctrica en el ser humano.

El paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano, produce distintos efectos que dependen de la interacción de esta corriente con los distintos órganos y su

funcionamiento. Influyen en la gravedad de estos efectos varios factores, muy relacionados entre sí, como son la forma de la corriente, la intensidad de la corriente, la frecuencia, el tiempo de contacto, el recorrido de la corriente por el cuerpo y el estado físico, psíquico y fisiológico previo.

1.- Intensidad de la corriente eléctrica y su relación con el efecto producido.

La corriente eléctrica al circular por el cuerpo humano, lo hace como a través de un conductor cualquiera, ajustándose a la ley Ohm. ($I = V / Z$).

Es la intensidad y no la diferencia de potencial la causa determinante de la gravedad de la mayoría de los accidentes eléctricos.

¿Cuál es el umbral a partir del cual la intensidad es peligrosa? El umbral de intensidad de la corriente a partir del cual se produce la fibrilación ventricular permanece todavía mal definida, ya que los datos experimentales que se poseen se han obtenido mediante medidas efectuadas sobre animales.

Los efectos de la intensidad de la corriente los vemos en la Tabla nº6.1.

Tabla nº 6.1

EFFECTOS DE LA INTENSIDAD EN EL CUERPO HUMANO	
INTENSIDAD	EFFECTOS EN EL CUERPO HUMANO
De 1 a 3mA.	* Un organismo normal percibe un picor sin peligro (umbral de percepción).
A partir de 5 mA.	* Un contacto prolongado puede provocar movimientos bruscos en ciertas personas.
A partir de 8 mA.	* Comienzan las contracciones musculares y tetanización (rigidez y tensión convulsiva) de los músculos de la mano y del brazo, pudiendo ocasionar que la piel se quede pegada a los puntos de contacto con las partes bajo tensión (fenómeno de agarrotamiento).
Por encima de 25 mA.	* En un contacto de más de 2 minutos, si el paso de la corriente es por la región del corazón, se puede producir una tetanización del músculo del pecho, pudiendo llegar a sufrir la asfixia por bloqueo muscular de la caja torácica.
Entre 30 y 50 mA.	* Se puede producir la fibrilación ventricular si la corriente atraviesa la región cardíaca, produciendo la muerte, si el accidentado no es atendido en pocos minutos.
Entre 2 y 3 A.	* Sobreviene la parada respiratoria, inconsciencia, aparecen marcas visibles.
Para intensidades superiores a los 3 A.	* Las consecuencias son quemaduras graves y puede ser la muerte.

De la siguiente tabla nº 6.2 se puede deducir que una corriente de 10 mA ya es dolorosa, que 15 mA provoca el agarrotamiento muscular y que un paso de 25 mA ya es muy doloroso. Como consecuencia de ello un diferencial de 30 mA puede no proteger si se está en un andamio o escalera elevados, pues puede lanzar a una persona al vacío.

Tabla nº6.2

Efectos sobre el hombre (*)	Intensidad de corriente en mA		
	Continúa	50 Hz	10 kHz
Cosquilleo	5	1	12
Mano adormecida	10	2	18
Descarga dolorosa	60	10	60
Límite de control muscular	75	15	75
Muy dolorosa y problemas respiratorios	90	25	95
Fibrilación ventricular a partir de 3 seg.	500	100	-

(*) En la mujer estos valores son, aproximadamente, un tercio menores.

2.- Frecuencia.

De la tabla nº6.3 también se deduce que los efectos del choque eléctrico varían con la frecuencia. Aumentando esta empieza a tener importancia el efecto pelicular, no produciéndose más efecto que el calentamiento de los tejidos por efecto Joule. Esta propiedad se aprovecha en aplicaciones terapéuticas tales como los bisturíes eléctricos.

Tabla nº 6.3

Frecuencia	Umbral de percepción	Límite de control muscular
0 Hz (cc)	2 mA	75 mA
50 Hz	0,5 mA	15 mA
10 kHz	5 mA	75 mA

La corriente continua resulta para intensidades iguales normalmente menos peligrosa que la alterna. No obstante, la continua puede provocar, si pasa por el cuerpo de la víctima un tiempo prolongado, un efecto que no provoca la alterna, la electrólisis de la sangre y la generación de gases que pueda provocar la embolia gaseosa.

Respecto a la frecuencia cabría decir que el peligro disminuye a medida que ésta aumenta. A partir de unos 5.000 Hz las corrientes no penetran en el cuerpo y sólo se propaga superficialmente por la piel; sin embargo, a partir de 100 KHz empiezan a aparecer efectos peligrosos unidos a la exposición de frecuencia de radio-radar. Para estas frecuencias, el peligro se presenta por la exposición del cuerpo humano a campos electromagnéticos de elevada potencia. Las radiaciones electromagnéticas producen el calentamiento de los tejidos en repercusión sobre el sistema nervioso central y sobre el sistema cardiovascular.

3.- Impedancia eléctrica del cuerpo humano.

De acuerdo con la ley de Ohm, la intensidad de la corriente que, con motivo de un choque eléctrico, recorrerá el cuerpo de una persona dependerá de la impedancia. ($I = V / Z$).

La impedancia que ofrece el cuerpo humano al paso de la corriente no es un valor constante, pues varía con la tensión y el tiempo de contacto. A estos efectos, el cuerpo humano se comporta con respecto a la corriente como un semiconductor, pues su resistencia varía con la tensión aplicada.

Además, las diferentes partes del organismo (piel, sangre, músculos, otros tejidos, huesos y articulaciones) presentan una cierta impedancia compuesta de elementos resistivos y capacitivos. Se puede considerar la impedancia de la piel, la impedancia interna del cuerpo humano, la impedancia total del cuerpo humano y la resistencia inicial del cuerpo humano.

Por tanto, la impedancia depende del trayecto de la corriente, de la tensión de contacto, de la duración del paso de la corriente, de la frecuencia, del estado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión ejercida y de la temperatura.

La norma francesa NF 15-100 nos da los valores de la resistencia del cuerpo humano en función de la humedad que figuran en la Tabla nº 6.4.

Tabla nº 6.4

Impedancia del cuerpo humano en función del estado de humedad de la piel (en Ω) y en trayectos mano-mano o mano-pié.

Tensión de contacto (en V)	Estado de humedad de la piel			
	Seca BB1	Húmeda BB2	Mojada BB3	Inmersa BB4
25	5000	2500	1000	500
50	4000	2000	875	440
250	1500	1000	650	325
Límite	1000	1000	650	325

* *Piel seca.* Ninguna humedad. No hay sudor sobre la piel.

* *Piel húmeda.* Piel sudada sin gotas. No se tiene en cuenta ni ropa, ni calzado.

* *Piel mojada.* Piel cubierta de sudor con gotas. No tiene en cuenta la resistencia de la piel de los pies. En la práctica corresponde a los emplazamientos exteriores no cubiertos o instalaciones a la intemperie y las instalaciones de obras.

* *Estado de inmersión.* Piel sumergida en agua. La resistencia de la piel es la resistencia interna del cuerpo humano. Estas condiciones se encuentran en los volúmenes de prohibición de los baños, piscinas, salas de duchas.

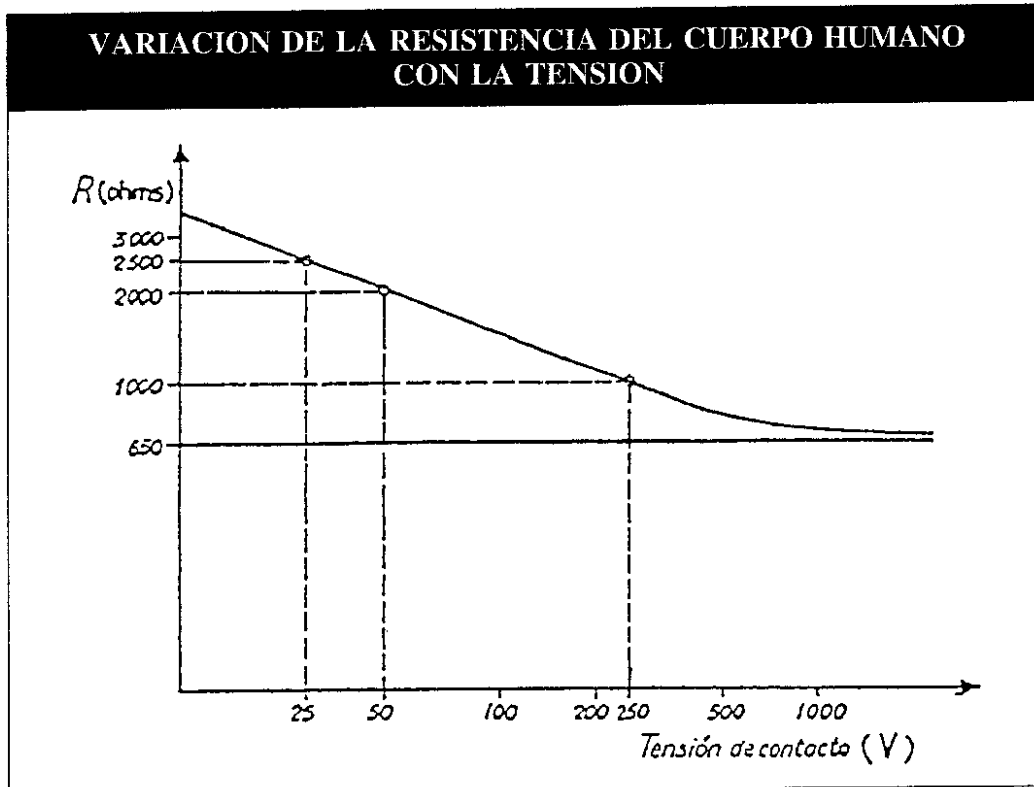


Figura n.º 3

Asimismo, se ponen de relieve los siguientes valores mínimos:

TENSIÓN DE CONTACTO (V)	RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO (O)
25	2.500
50	2.000
250	1.000
Valor asintótico	650

Tabla n.º 6.5

Se observa que, prácticamente se alcanzan los valores límite a una tensión de 250 V.

