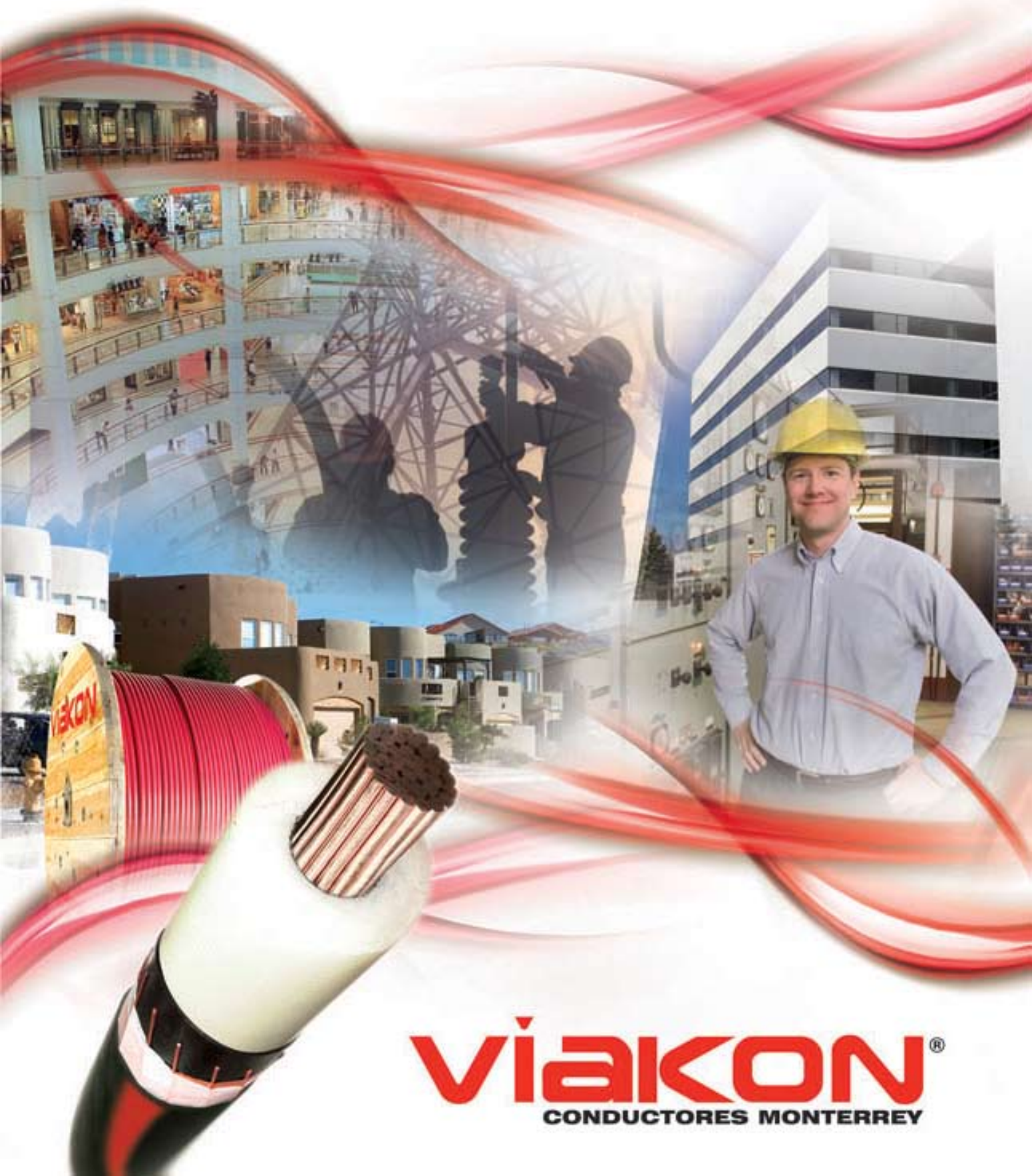


MANUAL ELÉCTRICO



viaikon[®]
CONDUCTORES MONTERREY

MANUAL ELÉCTRICO

VIKON[®]
CONDUCTORES MONTERREY

MANUAL ELÉCTRICO



Coordinación general del proyecto,
investigación y logística:
Gerencia de Mercadotecnia
de Viakon Conductores Monterrey.

Todo lo contenido en este manual, incluyendo,
textos, gráficos, logotipos, fotografías e ilustraciones,
son propiedad de Conductores Monterrey, S.A. de C.V.
y se encuentran protegidos sus derechos.

Le agradecemos nos haga saber
sus comentarios acerca del mismo,
al siguiente correo:

manualelectrico@viakon.com
y con gusto tomaremos en cuenta
sus sugerencias y/o comentarios.
Gracias.