Estos valores son aplicables para corriente alterna hasta 100 Hz y para corriente continua.

Los valores admitidos para la resistencia del cuerpo humano (Figura n.º3) corresponden a las condiciones más probables en que puede producirse un contacto con elementos conductores.

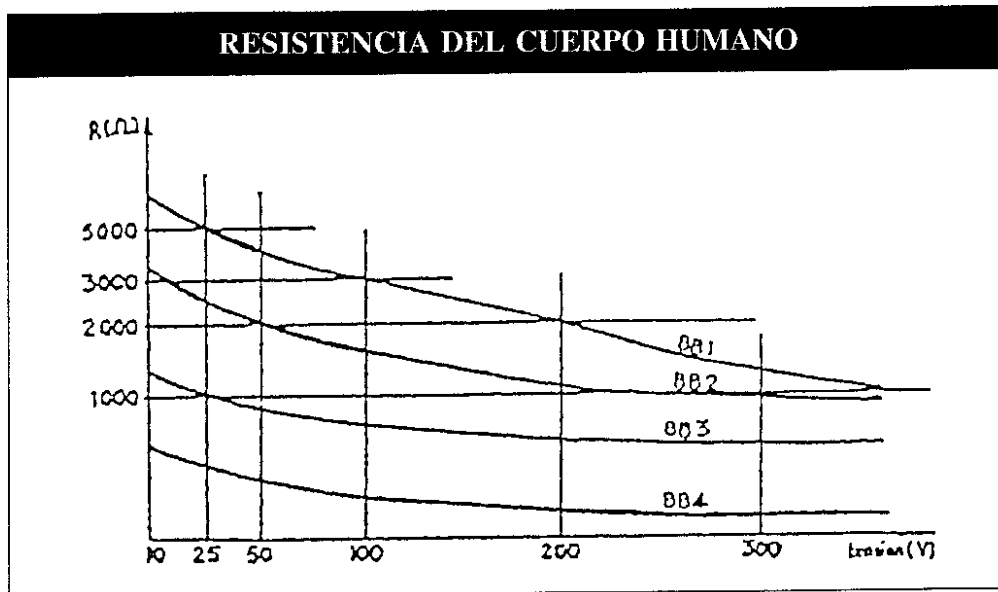


Figura n.º 4

Para trayectos distintos al mano-mano o mano-pié, los valores de las impedancias medidos son notablemente inferiores, por lo que se tomarán los valores de corrección que se mencionan en la norma UNE 20-572-92, que son para trayectos de mano a: cabeza (50%), cuello (40%), tórax (45%), abdomen (50%), cadera (55%), brazo (60%), antebrazo (75%), muslo (60%), rodilla (70%) y pierna (75%),

Otros factores a considerar son:

- * La superficie de contacto.
- * La presión de contacto.
- * Estado fisiológico (sobre todo tasa de alcohol en la sangre).
- * Dureza de la epidermis.

4.- Recorrido de la corriente por el cuerpo humano.

La influencia del recorrido de la corriente en sus consecuencias es debido a la importancia de los órganos a quienes afecta la corriente a su paso.

Así, todos aquellos recorridos que interesan al tórax o a la cabeza son más graves que los demás.

Como ejemplo de los recorridos más peligrosos se pueden mencionar:

- * **Mano - pie del lado contrario.**
- * **Mano - cabeza.**
- * **Mano derecha - tórax - mano izquierda.**

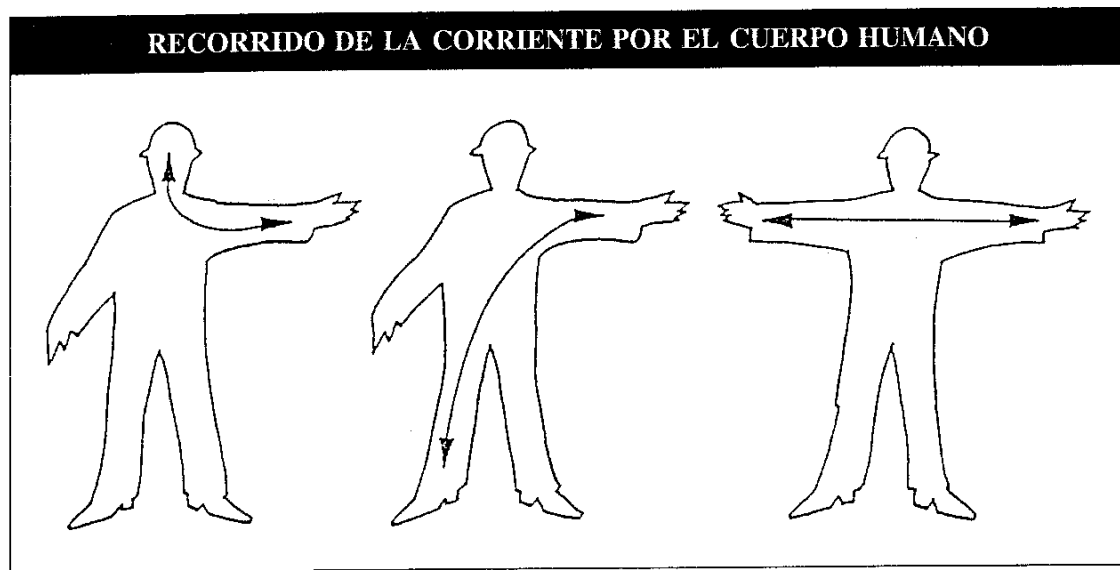


Figura n.º 5

5.- Tiempo que dura el paso de la corriente.

Junto con la intensidad es la otra característica que influye mucho en los efectos y las consecuencias del contacto eléctrico.

La norma UNE 20-572 fija unas curvas (a, b, c y d) que delimitan las distintas zonas de peligro de la corriente eléctrica en función del tiempo (ver Figura n.º6).

El diagrama representado en la figura corresponde al efecto del paso de la corriente eléctrica alterna de 50/60 Hz, a través de las extremidades del cuerpo humano, con peso superior a los 50 kgs.

Zona 1: No aparece ninguna reacción. Está limitada superiormente por los 0,5 mA y es independiente del tiempo de actuación.

Zona 2: La corriente se nota, produciendo un cosquilleo e incluso dolor, pudiendo el accidentado soltarse. Generalmente no es de esperar ningún efecto fisiopatológico.

Esta zona es función del tiempo de aplicación a partir de los 10 mA y puede llegar a los 300 mA para un límite de tiempo de 10 mseg. A partir de esta zona el accidentado empieza a tener dificultades para soltarse.

Zona 3: No presenta habitualmente ningún riesgo de fibrilación ventricular. Riesgo de asfixia. Sus límites superiores van de 1250 mA durante 10 mseg. a unos 42 mA durante 10 seg.

Zona 4: Existe riesgo de fibrilación ventricular. Sus límites superiores van de 3 A durante 10 mseg. a 130 mA durante 10 seg.

Zona 5: Es probable la aparición de fibrilación ventricular. Es conveniente fijarse que, en caso de corriente de duración prolongada, existe riesgo de asfixia a partir de la zona 3.