Segunda edición enero 2011.
©Derechos Reservados.
Conductores Monterrey, S.A. de C.V.
Impreso en México.

www.viakon.com

Índice general

Capítulo 1			
Tablas e información general	1		
1.1 Bibliografía.	3		
1.2 Tablas de uso general.	5		
1.3 Elementos de física.	25		
1.4 Elementos de electricidad.	31		
1.5 Información general.	59		
Capítulo 2			
Conductores eléctricos	69		
2.1 Bibliografía.	73		
2.2 Introducción.	75		
2.3 Materias primas y proceso de fabricación de conductores eléctricos.	77		
2.4 Conductores desnudos.	89		
2.5 Conductores aislados para baja tensión.	115		
2.6 Conductores aislados para media y alta tensión.	137		
Capítulo 3			
Equipo eléctrico y su aplicación	153		
3.1 Transformadores de potencia.	157		
3.2 Características eléctricas de los transformadores de potencia.	171		
3.3 Conexiones para la operación de transformadores.	181		
3.4 Reglas de seguridad recomendadas para la realización de trabajos de mantenimiento.	197		
3.5 Métodos para la verificación de la continuidad en circuitos eléctricos.	199		
3.6 Motores de inducción de corriente alterna.	213		
3.7 Localización de fallas y mantenimiento de motores eléctricos.	225		
3.8 Estrategia para la localización de fallas en circuitos de control.	237		
3.9 Pruebas a transformadores.	251		
3.10 Pruebas de campo.	265		
3.11 Introducción a los accionamientos eléctricos.	275		
3.12 Motores de corriente directa.	279		
3.13 Determinación de la capacidad y características de arranque y frenado en motores.	285		
3.14 Convertidores de electrónica de potencia usados en accionamientos de motores eléctricos.	301		
3.15 Controles con arrancador manual de motores.	309		
3.16 Apartarrayos y aisladores.	321		
Capítulo 4			
Sistemas y redes de distribución	337		
4.1 Elementos para el diseño de los sistemas de distribución.	339		
4.2 El cálculo eléctrico de las redes de distribución.	359		

Capítulo

Tablas e información general

1

Contenido

1.1	Bibliografía.	3		
1.2	Tablas de uso general.	5		
1.2.1	Tablas de equivalencias:	5		
	a. Tabla de conversión de sistema internacional (métrico) a inglés, e inglés a S.I. (métrico).		1.3.3	Telecomunicaciones. 28
	b. Equivalentes decimales y métricos de fracciones de pulgada comunes.			a. Conversión de las longitudes de onda en frecuencias.
	c. Tablas para conversión de temperaturas y presiones.			b. Decibeles y nepers.
	d. Transmisión calorífica.			c. Impedancias características de las líneas de transmisión.
	e. Tabla de unidades derivadas.		1.3.4	Electrónica. 30
	f. Unidades utilizadas con el sistema internacional.			a. Código de colores de las resistencias.
	g. Tabla de funciones circulares.		1.4	Elementos de electricidad. 31
	h. Funciones de los números enteros.		1.4.1	Circuitos de corriente directa. 31
	i. Prefijos para las unidades.			a. Variación de la resistencia con la temperatura.
	j. Unidades fundamentales del sistema internacional.			b. Efectos caloríficos de la corriente. Ley de Joule.
	k. Unidades suplementarias.			c. Reóstatos reguladores.
	l. Valores relativos a constantes de uso frecuente.			d. Reóstatos de arranque.
				e. Condensadores.
1.2.2	Áreas y volúmenes de los principales cuerpos geométricos.	20		f. Inductancias.
	a. Área de superficies planas.		1.4.2	Magnetismo y electromagnetismo. 34
	b. Áreas y volúmenes de cuerpos sólidos.			a. Fuerza de un imán o electroimán.
1.2.3	Altitudes sobre el nivel del mar, temperaturas medias anuales y tensiones nominales de distribución en las ciudades más importantes de la República Mexicana.	22		b. Intensidad de campo en el interior de un solenoide.
				c. Inducción magnética.
				d. Pérdidas de energía por histéresis. Fórmula de Steinmetz.
				e. Pérdidas de energía por corriente de Foucault.
1.3	Elementos de física.	25		
1.3.1	Propiedades de algunos materiales.	25		
1.3.2	Física nuclear.	25		
	a. Algunas unidades.		1.4.3	Circuitos de corriente alterna. 36
	b. Características de los radioelementos corrientes.			a. Desfasamiento entre tensión eléctrica e intensidad de corriente.
				b. Circuito con resistencia pura.
				c. Circuito con inductancia pura.
				d. Circuito con capacitancia pura.
				e. Inductancia y resistencia en serie.

	f. Capacitancia y resistencia en serie.		d. Apoyos de ángulos con tornapuntas o riostra.	
	g. Resistencia, inductancia y capacitancia en serie.		e. Soportes de aisladores.	
	h. Resistencia y capacitancia en paralelo.			
	i. Inductancia y resistencia en serie, más capacitancia en paralelo.			
1.4.4	Máquinas de corriente directa.	38	1.4.11	Potencia de algunas máquinas eléctricas. 51
	a. Tensión producida por un generador.			a. Ascensores o montacargas.
	b. Tensión disponible en los bornes.			b. Bombas elevadoras.
	c. Rendimiento eléctrico de un generador.			c. Saltos de agua.
	d. Rendimiento industrial de un generador.			d. Ecuaciones para calcular circuitos de transmisión trifásicos, de longitud corta, despreciando la capacitancia.
	e. Motores de corriente directa.		1.4.12	Leyes eléctricas. 52
	f. Fuerza contraelectromotriz de un motor.			a. Leyes de Kirchhoff.
	g. Velocidad de un motor de corriente directa.			b. Ley de Ohm.
	h. Rendimiento eléctrico de un motor de corriente directa.			c. Sumario de las fórmulas de la ley de Ohm.
	i. Rendimiento industrial de un motor de corriente directa.			d. Ley de Kelvin.
1.4.5	Máquinas de corriente alterna.	41		e. Ley de Joule.
	a. Frecuencia de la corriente de un alternador.		1.4.13	Fórmulas y ejemplos de aplicación. 54
	b. Tensión que produce un alternador.			a. Fórmulas eléctricas para circuitos de corriente alterna.
	c. Rendimiento de un alternador trifásico.			b. Fórmulas eléctricas para circuitos de corriente continua.
	d. Velocidad de un motor síncrono.			c. Fórmulas para determinar diagramas en circuitos de corriente alterna.
	e. Deslizamiento de un motor asíncrono.			d. Fórmulas de aplicación práctica.
	f. Reóstato de arranque.			e. Resistencias eléctricas y efectos caloríficos de las corrientes.
1.4.6	Transformadores.	43	1.4.14	Fórmulas y tablas para cálculo de factores. 56
	a. Relación de transformación.			a. Formulario de factores más comunes.
	b. Número de espiras por volt en devanados primario y secundario.			b. Factores de demanda establecidos.
	c. Sección del núcleo.			c. Factores de demanda de alimentadores para cargas de alumbrado.
	d. Pérdidas en el cobre.			d. Factores de demanda comunes para el cálculo de alimentadores principales y de servicio.
	e. Pérdidas en el hierro			e. Tabla de fórmulas eléctricas para corriente directa y corriente alterna.
	f. Rendimiento en transformadores.			
1.4.7	Líneas de baja tensión, corriente directa.	45		
	a. Líneas abiertas, construcción radial.			
	b. Líneas con finales ramificados.			
	c. Líneas con doble alimentación.			
	d. Líneas en anillo.			
1.4.8	Líneas de baja tensión, corriente alterna.	47	1.5 Información general.	59
	a. Línea monofásica abierta.		1.5.1	La corriente mortal. 59
	b. Líneas trifásicas abiertas.			
1.4.9	Líneas de alta tensión corriente alterna.	48	1.5.2	Requisitos eléctricos para áreas peligrosas. 62
	a. Caída de tensión por kilómetro de línea trifásica.			a. Introducción.
	b. Pérdida de potencia en una línea trifásica.			b. Aspectos generales.
				c. Tipos de equipo.
				d. Descripción simplificada de los diferentes tipos de caja o gabinete.
1.4.10	Fórmulas mecánicas de aplicación en electricidad.	49		
	a. Líneas aéreas.			
	b. Flecha del conductor.			
	c. Apoyos de madera.			

1.1 Bibliografía

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE en vigor.
Instalaciones eléctricas (utilización).
- Norma Oficial Mexicana NOM-063-SCFI en vigor.
Productos eléctricos conductores-requisitos
de seguridad.
- Norma Mexicana NMX-J-098 en vigor.
Sistemas eléctricos de potencia-Suministro-Tensiones
eléctricas normalizadas.
- Redes Eléctricas, Tomo I. Ing. Jacinto Viqueira Landa.
- Publicaciones varias. Dr. Gilberto Henríquez Harper.
- How to Make Electrical Calculations. J.F. Mc Partland.
Publicación "Electrical Construction and Maintenance".
- Electrical Systems Desing. J.F. Mc Partland.
Publicación "Electrical Construction and Maintenance".

1.2 Tablas de uso general

1.2.1 TABLA DE EQUIVALENCIAS

a) TABLA DE CONVERSIÓN DE SISTEMA INTERNACIONAL (MÉTRICO) A INGLÉS,
E INGLÉS A SISTEMA INTERNACIONAL (MÉTRICO)