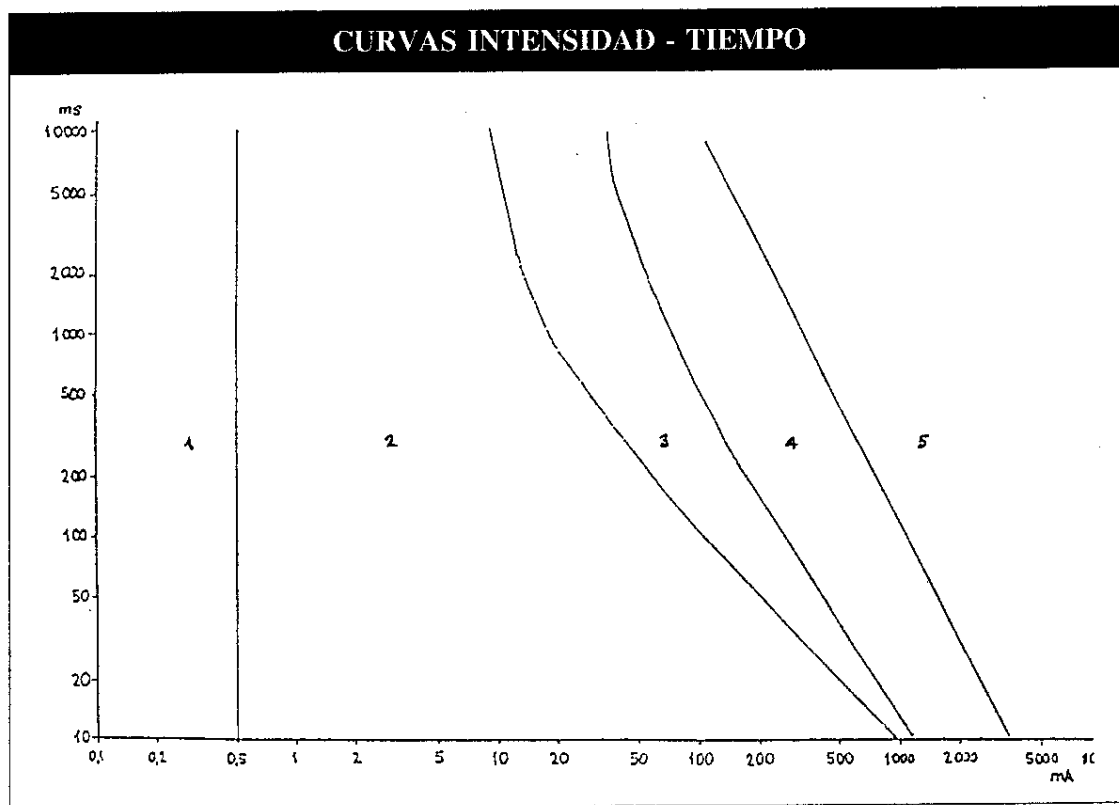


Figura n.º 6

Si se toma como umbral de seguridad 30 mA (por debajo de la cual no se produce fibrilación ventricular) podemos exponer la siguiente tabla (n.º 1.6), en donde se indican las tensiones de seguridad.

TENSIONES DE SEGURIDAD		
TIPO DE LOCAL	RESISTENCIA	TENSIÓN DE SEGURIDAD
Local húmedo	800 Ω	24 voltios
Local seco	1.500 Ω	45 voltios

Tabla n.º6.6

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión fija estos valores en 25 y 50 voltios respectivamente.

6.- Capacidad de reacción de las personas.

Parece claro que el efecto de la corriente cuando un cuerpo se electriza es muy diferente en función de las características de la persona afectada.

Algunas causas posibles serían:

- a) Su estado físico y psicológico.
- b) El alcohol que contenga.
- c) Si está dormido o despierto (un sujeto dormido aguanta, aproximadamente, el doble de intensidad que despierto).
- d) El nerviosismo o excitación del sujeto afectado.
- e) Si tiene o no problemas cardíacos.
- f) Otros como: sexo, fatiga, etc.

5.- EFECTOS TERMICOS DE ORIGEN ELECTRICO.

I. Quemaduras.

Mención aparte, por la distinta naturaleza de las lesiones, merecen las: *Quemaduras*.- Desde el punto de vista eléctrico, las quemaduras vienen provocadas por el desprendimiento de calor que el paso de la corriente provoca en los materiales por efecto Joule y la transferencia de energía térmica desde el agente productor al organismo. Las quemaduras eléctricas pueden originarse por:

- Calor radiante.
- Salpicaduras de metal fundido.
- Calor por contacto.
- Fuegos de origen eléctrico.

La barrera que nos protege de las quemaduras es la piel, que es capaz de soportar un amplio margen de temperaturas, con la condición de que el tiempo de exposición sea muy corto.

En la piel se distinguen, de fuera a dentro, tres capas superpuestas:

La epidermis: Capa exterior de las células de la piel de espesor inferior a 0,1 mm. Esta capa no contiene células nerviosa ni vasculares y su función es proteger las capas de piel subyacentes.

La dermis : Su espesor es de unos 2 mm y contiene vasos sanguíneos y terminaciones nerviosas.

La hipodermis: Capa más profunda constituida por la grasa subcutánea.

Por su severidad las quemaduras se clasifican en:

- Quemaduras de primer grado
- Quemaduras de segundo grado y
- Quemaduras de tercer grado.

Según que produzcan enrojecimiento de la piel, destruyan la epidermis formándose ampollas en la piel o destruyan gran parte de la dermis, presentándose úlceras que dejan cicatrices permanentes al curar.

Los riesgos por quemaduras se pueden clasificar en tres grupos:

- a) Quemaduras electrotérmicas, ocasionadas a causa del calor que se produce al paso de la corriente eléctrica a través del organismo, que puede provocar trombosis, coágulos, cangrena o lesiones del sistema nervioso.
- b) Quemaduras por efectos térmicos o por arco eléctrico, que pueden superar los 2.500 °C.
- c) Quemaduras por llama, por ignición de las ropas de la víctima, por chispas o por arco eléctrico.

6.- INCENDIOS Y EFECTOS DEL FUEGO EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

I. Incendios.

Los riesgos por incendio pueden darse debido a:

- a. La instalación eléctrica puede presentar peligro de incendio para otros materiales instalados en su proximidad.
- b. La temperatura de los materiales eléctricos fijos pueden alcanzar valores susceptibles de ocasionar un incendio.
- c. Los materiales eléctricos pueden ser susceptibles de originar arcos o chispas.
- d. Los materiales combustibles componentes del equipo eléctrico se pueden propagar fundidos o ardiendo a otras partes del edificio.
- e. También pueden desprender gases tóxicos o humos

II. Efectos del fuego en las instalaciones eléctricas.

Se puede constatar que, mientras las víctimas de accidentes de electrocución son proporcionalmente más abundantes entre los profesionales de la electricidad, las víctimas de incendios, de origen eléctrico o no, son más abundantes entre los usuarios de los equipos eléctricos y buena parte de dichos usuarios sufren daños, no a consecuencia del incendio en sí, sino debido a la emisión de gases tóxicos y humos que se desprenden de los aislamientos y cubiertas de los equipos eléctricos, fundamentalmente los cables y sus canalizaciones, debido a su mayor difusión en la instalación.

7.-MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE PROTECCIÓN CONTRA LOS DAÑOS DE ORIGEN ELECTRICO EN BAJA TENSION.

I Medidas contra los contactos eléctricos directos.

Estas están previstas para proteger a las personas contra los peligros derivados del contacto directo con partes activas.

Según el RD 614/2001 y definidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, las medidas pasivas para evitar los contactos directos son las siguientes:

1. Separación de las partes activas.

Consiste en la separación de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, que sea imposible un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. Se considera zona alcanzable con la mano la que, medida a partir del punto donde la persona pueda estar situada, está a una distancia límite de 2,5 metros hacia arriba, 1 metro lateralmente y hacia abajo, tomando como punto de referencia el situado en el suelo entre los 2 pies (Figura n.º7).

Si habitualmente se manipulan objetos conductores (tubos, barras, etc.), estas distancias deberán aumentarse de acuerdo con la longitud de dichos elementos conductores, ya que las distancias fijadas por el Reglamento hacen referencia al alcance de la mano.

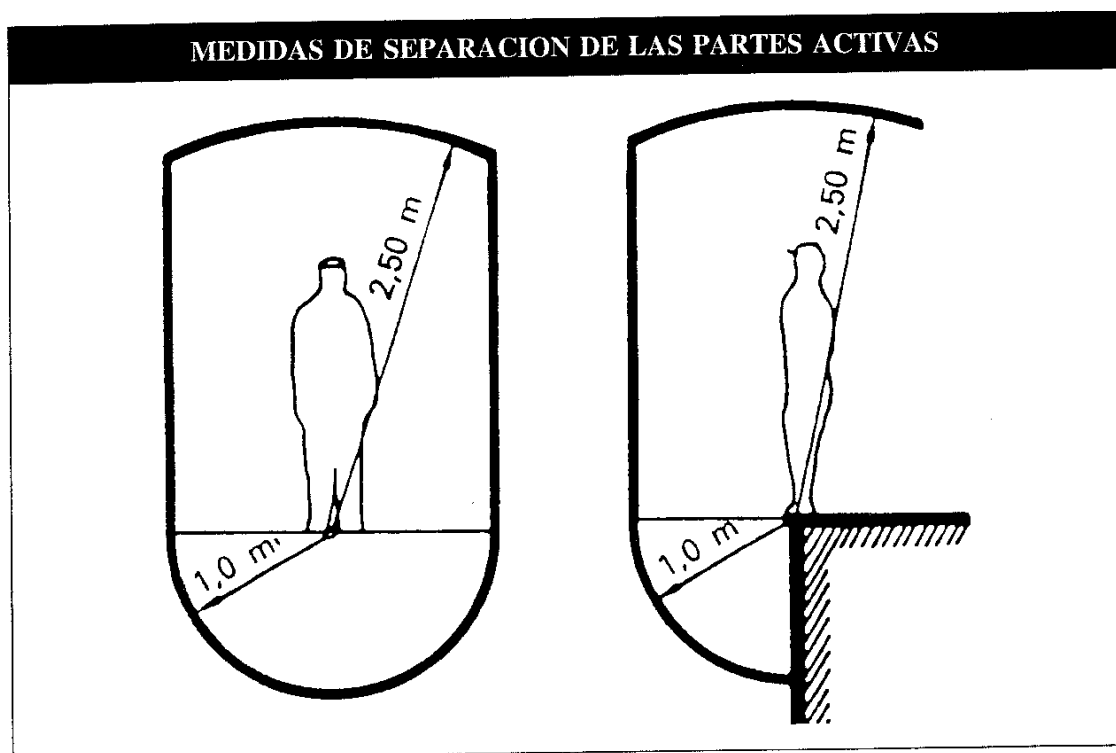


Figura n.º 7

2. Aislamiento de las partes activas.

Consiste en el aislamiento de las partes activas mediante un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que evite una tensión de contacto que origine una intensidad de un valor superior a 1 mA. La resistencia del cuerpo humano será considerada como 2.500 ohmios.