A	MULTIPLIQUE	POR	PARA OBTENER
	Acres	4 046.87	Metros cuadrados
	Acres	0.404 68	Hectáreas
	Acres	43 560.0	Pies cuadrados
	Acres	6 272 640.0	Pulgs cuadradas
	Acres	1 562.5 x 10 ⁻⁶	Millas cuadradas
	Acres	4 840.0	Yardas cuadradas
	Amperes por cm cuadrado	6.452	Amperes por pulg cuad
	Ampere-hora	3 600.0	Coulombs
	Ampere-hora	0.037 31 (3.731 x 10 ⁻²)	Faradays
	Ampere-vueltas por cm	1.257	Gilberts por cm
	Angstrom	10 ⁻¹⁰	Metros
	Angstrom	3.937 x 10 ⁻⁹	Pulgadas
	Año-Luz	5.9 x 10 ¹²	Millas
	Año-Luz	9.460 91 x 10 ¹²	Kilómetros
	Año	365.256	Días
	Año	8 766.1	Horas
	Atmósferas	0.980 665	Bar
	Atmósferas	76.0	cm de mercurio (a 0°C)
	Atmósferas	33.927 9	Pies de agua a 62°F
	Atmósferas	14.7	Lb/pulg cuadrada
	Atmósferas	1.033 3	kg/cm cuadrado
	Atmósferas	10 333.0	kg/m cuadrado
	Ampere-vuelta	10 ⁻¹	Gilbert
	Ampere-vuelta por cm	2.540	Ampere - vuelta por plg
B	MULTIPLIQUE	POR	PARA OBTENER
	Bar	0.1	Megapascuales
	Barriles (aceite)	4.2	Galones (aceite)
	BTU (British Thermal Units)	3.927	HP-hora
	BTU	1 055.056	Joules
	BTU	0.252	kg-calorías
	BTU	107.58	kg-m
	BTU	2.928 x 10 ⁻⁴	kW-hora
	BTU	778.16	Pies-lb
	BTU por minuto	12.96	Pies-lb seg
	BTU por minuto	0.023 5	HP
	BTU por minuto	0.017 57	Kilowatts
	BTU por hora	1/1 200	Tons refrigeración
C	MULTIPLIQUE	POR	PARA OBTENER
	Caballos Caldera	33 472.0	BTU por hora
	Caballos Caldera	9.804	Kilowatts
	Caballos de Potencia (HP)	0.745 699	Kilowatts
	Caballos de vapor	0.986 3	HP
	Caballos de vapor	0.735 3	Kilowatts

C	Calorías Calorías Calorías Calorías Calorías por minuto Calorías por minuto Centímetros Centímetros Centímetros Centímetros cuadrados Centímetros cúbicos Centímetros cúbicos Centímetros cúbicos Centímetros cúbicos Centímetros de mercurio Centímetros de mercurio Centímetros de mercurio Centímetros de mercurio Circular Mils Circular Mils Circunferencia Coulombs Coulombs Coulombs por cm cuadrado	3.968×10^{-3} 426.8 3 087.77 4.186 8 0.093 5 0.069 7 0.393 7 0.032 81 0.010 94 0.155 0 0.061 02 3.531×10^{-5} 1.308×10^{-6} 10^{-3} 136.0 0.193 4 0.446 1 27.85 0.000 51 5.067×10^{-6} 6.283 1.036×10^{-5} 2.998×10^9 64.52	BTU kg-m Pies-lb Joules HP Kilowatts Pulgadas Pies Yardas Pulgadas cuadradas Pulgadas cúbicas Pies cúbicos Yardas cúbicas Litros kg por m cuadrado Lb por pulg cuadrada Pies de agua Lb/pies cuadrados Milímetros cuadrados Centímetros cuadrados Radianes Faradays Stat coulombs Coulombs por pulg cuadrada
D	MULTIPLIQUE Días Días Dinass Dinass Dinass por cm Dinass por cm cuadrado	POR 8.64×10^4 1.44×10^3 10^{-5} 1.020×10^{-6} 6.85×10^{-5} 9.87×10^{-7}	PARA OBTENER Segundos Minutos Joules por m (newton) Kilogramos Lb por pie Atmósferas
E	MULTIPLIQUE Ergs Ergs Ergs Ergs Ergs Ergs Ergs	POR 9.486×10^{-11} 2.389×10^{-8} 1.020×10^{-3} 3.725×10^{-14} 10^{-7} 2.389×10^{-11} 2.773×10^{-14}	PARA OBTENER BTU Gramos-calorías Gramos-cm HP-hora Joules kg-calorías kW-hora
F	MULTIPLIQUE Faradays Faradays Fathoms (brazas) Fathoms Foot Candle (Pie-Bujía) Furlongs Furlongs Furlongs	POR 26.80 9.649×10^4 1.828 8 6.0 10.765 0.125 660.0 201.17	PARA OBTENER Ampere - hora Coulombs Metros Pies Luxes Millas (U.S.A.) Pies Metros

<p>G</p>	<p>MULTIPLIQUE Galones Galones Galones de agua Galones de agua Galones por minuto Galones por minuto Gausses Gausses Gausses Gausses Gausses Gausses Gilberts Gilberts por cm Gilberts por cm Grados Grados por segundo Gramos Gramos Gramos por cm cúbico Gramos por cm cúbico Grado Celsius (°C) Grado Celsius (°C) Grado Fahrenheit (°F) Gramo</p>	<p>POR 3.785 412 0.133 7 8.337 3.785 3 0.063 2.228×10^{-3} 10^{-8} 6.452×10^{-8} 6.452 10^{-4} 1.0 0.795 8 2.021 79.58 0.017 45 0.166 7 0.035 27 0.032 15 62.43 0.036 $1.8^{\circ}\text{C} + 32$ $^{\circ}\text{C} + 273.15$ $(^{\circ}\text{F} - 32) / 1.8$ 2.205×10^{-3}</p>	<p>PARA OBTENER Litros Pies cúbicos Lb de agua kg de agua Litros por segundo Pies cúb por segundo Webers por cm cuadrado Webers por pulg cuadrada Líneas por pulg cuadrada Webers por m cuadrado Gilbert por cm Ampere-vueltas Ampere-vueltas por pulg Ampere-vueltas por m Radianes Revoluciones por minuto Onzas Onzas (troy) Lbs por pie cúbico Lbs por pulg cúbica Grado fahrenheit (°F) Grado kelvin (°K) Grados celsius (°C) Libras</p>
<p>H</p>	<p>MULTIPLIQUE Caballos de Potencia (HP) Hectárea Hectárea Hectárea Hora Hora HP HP HP HP HP HP - hora HP - hora HP - hora HP - hora Hertz</p>	<p>POR 1.013 3 2.471 1 3.861×10^{-3} 1.076×10^5 4.167×10^{-2} 5.952×10^3 76.04 0.745 699 33 000.0 550.0 2 544.0 641.24 1 980 000.0 273 729.9 1.0</p>	<p>PARA OBTENER C V (Caballos de vapor) Acres Millas cuadradas Pies cuadrados Días Semanas kg - m por segundo Kilowatts Pies - lb por minuto Pies - lb por segundo BTU Calorías Lb - pie kg - m Ciclo por segundo</p>
<p>J</p>	<p>MULTIPLIQUE Joules Joules Joules Joules Joules Joules Joules por cm</p>	<p>POR 2.778×10^{-4} 9.486×10^{-4} 10^7 2.389×10^{-4} 0.102 0 0.737 6 10^7</p>	<p>PARA OBTENER Watts - hora BTU Ergs kg - calorías kg - m Pies - lb Dinas</p>

K	MULTIPLIQUE Kilogramos Kilogramos Kilogramos Kilogramos Kilogramos kg - fuerza / cm ² kg - m kg - fuerza / cm ² kg - m kg - fuerza kg - m kg - fuerza / cm ² kg por m kg por m cuadrado kg por m cúbico kg por cm cuadrado kg por cm cuadrado kg por cm cuadrado kg por cm cuadrado Kilómetros Kilo - Caloría Kilogramo Kilómetros Kilómetros Kilómetros Kilómetros km cuadrado km cuadrado Kilómetro por hora Kilómetro por hora Kilómetro por hora Kilowatts Kilowatts Kilowatts kW - hora kW - hora kW - hora kW - hora kW - hora kW - hora kW - hora	POR 980 665.0 9.807 2.204 6 1.102 x 10 ⁻³ 9.842 x 10 ⁻⁴ 98.066 5 x 10 ⁻³ 9.296 x 10 ⁻³ 98 066.5 0.002 342 9.806 650 7.233 0.980 665 0.672 0.204 8 0.062 4 14.22 10.0 32.81 735.5 0.621 4 3.970 9.807 3 937.0 0.539 6 3 281.0 247.1 0.386 1 27.78 16.67 0.621 4 14.33 1.341 1.355 3 413.0 859.8 3.60 x 10 ¹³ 3.6 x 10 ⁶ 856.14 3.671 x 10 ⁵ 2.655 x 10 ⁶	PARA OBTENER Dinass Joules por m (newtons) Libras Toneladas cortas Toneladas largas Newton / mm ² BTU Pascales Calorías Newtons Pies - lb Bar Libras por pie Libras por pie cuadrado Libras por pie cúbico Libras por pulg cuadrada Metros columna de agua Pies columna de agua Milímetros de mercurio Millas terrestres BTU Newton Pulgadas Millas náuticas Pies Acres Millas cuadradas Centímetros por seg Metros por minuto Millas por hora Calorías por minuto HP Caballos de Vapor BTU Calorías Ergs Joules kg - calorías kg - m Pies - lb
L	MULTIPLIQUE Lb (libras) Lb Lb Lb por pie Lb por pulgada Lb por pie cuadrado Lb por pulg cuadrada Lb por pulg cuadrada	POR 7 000.0 4.448 222 453.59 1.488 178.6 4.882 0.066 894 757 0.070 3	PARA OBTENER Granos Newtons Gramos kg - m Gramos - cm kg por m cuadrado Newton / mm ² kg por cm cuadrado