No se consideran satisfactorias a este fin las pinturas, lacas y barnices aplicadas para recubrir las partes activas.

3. Interposición de obstáculos que impidan los contactos.

Se trata de la interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas al descubierto de la instalación. Los obstáculos de protección (tabiques, rejas, pantallas, etc.) deben estar fijados de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales.

Si los obstáculos son metálicos, se considerarán como masas y deberán estar protegidos contra los contactos indirectos.

II. Medidas contra los contactos eléctricos indirectos.

Están concebidas para proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un defecto de aislamiento entre las partes activas y masa u otras partes conductoras accesibles.

Según la Instrucción Complementaria MIBT 021, apartado 2, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, es preceptivo establecer sistemas de protección contra contactos indirectos en aquellas instalaciones con tensiones superiores a los 50 V., agrupándose en dos clases: Clase A y Clase B.

Clase A

Consistente en suprimir el riesgo haciendo que los contactos no sean peligrosos e impedir los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores. Las de más frecuente uso son:

a) Separación de circuitos.

Este sistema de protección consiste en separar los circuitos de utilización respecto de la fuente de energía por medio de transformadores, manteniendo aislado todos los conductores del circuito de utilización, incluido el neutro (Figura n.º8).

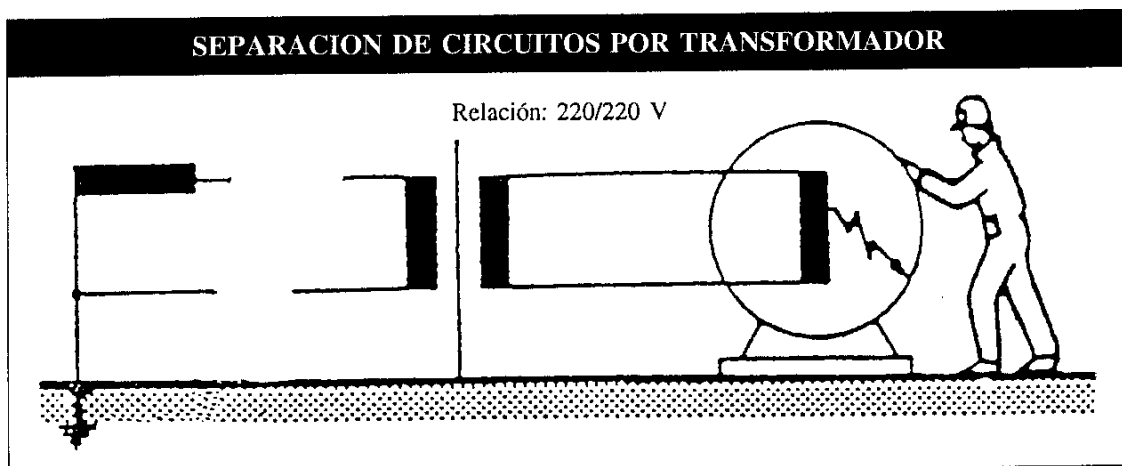


Figura n.º 8

b) Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.

Los valores utilizados son de 24 V. de valor eficaz, para locales húmedos o mojados y 50 V. para locales secos. La tensión de seguridad será suministrada por transformadores, baterías, etc. y estarán aisladas de tierra.

c) Separación de las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamiento de protección.

El doble aislamiento está señalado con el símbolo: □

Este símbolo se aplica en máquinas herramientas portátiles, aparatos electrodomésticos pequeños, interruptores, pulsadores, etc.

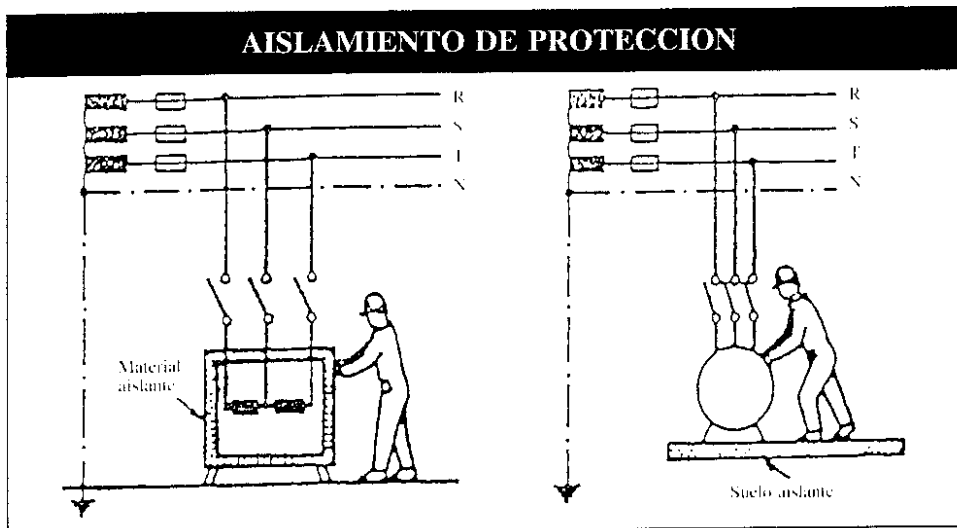


Figura n.º 9

d) Conexiones equipotenciales de las masas.

Este sistema de protección consiste en unir entre sí todas las masas de la instalación a proteger y a los elementos conductores simultáneamente accesibles, para evitar que puedan aparecer, en un momento dado, diferencias de potencial peligrosas entre ambos.

Esto se consigue uniendo por medio de un conductor de protección y a través de uniones de muy débil resistencia:

- * Todas las masas entre sí.
- * Con los elementos conductores de la edificación susceptibles de contacto (tuberías, radiadores, etc.).
- * Y con los electrodos de puesta a tierra, si nos interesa proteger y también contra la tensión V_{masa} y V_{suelo} .

Se trata de crear una jaula de Faraday en el recinto a proteger de tal manera que, en el caso de circulación de corriente, ésta no crea caídas de tensión peligrosas.

B. Limitaciones

La principal limitación de este sistema de protección está en que por sí solo, aunque evite el riesgo, no hace desaparecer la causa que provoca el fallo, pudiendo éste persistir y poniendo en grave peligro al operario al abandonar o entrar en el local o emplazamiento protegido.

Por ello, es necesario asociar a este sistema de protección otro de la *Clase B* (medidor de aislamiento, en el caso de emplazamientos o locales aislados o dispositivos de corte como interruptores diferenciales).

Igualmente, se ha de tener sumo cuidado en la realización de este sistema, introduciendo manguitos aislantes siempre que exista peligro de propagación de tensiones peligrosas a otros locales. Esta condición es difícil de respetar si la instalación no se realiza en obra, por lo que hace muy limitado el uso de este sistema de protección.

Clase B

Consiste en la puesta de las masas directamente a tierra o a neutro, y, además, en la dotación de un dispositivo de corte automático que dé lugar a la desconexión de las instalaciones defectuosas.

Los principales sistemas de protección Clase B son:

1. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.

Este sistema de protección evita la persistencia de una tensión peligrosa entre la masa de la instalación y un punto de tierra, produciéndose el corte automático en un tiempo menor de 5 seg.

2. Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

Este sistema de protección consiste en unir las masas metálicas de la instalación al conductor neutro, de tal forma que los defectos francos de aislamiento se transformen en cortocircuitos entre fase y neutro, provocando el funcionamiento del dispositivo de corte automático. Los dispositivos de corte utilizados serán interruptores automáticos o cortocircuitos fusibles.

3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

Este sistema de protección consiste en unir las masas metálicas de la instalación a la tierra mediante electrodos o grupo de electrodos enterrados en el suelo, de tal forma que las carcasas o partes metálicas no puedan quedar sometidas por defecto de derivación a una tensión superior a la de seguridad. Para ello, se utilizan como dispositivos de corte los diferenciales. Estos diferenciales serán de mayor sensibilidad cuanto mayor sea la resistencia de la tierra a la que está unido el circuito de protección.

4. Empleo de interruptores diferenciales.

La misión de los diferenciales es la siguiente:

- * Reducir el tiempo de paso de la corriente por el cuerpo humano, mediante la interrupción rápida.
- * Reducir la corriente que pasa por el cuerpo humano, a un valor suficientemente bajo.

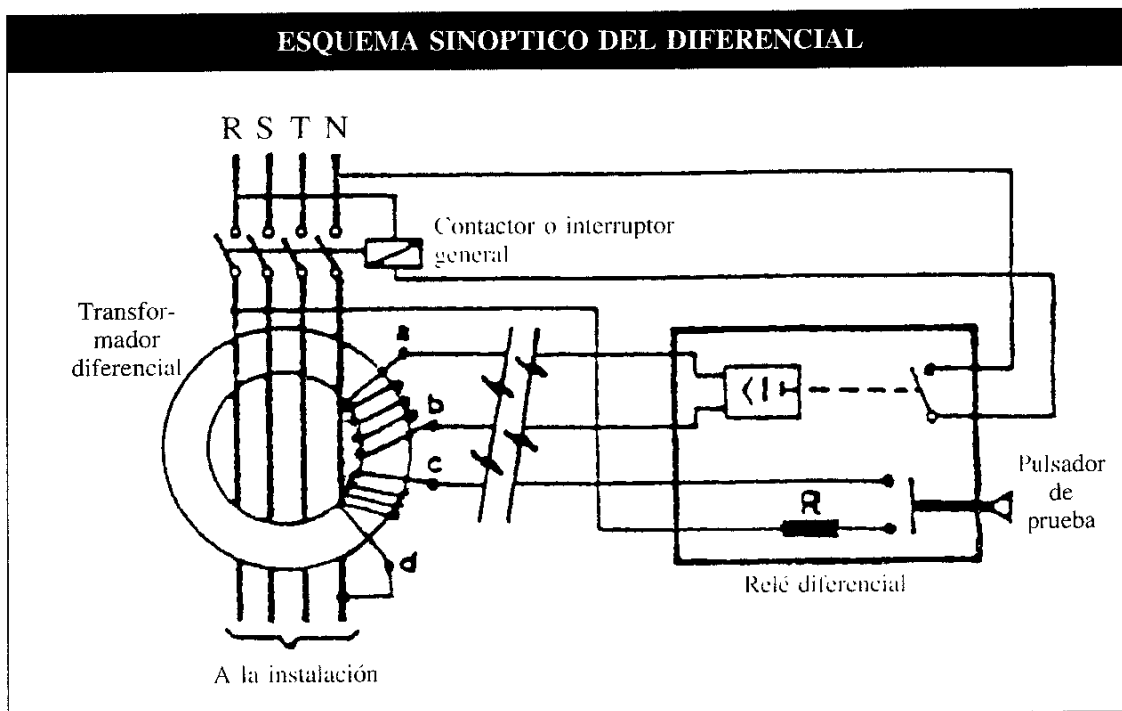


Figura n.º 10

Teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables para el cuerpo humano en que puede producirse la fibrilación según los valores intensidad/tiempo, se estima que la sensibilidad debe de ser 25 a 30 mA y el tiempo de disparo menor de 250 m. seg.

Principio de disparo del diferencial. El diferencial como se observa en la fig. 13, está constituido por un toroidal magnético que es atravesado por las fases y neutro de la instalación a proteger y al cual están enrollados, un devanado secundario "a-b" que conecta al elemento de detección y éste, a su vez, al interruptor de disparo y un devanado de prueba "c-d".

La detección de la corriente diferencial está basada en que los flujos magnéticos inducidos en el núcleo del toroidal por las intensidades de entrada y salida se anulan recíprocamente. Si se produce una intensidad de defecto, el flujo magnético se desequilibra induciendo una tensión en el devanado secundario; si esta tensión sobrepasa los límites fijados, equivalente a una derivación de 30 mA., actúa el elemento disparador poniendo al diferencial fuera de servicio.

El pulsador de prueba somete al toro a un desequilibrio a través de su devanado, produciendo el disparo del interruptor general como si de un defecto se tratara.

5. Resumen.

Lo habitual en la zona de distribución andaluza es que:

Al objeto de proteger tanto a las personas como a las instalaciones contra los contactos directos e indirectos se utilice el método de puesta a tierra de las masas y sistema de corte por intensidad de defecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada.

Para la protección contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) se utilizan los interruptores magnetotérmicos, cortacircuitos fusibles y relés térmicos, de diversas clases y calibres.

8.-MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA TRABAJOS Y MANIOBRAS ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN.

La clasificación de las instalaciones eléctricas, según el valor nominal de la tensión y de acuerdo con el R.E.B.T. se muestra en la tabla 6.7.

CLASES DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN EL VALOR NOMINAL DE LA TENSIÓN		
CLASE DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	TENSIÓN NOMINAL	
	Corriente alterna	Corriente continua
De pequeña tensión	V □ 50 Voltios	V □ 75 Voltios
De baja tensión	V □ 1.000 Voltios	V □ 1.500 Voltios
De alta tensión	V >1.000 Voltios	V >1.500 Voltios

Tabla 6. 7

Para efectuar trabajos en instalaciones eléctricas con tensiones usuales (entre 50 y 500 V. corriente alterna de 50 Hz) y pequeñas tensiones (menores o iguales a 50 V. eficaces) es preciso atenerse a unas reglas en cuanto a:

* La aplicación de unos métodos de trabajo especificados.

* La forma de proceder en cada trabajo.

* La formación del personal.

Previamente a iniciar cualquier trabajo en Baja Tensión, hay que proceder a identificar el conductor o instalación en donde se tiene que efectuar el mismo.

Toda instalación será considerada bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados al efecto.

I. Trabajos que se realicen sin tensión.

Esta norma de seguridad es la que debe ser llevada a la práctica generalmente y a ser factible sólo excepcionalmente se permitirá trabajar con tensión.

Las principales condiciones a cumplirse son las indicadas en el artículo 67 de la O.G.S.H.T. en su Apartado 2.

* Será aislada la parte en que se vaya a trabajar de cualquier posible alimentación, mediante la apertura de los aparatos de seccionamiento más próximos a la zona de trabajo.

* Será bloqueado en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de seccionamiento citados, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.

* Se comprobará mediante un verificador la ausencia de tensión en cada una de las partes eléctricamente separadas de la instalación (fases, ambos extremos de los fusibles, etc.).

* No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos, sin comprobar que no existe peligro alguno.

Como complemento de estas medidas se puede añadir que es recomendable que los aparatos de seccionamiento sean de corte visible, con objeto de que se pueda apreciar visualmente que se han abierto todos los contactos.

El letrero o señalización a colocar ha de ser de material aislante con una zona en donde pueda figurar el nombre del operario que realiza los trabajos.

Los comprobadores de tensión estarán protegidos y dotados de puntos de pruebas aislados menos en sus extremos en una longitud lo más pequeña posible para evitar cortocircuitos en las mediciones.

La señalización solamente será retirada por el operario que la colocó y cuyo nombre figura en ésta.

II. Trabajos que se realicen con tensión.

Además del equipo de protección personal (casco, gafas inactivas, calzado aislante, ropa ignífuga, etc.), se empleará en cada caso el material de seguridad más adecuado entre los siguientes:

1. Guantes aislantes homologados.
2. Alfombras o banquetas aislantes.
3. Vainas o caperuzas aislantes.
4. Comprobadores de tensión.
5. Herramientas aislantes homologadas.
6. Material de señalización (discos, barreras, etc.).

Al realizar trabajos en tensión habrá que considerar no sólo el riesgo de contacto eléctrico con partes activas, sino también la posible formación de arcos eléctricos por cortocircuito.



Figura n.º 11

La ropa de trabajo de los electricistas y operadores eléctricos será resistente al calor, de tal manera que en caso de producirse un arco no la inflame, aumentando las lesiones, desaconsejándose la ropa acrílica y utilizando ropa de algodón o de tipo ignífugo.

Las comprobaciones de tensión para averías, reparaciones, etc., serán consideradas como un trabajo con tensión, por lo que se usarán los elementos de protección antes citados (guantes aislantes, gafas de protección ocular).

III. Métodos de trabajo.

Durante la realización de cualquier trabajo el operario ha de tener su cuerpo aislado de cualquier posible circulación de corriente por él, así como de que no se produzcan contactos entre fases o fase y tierra, que den lugar a arcos accidentales que puedan alcanzarle.

Para ello, se podrán utilizar, según los casos, las medidas de prevención que aparecen en la tabla 6.8.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A ADOPTAR TANTO TÉCNICAS COMO PERSONALES		
De forma general	* Antes de cada trabajo.	* Se comprobará el buen estado de los guantes aislantes y de las herramientas, materiales y equipo.
	* Accesorios aislantes.	* Pantallas cubiertas, etc.
	* Dispositivos aislantes.	* Plataformas, banquetas, alfombras.
	* Protecciones personales.	* Guantes, gafas, casco.
En los casos de cables subterráneos	* Asegurar el revestimiento de la zanja o canalización y de las masas con las que el operario pueda entrar en contacto al mismo tiempo que con el conductor en tensión.	* Protectores, tubos vinílicos.
	* Toda persona que pueda tirar de un operario, bien directamente o por medio de herramientas u otros útiles, llevarán ...	* Guantes aislantes y estar situado sobre superficie aislante.