L	Lb por pulg cuadrada Lb por pulg cuadrada Lb por pulg cuadrada Lb por pulg cuadrada Lb por pulg cuadrada Lb por pulg cuadrada Lb por pie cúbico Lb por pulg cúbica Líneas por cm cuadrado Líneas por pulg cuadrada Líneas por pulg cuadrada Líneas por pulg cuadrada Litros Litros Litros Ln (X) Log ₁₀ (X) Lúmen Lúmen por pie cuadrado Lúmen por pie cuadrado Lux Lúmen por metro cuadrado	0.068 947 0.703 0.072 3 2.307 6 894.075 7 51.7 16.02 27.68 1.0 0.155 0 1.550 x 10 ⁻⁹ 10 ⁻⁸ 0.264 2 0.035 31 61.02 0.434 3 2.303 0.001 496 1.0 10.76 0.092 9 1.0	Bar Metros columna de agua kg - fuerza / cm ² Pies columna de agua Pascal Milímetros de mercurio kg por m cúbico kg por dm cúbico Gauss Gauss Webers por cm cuadrado Webers por pulg cuadrada Galones Pies cúbicos Pulg cúbicas Log ₁₀ (X) Ln (X) Watts Pie - Bujía Lúmen por m cuadrado Pie - Bujía Lux
M	MULTIPLIQUE Maxwells Maxwells Megapascal Metros Metros Metros Metros cuadrados Metros cuadrados Metros cuadrados Metros cúbicos Metros cúbicos Metros cúbicos Metros cúbicos Metros cúbicos Metros / segundo Millas náuticas Millas náuticas Millas marinas por hora Millas marinas por hora Millas terrestres Minutos (ángulo) Minutos (ángulo) Minutos (tiempo) Minutos (tiempo) Minutos (tiempo) Milímetro de agua Milímetro de mercurio Milímetro cuadrado Milímetro cuadrado	POR 0.001 10 ⁻⁸ 0.101 972 3.281 39.37 1.094 1.196 10.763 92 1 550.0 35.31 1.307 95 61 023.0 10 ³ 3.280 3 1.852 1.151 6 1.853 1.0 1.609 34 1.667 x 10 ⁻² 2.909 x 10 ⁻⁴ 9.920 6 x 10 ⁻⁵ 6.944 x 10 ⁻⁴ 1.667 x 10 ⁻² 0.098 1.333 0.001 55 1 973.525	PARA OBTENER Kilolíneas Webers kg - fuerza / mm ² Pies Pulgadas Yardas Yardas cuadradas Pies cuadrados Pulgs cuadradas Pies cúbicos Yarda cúbica Pulgadas cúbicas Litros Pie / segundo Kilómetros Millas terrestres Kilómetros por hora Nudos Kilómetros Grados Radianes Semanas Días Horas Milibar Milibar Pulgada cuadrada Circular mils

N	MULTIPLIQUE Newtons Newtons Newtons Newtons Nudos Nudos Nudos	POR 9.81 0.101 972 10 ⁵ 0.224 809 1.852 1.0 51.44	PARA OBTENER Kilogramos kg - fuerza Dinas Libras Kilómetros por hora Millas náuticas por hora Centímetros por seg
O	MULTIPLIQUE Ohm (internacional) Ohm Ohm Onzas Onzas (troy) Ohm por milímetro cuadrado por metro	POR 1.000 5 10 ⁻⁶ 10 ⁶ 28.35 31.10 0.6 x 10 ³	PARA OBTENER Ohm (absoluto) Mega ohm Micro ohm Gramos Gramos Ohm por circular mils por pie
P	MULTIPLIQUE Pascales Pies Pies cuadrados Pies cúbicos Pies - lb Pies - lb Pies - lb Pies - lb Pies - lb Pies - lb por minuto Pies - lb por minuto Pies - lb por minuto Pulgadas Pulg cuadrada Pulg cúbica Pulg de Agua Pulg de mercurio Pulg de mercurio Pulg cuadrada Pulg cuadrada	POR 1.0 30.48 929.03 28.32 0.001 286 0.000 324 1 1.356 x 10 ⁷ 1.355 818 3.030 x 10 ⁻⁵ 3.24 x 10 ⁻⁴ 2.260 x 10 ⁻⁵ 2.54 6.451 6 16.39 2.488 345.3 33.77 645.16 1 273 240.0	PARA OBTENER Newton / m ² Centímetros cm cuadrados Litros BTU kg - calorías Ergs Joules HP kg - calorías por min Kilowatts Centímetros cm cuadrados cm cúbicos Milibar kg por m cuadrado Milibar Milímetro cuadrado Circular mils
R	MULTIPLIQUE Radián Radián por segundo	POR 57.296 0.159 2	PARA OBTENER Grados (ángulo) Revoluciones por seg
T	MULTIPLIQUE Toneladas métricas Toneladas (largas) Toneladas (largas) Toneladas (largas) Toneladas (cortas) Toneladas (cortas) Toneladas Refrigeración Temp. (°C) + 273	POR 2 204.62 2 240.0 1 016.06 1.12 2 000.0 907.18 12 000.0 1.0	PARA OBTENER Libras Libras Kilogramos Toneladas (cortas) Libras Kilogramos BTU por hora Grados kelvin