Tabla 6.8

IV. Formación del personal.

El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones eléctricas en tensión estará adiestrado en los métodos de trabajo a seguir en cada caso y en la utilización del material de seguridad, equipo y herramientas aislantes homologadas.

9.-TRABAJO A REALIZAR POR EL ALUMNO

Con una extensión máxima de un folio por las dos caras, hacer un resumen del tema, con lo que le haya parecido más importante, más novedoso, más preocupante, etc; así como con la impresión personal de esta práctica en particular y de todas en general.

PRÁCTICAS DE ELECTROTECNIA.EJERCICIOS DE APLICACIÓN

1ª.- Un amperímetro es un aparato que sirve para:

- a) Medir la tensión y se conecta en serie en el circuito.
- b) Medir la intensidad y se conecta en paralelo en el circuito.
- c) Medir la tensión y se conecta en paralelo en el circuito.
- d) Medir la intensidad y se conecta en serie en el circuito.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

2ª.-Las bornas del inducido, en un generador de c.c. se suelen nombrar como:

- a) A, B
- b) C, D
- c) E, F
- d) J, K
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

3ª.-La intensidad en el de arranque en un motor trifásico en triángulo es:

- a) Igual a la del sistema estrella.
- b) Menor que la intensidad de régimen.
- c) Dos veces mayor que la intensidad de régimen.
- d) $\sqrt{3}$ veces mayor que la que se produce en el arranque en un sistema en estrella.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

4ª.-Se considera que se ha corregido el factor de potencia al máximo de una carga inductiva cuando el ángulo entre la tensión y la intensidad es:

- a) 0 grados.
- b) 90 grados.
- c) 45 grados.
- d) 115 grados.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

5ª.-Un fasímetro es un aparato de:

- a) Control
- b) Medida
- c) Maniobra
- d) Protección
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

6ª.-Un interruptor magnetotérmico diferencial protege contra:

- a) Sobrecargas.
- b) Cortocircuitos.
- c) Contactos Directos.
- d) Contactos Indirectos.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

7ª.-Si tienes corriente alterna y quieres transformarla en corriente continua debes poner:

- a) Un transformador.
- b) Un autotransformador.
- c) Un regulador de tensión.
- d) Un conmutador de voltímetro.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

8ª.-Si queremos medir la potencia en corriente alterna monofásica, necesitamos:

- a) Un voltímetro y un amperímetro.
- b) Un voltímetro , un amperímetro y un fasímetro .
- c) Un fasímetro.
- d) Un reostato.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

9ª.-Un guardamotor protege un motor de:

- a) Cortocircuitos.
- b) Sobrecargas.
- c) Intensidades de fuga.
- d) Sobretensiones.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna de las respuestas es válida.

10ª.-¿Donde utilizarías la conexión en "bloqueo mutuo"?:

- a) En arranque estrella-triángulo.
- b) En arranque directo.
- c) En arranque inverso.
- d) En parada de emergencia.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna de las respuestas es válida.

11ª.-Para producir el cambio de sentido de giro en un motor trifásico sólo basta con cambiar:

- a) El orden de dos fases a la entrada del motor.
- b) El orden de dos fases a la salida del motor.
- c) El orden de una fase a la entrada y otra a la salida.
- d) EL orden de dos fases a la entrada y dos a la salida.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta anterior es válida.

12ª.-Un cebador sirve:

- a) Para provocar el encendido de un tubo fluorescente.
- b) Para alimentar un motor.
- c) Para limitar la intensidad.
- d) Para limitar la tensión.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta anterior es válida.

13ª.-Las derivaciones larga y corta se utilizan en la dinamo:

- a) Excitación independiente
- b) Serie
- c) Shunt
- d) Compound
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta anterior es válida.

14ª.-Un autotransformador es un elemento que sirve :

- a) Para protección de un sistema eléctrico.
- b) Regular la tensión.
- c) Como dispositivo de medida.
- d) Regulador de carga.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna de las respuestas es válida.

15ª.-Las principales causas de averías y accidentes en electricidad se debe:

- a) Deficiencias de aislamiento.
- b) Sobrecargas.
- c) Cortocircuitos.
- d) Sobretensiones.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

16ª.-Los conmutadores son dispositivos de maniobra que permiten:

- a) Abrir circuitos.
- b) Abrir o cerrar circuitos el tiempo que se mantienen presionados.
- c) Seleccionar o invertir las condiciones de suministro de alguna magnitud eléctrica.
- d) Dispositivo de conexión que se gobierna a distancia.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

17ª.-Todas las dinamos disponen:

- a) Bobinado inductor e inducido.
- b) Colector
- c) Número par de escobillas.
- d) Número par de delgas en el colector.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

18º.-¿Qué tipo de máquina asocia con " rotor en cortocircuito"?

- a) Motor universal
- b) Motor trifásico
- c) Motor C.C. Compound
- d) Motor C.C. Shunt
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

19º.-En el momento de arranque de un motor trifásico el deslizamientos:

- a) $S=0$
- b) $S=1$
- c) $S<0$
- d) $S>2$
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

20ª.- Un voltímetro es un aparato que sirve para:

- a) Medir la tensión y se conecta en serie en el circuito.
- b) Medir la intensidad y se conecta en paralelo en el circuito.
- c) Medir la tensión y se conecta en paralelo en el circuito.
- d) Medir la intensidad y se conecta en serie en el circuito.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

21ª.-Un temporizador protege un motor de:

- a) Cortocircuitos.
- b) Sobrecargas.
- c) Intensidades de fuga.
- d) Sobretensiones.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna de las respuestas es válida.

22ª.-Cuando se unen dos puntos que están a distinto potencial mediante un conductor se produce:

- a) Deficiencias de aislamiento.
- b) Sobrecarga.
- c) Cortocircuito.
- d) Sobretensiones.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

23ª.-Los efectos fisiológicos de la corriente, al circular por el cuerpo humano, dependen de los siguientes factores:

- a) De la intensidad de corriente y de la tensión.
- b) Del tiempo de contacto y de la resistencia del cuerpo entre los puntos de contacto.
- c) Del recorrido de la corriente por el cuerpo y de la frecuencia de la corriente.
- d) De las condiciones fisiológicas de la persona.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

24ª.-Un motor universal funciona con :

- a) Sólo con corriente continua.
- b) Sólo con corriente alterna.
- c) Corriente continua y alterna.
- d) Sólo con corriente alterna trifásica.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

25ª.-Un circuito de fuerza motriz, alimentará:

- a) Contactor y relé térmico.
- b) Interruptor diferencial.
- c) Interruptor magnetotérmico.
- d) Cortacircuitos fusibles.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta anterior es válida.

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE APLICACIÓN:

- 1-d
- 2-a
- 3-f
- 4-a
- 5-b
- 6-e
- 7-f
- 8-b
- 9-b
- 10-a
- 11-a
- 12-a
- 13-d
- 14-b
- 15-e
- 16-c
- 17-e
- 18-b
- 19-b
- 20-c
- 21-f
- 22-c
- 23-e
- 24-c
- 25-e

APÉNDICE 1

TERMINOLOGÍA

Se pretende con la presentación de este apéndice recoger los términos técnicos más generales utilizados en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y en sus Instrucciones Complementarias (MIE BT 001)

Aislamiento funcional. Aislamiento necesario para asegurar el funcionamiento normal de un aparato y la protección fundamental contra contactos directos.

Aislamiento de protección o suplementario. Aislamiento independiente del funcional, previsto para asegurar la protección contra contactos indirectos en el caso de defecto del aislamiento funcional.

Aislamiento reforzado. Aislamiento cuyas características mecánicas y eléctricas hace que pueda considerarse equivalente a un doble aislamiento.

Alta sensibilidad. Se consideran los interruptores diferenciales como de alta sensibilidad cuando el valor de ésta es igual o inferior a 30 miliamperios.

Amovible. Calificativo que se aplica a todo material instalado de manera que se pueda quitar fácilmente.

Aparato amovible. Puede ser:

-Aparato portátil a mano, cuya utilización, en uso normal, exige la actuación constante de la misma.

-Aparato movable, cuya utilización, en uso normal, puede necesitar su desplazamiento.

-Aparato semi-fijo, sólo puede ser desplazado cuando está sin tensión.

Aparato fijo. Es el que está instalado en forma inamovible.

Cable flexible fijado permanentemente. Cable flexible de alimentación de un aparato, unido a éste de manera que sólo se pueda desconectar de él con la ayuda de un útil.

Canalización. Conjunto constituido por uno o varios conductores eléctricos, por los elementos que los fijan y por su protección mecánica, si la hubiera.

Canalización amovible. Canalización que puede ser quitada fácilmente.