T	Temp. (°C) + 17.8 Temp. (°F) - 32 Tesla	1.8 0.555 10 ⁴	Grados Farenheit Grados Celsius Gauss
V	MULTIPLIQUE Volt (absoluto) Volt por pulgada	POR 0.003 336 0.393 70	PARA OBTENER Stat volts Volt por cm
W	MULTIPLIQUE Watt x hora Watts Watts Watts Watts Watt - hora Watt - hora Watt (internacional) Webers Webers por m cuadrado Webers por m cuadrado Webers por m cuadrado Webers por pulg cuadrada Webers por pulg cuadrada Webers por pulg cuadrada	POR 3.412 9 10 ⁷ 1.341 x 10 ⁻³ 0.014 33 0.737 8 367.2 3 600.0 1.000 165 10 ⁸ 10 ⁴ 6.452 x 10 ⁴ 6.452 x 10 ⁻⁴ 1.550 x 10 ⁷ 10 ⁸ 0.155 0	PARA OBTENER BTU por hora Ergs - segundo HP kg - calorías por min Pies - lb por segundo kg - metro Joule Watt (absoluto) Maxwells Gausses Líneas por pulg cuadrada Webers por pulg cuadrada Gausses Líneas por pulg cuadrada Webers por cm cuadrado
Y	MULTIPLIQUE Yardas Yarda cuadrada Yarda Yarda Yarda Yarda cúbica	POR 91.44 0.836 1 36.0 3.0 568.182 x 10 ⁻⁶ 0.764 555	PARA OBTENER Centímetros Metro cuadrado Pulgadas Pie Milla Metros cúbicos

**b) EQUIVALENTES DECIMALES Y MÉTRICOS
 DE FRACCIONES DE PULGADA COMUNES**

FRACCIONES DE PULGADA		DECIMALES DE PULGADA	MILÍMETROS	FRACCIONES DE PULGADA		DECIMALES DE PULGADA	MILÍMETROS
1/32	1/64	0.015 62	0.397	17/32	33/64	0.515 62	13.097
	3/64	0.031 25	0.794		35/64	0.531 25	13.494
1/16		0.046 87	1.191	9/16		0.562 50	14.288
	5/64	0.062 50	1.588		37/64	0.578 12	14.684
	3/32	0.078 12	1.984			19/32	0.593 75
	7/64	0.093 75	2.381	39/64	0.609 37	15.478	
1/8		0.109 37	2.778	5/8		0.625 00	15.875
	9/64	0.125 00	3.175		41/64	0.640 62	16.272
5/32		0.140 62	3.572	21/32		0.656 25	16.669
	11/64	0.156 25	3.969		43/64	0.671 87	17.066
3/16		0.171 87	4.366	11/16		0.687 50	17.463
	13/64	0.187 50	4.763		45/64	0.703 12	17.859
7/32		0.203 12	5.159	23/32		0.718 75	18.256
	15/64	0.218 75	5.556		47/64	0.734 37	18.653
1/4		0.234 37	5.953	3/4		0.750 00	19.050
	17/64	0.250 00	6.350		49/64	0.765 62	19.447
9/32		0.265 62	6.747	25/32		0.781 25	19.844
	19/64	0.281 25	7.144		51/64	0.796 87	20.241
5/16		0.296 87	7.541	13/16		0.812 50	20.638
	21/64	0.312 50	7.938		53/64	0.828 12	21.034
11/32		0.328 12	8.334	27/32		0.843 75	21.431
	23/64	0.343 75	8.731		55/64	0.859 37	21.828
3/8		0.359 37	9.128	7/8		0.875 00	22.225
	25/64	0.375 00	9.525		57/64	0.890 62	22.622
13/32		0.390 62	9.922	29/32		0.906 25	23.019
	27/64	0.406 25	10.319		59/64	0.921 87	23.416
7/16		0.421 87	10.716	15/16		0.937 50	23.813
	29/64	0.437 50	11.113		61/64	0.953 12	24.209
15/32		0.453 12	11.509	31/32		0.968 75	24.606
	31/64	0.468 75	11.906		63/64	0.984 37	25.003
1/2		0.484 37	12.303		1.000 00	25.400	
		0.500 00	12.700				

c) TABLAS PARA CONVERSIÓN DE TEMPERATURAS Y PRESIONES

TABLA PARA CONVERSION DE TEMPERATURAS

Entrando en la columna central (REF.) con la Temperatura conocida (°F ó °C) léase la que se desea obtener, en la correspondiente columna lateral.
Ejemplo: 26°C (columna central) son equivalentes a 78.8°F o bien 26°F (columna central) son equivalentes a -3.3°C