Canalización fija. Canalización instalada en forma inamovible, que no puede ser desplazada.

Canalización movable. Canalización que puede ser desplazada durante su utilización.

Cebado. Régimen variable durante el cual se establece el arco o la chispa (UNE 21 302 h1).

Cerca eléctrica. Cerca formada por uno o varios conductores, sujetos a pequeños aisladores montados sobre postes ligeros a una altura apropiada a los animales que se pretenden alejar y electrizados de tal forma que las personas o los animales que los toquen no reciban descargas peligrosas (UNE 21 302 h13).

Circuito. Un circuito es un conjunto de materiales eléctricos (conductores, aparatos, etc) de diferentes fases o polaridades, alimentados por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobreintensidades por el o los mismos dispositivos de protección.

Conductores activos. Se consideran como conductores activos en toda instalación los destinados normalmente a la transmisión de energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna y a los conductores polares en corriente continua.

Conductores aislados bajo cubierta estanca. Son conductores que, aislados por cualquier materia, presentan una cubierta de protección constituida por un tubo de plomo continuo o por un revestimiento de policloruro de vinilo, de policloropreno, de polietileno o de materias equivalentes.

Conductores blindados con aislamiento mineral. Estos conductores están aislados por una materia mineral y tienen cubierta de protección constituida por cobre, aluminio o aleación de éstos. Estas cubiertas, a su vez, pueden estar protegidas por un revestimiento adecuado.

Conductor flexible. Es el formado por una o varias filásticas. Están previstos para canalizaciones móviles, aunque pueden ser instalados en canalizaciones amovibles y fijas.

Conductor rígido. Es el formado por uno o varios alambres. Están previstos para canalizaciones amovibles y fijas.

Conector. Conjunto destinado a conectar eléctricamente un cable flexible a un aparato eléctrico (UNE 21 302 h7).

Se compone de dos partes:

- Una toma móvil, que es la parte que forma cuerpo con el conductor flexible de alimentación.
- Una base, que es la parte incorporada o fijada al aparato de utilización.

Contactos directos. Contactos de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos.

Contactos indirectos. Contactos de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.

Corriente de contacto. Corriente que pasa a través del cuerpo humano o de un animal cuando está sometido a una tensión eléctrica.

Corriente de defecto o falta. Corriente que circula debido a un defecto de aislamiento.

Corte omnipolar. Corte de todos los conductores activos. Puede ser:

- Simultáneo, cuando la conexión y desconexión se efectúa al mismo tiempo en el conductor neutro o compensador y en las fases polares.

- No simultáneo, cuando la conexión del neutro o compensador se establece antes que las de las fases o polares y se desconectan éstas antes que el neutro o compensador.

Choque eléctrico. Efecto fisiológico debido al paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano.

Dedo de prueba o sonda portátil de ensayo. Es un dispositivo de forma similar a un dedo, incluso en sus articulaciones, internacionalmente normalizado, y que se destina a verificar si las partes activas de cualquier aparato o material son accesibles o no al utilizador del mismo. Existen varios tipos de dedos de prueba, destinados a diferentes aparatos, según su clase, tensión, etc.

Defecto franco. Conexión accidental, de impedancia despreciable, entre dos puntos a distintos potenciales.

Defecto a tierra. Defecto de aislamiento entre un conductor y tierra (UNE 21 302 h10).

Doble aislamiento. Aislamiento que comprende a la vez un aislamiento funcional y un aislamiento de protección o suplementario.

Elementos conductores. Todos aquellos que pueden encontrarse en un edificio, aparato, etc., y que son susceptibles de propagar un potencial, tales como: estructuras metálicas o de hormigón armado utilizadas en la construcción de edificios (p.e., armaduras, paneles, carpintería metálica, etc.), canalizaciones metálicas de agua, gas, calefacción, etc., y los aparatos no eléctricos conectados a ellas, si la unión constituye una conexión eléctrica (p.e., radiadores, cocinas, fregaderos metálicos, etc.). Suelos y paredes conductores.

Fuente de energía. Aparato generador o sistema suministrador de energía eléctrica.

Fuente de alimentación de energía. Lugar o punto donde una línea, una red, una instalación o un aparato recibe energía eléctrica que tiene que transmitir, repartir o utilizar.

Impedancia. Cociente de la tensión en los bornes de un circuito por la corriente que fluye por ellos. Esta definición sólo es aplicable a corrientes sinusoidales (UNE 21 302 h1).

Instalación eléctrica. Conjunto de aparatos y de circuitos eléctricos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Intensidad de defecto. Valor que alcanza una corriente de defecto.

Línea general de distribución. Canalización eléctrica que enlaza otra canalización, un cuadro de mando y protección o un dispositivo de protección general con el origen de canalizaciones que alimentan distintos receptores, locales o emplazamientos.

Luminaria. Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas, y que incluye todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y para conectarlas al circuito de alimentación (UNE 21 302 h16).

Masa. Conjunto de las partes metálicas de un aparato que, en condiciones normales, están aisladas de las partes activas (UNE 21 302 h1).

Las masas comprenden normalmente:

- Las partes metálicas accesibles de los materiales y de los equipos eléctricos, separadas de las partes activas solamente por un aislamiento funcional, las cuales son susceptibles de ser puestas bajo tensión a consecuencia de un fallo de las disposiciones tomadas para asegurar su aislamiento. Este fallo puede resultar de un defecto del aislamiento funcional, o de las disposiciones de fijación y de protección.

- Los elementos metálicos en conexión eléctrica o en contacto con las superficies exteriores de materiales eléctricos, que estén separadas de las partes activas por aislamientos funcionales, lleven o no estas superficies exteriores algún elemento metálico.

Partes activas. Conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal. Incluyen el conductor neutro o compensador y las partes a ellos conectadas. Excepcionalmente, las masas no se considerarán como partes activas cuando estén unidas al neutro con finalidad de protección contra los contactos indirectos.

Potencia nominal de un motor. Es la potencia mecánica disponible sobre su eje, expresada en vatios, kilovatios o megavatios.

Punto mediano. Es el punto de un sistema de corriente continua o de alterna monofásica, que en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial, con relación a cada uno de los polos o fases del sistema. A veces se conoce también como **punto neutro**, por semejanza con los sistemas trifásicos. El conductor que tiene su origen en este punto mediano, se denomina conductor mediano, neutro o, en corriente continua, compensador.

Punto neutro. Es el punto de un sistema polifásico que en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial, con relación a cada uno de los polos o fases del sistema.

Punto a potencial cero. Punto del terreno a una distancia tal de la instalación de toma a tierra, que el gradiente de tensión resulta despreciable, cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Reactancia. Es un dispositivo que se aplica para agregar a un circuito inductancia, con distintos objetos, por ejemplo: arranque de motores, conexión en paralelo de transformadores o regulación de corriente. Reactancia limitadora es la que se usa para limitar la corriente cuando se produzca un cortocircuito.

Receptor. Aparato o máquina eléctrica que utiliza la energía eléctrica para un fin particular.

Red de distribución. El conjunto de conductores con todos sus accesorios, sus elementos de sujeción, protección, etc., que une una fuente de energía o una fuente de alimentación de energía con las instalaciones interiores o receptoras.

Redes de distribución privadas. Son las destinadas, por un único usuario, a la distribución de energía eléctrica en Baja Tensión, a locales o emplazamientos de su propiedad o a otros especialmente autorizados por la Dirección General de la Energía. Las redes de distribución privadas pueden tener su origen:

- En centrales de generación propia.
- En redes de distribución pública. En este caso, son aplicables, en el punto de entrega de la energía, los preceptos fijados por el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.

Redes de distribución pública. Son las destinadas a la distribución de energía eléctrica en Baja Tensión a varios usuarios. En relación con este suministro son de aplicación para cada uno de ellos, los preceptos fijados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como los del Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía. Las redes de distribución pública pueden ser pertenecientes a empresas distribuidoras de energía y de propiedad particular o colectiva.

Resistencia global o total de tierra. Es la resistencia de tierra medida en un punto, considerando la acción conjunta de la totalidad de las puestas en tierra.

Resistencia de tierra. Relación entre la tensión que alcanza con respecto a un punto a potencial cero una instalación de puesta a tierra y la corriente que la recorre.

Suelo no conductor. Suelo o pared no susceptibles de propagar potenciales. Se considerará así el suelo (o la pared) que presentan una resistencia igual a 50.000 ohmios como mínimo.

Tensión de contacto. Diferencia de potencial que durante un defecto puede resultar aplicada entre la mano y el pie de una persona, que toque con aquélla una masa o elemento metálico, normalmente sin tensión.

Tensión de defecto. Tensión que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre dos masas, entre una masa y un elemento conductor, o entre una masa y tierra.

Tensión nominal. Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que han sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión compuesta.

Tensión nominal de un aparato. Tensión prevista de alimentación del aparato y por la que se designa. Se denomina gama nominal de tensiones al intervalo entre los límites de tensión previstas para alimentar el aparato. En caso de alimentación trifásica, la tensión nominal se refiere a la tensión entre fases.

Tensión nominal de un conductor. Tensión a la cual el conductor debe poder funcionar permanentemente en condiciones normales de servicio.

Tensión de puesta a tierra o "tensión a tierra". Tensión entre una instalación de puesta a tierra y un punto a potencial cero, cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Tensión con relación o respecto a tierra. Se entiende como tensión con relación a tierra:

- En instalaciones trifásicas con neutro aislado o no unido directamente a tierra, a la tensión nominal de la instalación.
- En instalaciones trifásicas con neutro unido directamente a tierra, a la tensión simple de la instalación.
- En instalaciones monofásicas o de corriente continua, sin punto de puesta a tierra, a la tensión nominal.
- En instalaciones monofásicas o de corriente continua, con punto mediano puesto a tierra, a la mitad de la tensión nominal.

Tierra. Masa conductora de la tierra o todo conductor unido a ella por una impedancia muy pequeña (UNE 21 302 h1)

Tubo blindado. Tubo que, además de tener las características del tubo normal, es capaz de resistir, después de su colocación, fuertes presiones y golpes repetidos, ofreciendo una resistencia notable a la penetración de objetos puntiagudos. (Grados de protección 7 ó 9. UNE 20 324).

Tubo normal. Tubo que es capaz de soportar únicamente los esfuerzos mecánicos que se producen durante su almacenado, transporte y colocación. (Grados de protección 3 ó 5. UNE 20 324).

APÉNDICE 2

SISTEMA DE UNIDADES

El Sistema Legal de Unidades de Medida, obligatorio en España, es el sistema métrico decimal con siete unidades básicas, denominado **Sistema Internacional de Unidades** (S.I.). Fué adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas y es el vigente en la Unión Europea. A continuación se expone el resumen de sus aspectos más importantes.

<i>UNIDADES BÁSICAS DEL S.I.</i>			
MAGNITUD		UNIDAD	
NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO
LONGITUD	L	metro	m
MASA	M	Kilogramo	kg
TIEMPO	T	segundo	s
INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA	I i	Ampere – amperio	A
TEMPERATURA TERMODINÁMICA	T	Kelvin	K
CANTIDAD DE SUSTANCIA	M	mol	mol
INTENSIDAD LUMINOSA.	C	candela	cd

<i>UNIDADES SUPLEMENTARIAS DEL S.I.</i>			
MAGNITUD		UNIDAD	
NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO
ÁNGULO PLANO	α	radián	rad
ÁNGULO SÓLIDO	ϕ	Estereorradián	sr

<i>UNIDADES DEL S.I. DERIVADAS, EXPRESADAS A PARTIR DE LAS BÁSICAS Y SUPLEMENTARIAS DEL S.I.</i>			
MAGNITUD		UNIDAD	
NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO
SUPERFICIE	S	metro cuadrado	m ²
VOLUMEN	V	metro cúbico	m ³
VELOCIDAD LINEAL	v	metro por segundo	m/s
ACELERACIÓN	a	metro por segundo cuadrado	m/s ²
MASA EN UN VOLUMEN (DENSIDAD)	d	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
CAUDAL EN VOLUMEN	Q = V/t	metro cúbico por segundo	m ³ /s
CAUDAL MÁSSICO	Q = m/t	kilogramo por segundo	kg/s
VELOCIDAD ANGULAR	ω	radián por segundo	rad/s
ACELERACIÓN ANGULAR	a	radian por segundo cuadrado	rad/s ²

UNIDADES DEL S.I. DERIVADAS, CON NOMBRES Y SÍMBOLOS ESPECIALES			
MAGNITUD		UNIDAD	
NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO
FRECUENCIA	f	hertz - hercio	Hz
FUERZA	F	newton	N
PRESIÓN – TENSIÓN	P - σ	pascal	Pa
ENERGÍA – TRABAJO - CANTIDAD DE CALOR	E – T	julio	J
POTENCIA	P	watt - watio	W
CANTIDAD DE ELECTRICIDAD - CARGA ELÉCTRICA	Q	Coulomb - culombio	C
TENSIÓN ELÉCTRICA - POTENCIAL ELÉCTRICO - FUERZA ELECTROMOTRIZ	V Fem	volt - voltio	V
RESISTENCIA ELÉCTRICA	R	ohm - ohmio	Ω
CONDUCTANCIA ELÉCTRICA	δ	siemens	S
CAPACIDAD ELÉCTRICA	C	farad - faradio	F
FLUJO MAGNÉTICO	ϕ	weber - weberio	Wb
DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO	d_ϕ	tesla	T
INDUCTANCIA	L	henry	H
FLUJO LUMINOSO	ϕ	lumen	lm
ILUMINANCIA	L	lux	lx
ACTIVIDAD RADIATIVA	A_R	becquerel	Bq

OTRAS UNIDADES AUTORIZADAS			
MAGNITUD	UNIDAD		
NOMBRE	NOMBRE	SÍMBOLO	RELACIÓN
VOLUMEN	Litro	l o L	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
MASA	Tonelada	t	1 t = 1 Mg = 10 ³ kg
PRESIÓN	Bar	Bar	1 bar = 10 ⁵ Pa

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS					
FACTOR	PREFIJO	SÍMBOLO	FACTOR	PREFIJO	SÍMBOLO
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻¹	deci	d
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻²	centi	c
10 ¹²	tera	T	10 ⁻³	mili	m
10 ⁹	giga	G	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁶	mega	M	10 ⁻⁹	nano	n
10 ³	kilo	K	10 ⁻¹²	pico	p
10 ²	hecto	H	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹	deca	Da	10 ⁻¹⁸	atto	a

<i>OTRAS UNIDADES</i>			
MAGNITUD	UNIDAD		
NOMBRE	NOMBRE	SÍMBOLO	RELACIÓN
ÁNGULO PLANO	vuelta		1 vuelta = 2π rad
	grado	°	$1^\circ = \pi/180$ rad
TIEMPO	minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 3000 s
	día	d	1 d = 86400 s

Las letras utilizadas, en alguno de los cuadros anteriores, para representar el **símbolo de la magnitud**, no están normalizadas. Se han seleccionado, en cada caso, las más usuales en la bibliografía.

Los **símbolos** de las unidades no van seguidos de punto, ni se les pone una “s” al final cuando van en plural.

Los **nombres** de las unidades toman una “s” al final para formar el plural, salvo que terminen en s, x o z. Cuando son debidos a nombres propios, se escriben con minúscula inicial.

Estas unidades de medida vienen recogidas en el *Real Decreto 1317/1989 de 27 de octubre. B.O.E. de 3 de noviembre del 89.*

Algunas unidades que se vienen aún utilizando en la técnica industrial y que no están recogidas en este decreto, por lo que se usan cada vez menos, son:

NOMBRE	SÍMBOLO	EQUIVALENCIA EN EL S.I.
kilogramo-fuerza o kilopondio	kgf o kp	9,80665 N
atmósfera física	atm	$1,01325 \cdot 10^5$ Pa
Caloría	cal	4,1868 J
caballo de vapor	CV	735,4987 W
Área	a	100 m ²

Del alfabeto griego se utilizan corrientemente algunas de sus letras para representar magnitudes:

NOMBRE	SIGNO		NOMBRE	SIGNO		NOMBRE	SIGNO	
	Mayúscula	Minúscula		Mayúscula	Minúscula		Mayúscula	Minúscula
Alfa	A	α	iota	I	ι	rho	P	ρ
beta	B	β	kappa	K	κ	sigma	Σ	σ ς
gamma	Γ	γ	lambda	Λ	λ	tau	T	τ
delta	Δ	δ	mu	M	μ	ípsilon	Y	υ
épsilon	E	ϵ	un	N	ν	fi	Φ	ϕ φ
tseta	Z	ζ	xi	Ξ	ξ	ji (chi)	X	χ
eta	H	η	ómicron	O	\omicron	psi	Ψ	ψ
zeta	Θ	θ	pi	P	π	omega	Ω	ω

BIBLIOGRAFÍA

- De Francisco, A., M. Castillo, J.L. Torres. 1993. La energía eléctrica en la explotación agraria y forestal. Ed. Mundi-Prensa.
- De la Plaza Pérez, S.1998. Prácticas de electrotecnia y electrificación rural. Universidad Politécnica de Madrid.
- Distesa. 1983. Manual de ensayos de máquinas eléctricas. Grupo Anaya.
- Guerrero, A.1992. Instalaciones electricas en las edificaciones. Ed. McGraw Hill.
- Manual para la Prevención de Riesgos Laborales. Especial Directivos. CISS PRAXIS.
- Martín, F. 1996. Instalaciones eléctricas en la edificación. A. Madrid Vicente, ediciones.
- Fundación Técnica Industrial. 2003. Reglamento Electrotecnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Llorente Antón M.,. 1998. Riesgos Laborales en la Industria Eléctrica. Ediciones de Autor Técnico, S.L.
- Valverde,J. A. Porras, V. Guzmán, F. Fernández.1996. Prácticas de electricidad. Instalaciones eléctricas. Ed. MCGraw-Hill. Tomo 1 y tomo 2.