°C	REF.	°F	°C	REF.	°F
-23.3	- 10	14.0	71	160	320
-20.6	- 5	23.0	82	180	356
-17.8	0	32.0	93	200	392
-16.7	2	35.6	100	212	413
-15.6	4	39.2	104	220	428
-14.4	6	42.8	116	240	464
-13.3	8	46.4	127	260	500
-12.2	10	50.0	138	280	536
-11.1	12	53.6	149	300	572
-10.0	14	57.2	160	320	608
- 8.9	16	60.8	171	340	644
- 7.8	18	64.4	182	360	680
- 6.7	20	68.0	193	380	716
- 5.6	22	71.6	204	400	752
- 4.4	24	75.2	216	420	788
- 3.3	26	78.8	227	440	824
- 2.2	28	82.4	238	460	860
- 1.1	30	86.0	249	480	896
0.0	32	89.6	260	500	932
1.1	34	93.2	271	520	968
2.2	36	96.8	282	540	1 004
3.3	38	100.4	293	560	1 040
4.4	40	104.0	304	580	1 076
5.6	42	107.6	316	600	1 112
6.7	44	111.2	327	620	1 148
7.8	46	114.8	338	640	1 184
8.9	48	118.4	349	660	1 220
10.0	50	122.0	360	680	1 256
11.1	52	125.6	371	700	1 292
12.2	54	129.2	382	720	1 328
13.3	56	132.8	393	740	1 364
14.4	58	136.4	404	760	1 400
15.6	60	140.0	416	780	1 436
16.7	62	143.6	427	800	1 472
17.8	64	147.2	438	820	1 508
18.9	66	150.8	449	840	1 544
20.0	68	154.4	460	860	1 580
21.1	70	158.0	471	880	1 616
22.2	72	161.6	482	900	1 652
23.3	74	165.2	493	920	1 688
24.4	76	168.8	504	940	1 724
25.6	78	172.4	516	960	1 760
26.7	80	176.0	527	980	1 796
27.8	82	179.6	538	1 000	1 832
28.9	84	183.2	566	1 050	1 922
30.0	86	186.8	593	1 100	2 012
31.1	88	190.4	621	1 150	2 102
32.2	90	194.0	649	1 200	2 192
33.3	92	197.6	677	1 250	2 282
34.4	94	201.2	704	1 300	2 372
35.6	96	204.8	732	1 350	2 462
36.7	98	208.4	760	1 400	2 552
37.8	100	212.0	788	1 450	2 642
49	120	248.0	816	1 500	2 732
60	140	284.0			

TABLA PARA CONVERSIÓN DE PRESIONES kg/cm² a LB/PULG²

kg/cm²	Lb/pulg²	kg/cm²	Lb/pulg²
0.5	7.11	10.5	149.31
1.0	14.22	11.0	156.42
1.5	21.33	11.5	163.53
2.0	28.44	12.0	170.64
2.5	35.55	12.5	177.75
3.0	42.66	13.0	184.86
3.5	49.77	13.5	191.97
4.0	56.88	14.0	199.08
4.5	63.99	14.5	206.19
5.0	71.10	15.0	213.30
5.5	78.21	15.5	220.41
6.0	85.32	16.0	227.52
6.5	92.43	16.5	234.63
7.0	99.54	17.0	241.74
7.5	106.65	17.5	248.85
8.0	113.76	18.0	255.96
8.5	120.87	18.5	263.07
9.0	127.98	19.0	270.18
9.5	135.09	19.5	277.29
10.0	142.20	20.0	284.40

LB/PULG² a kg/cm²

Lb/pulg²	kg/cm²	Lb/pulg²	kg / cm²
10	0.703	155	10.898
20	1.410	160	11.250
30	2.110	165	11.601
40	2.810	170	11.953
50	3.510	175	12.304
60	4.220	180	12.656
70	4.920	185	13.007
80	5.620	190	13.359
90	6.330	195	13.710
100	7.031	200	14.062
105	7.383	210	14.765
110	7.734	220	15.468
115	8.086	230	16.171
120	8.437	240	16.871
125	8.789	250	17.578
130	9.140	260	18.281
135	9.492	270	18.984
140	9.843	280	19.687
145	10.195	290	20.390
150	10.547	300	21.093

Factores de Conversión - Equivalencias de Temperatura
Grados C = 5/9 (°F - 32). °F = 9/5 (°C) + 32

Grados absolutos (Kelvin) = grados Celsius (centígrado) + 273.15
Grados absolutos (Rankine) = grados Fahrenheit + 459.67

d) TRANSMISIÓN CALORÍFICA

$$\frac{\text{BTU}}{\text{h pie}^2} = 2.7124 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2} = 3.1534 \times 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{\text{BTU}}{\text{h pie} \text{ } ^\circ\text{F}} = 1.488 \frac{\text{kcal}}{\text{h m } ^\circ\text{C}} = 0.0173 \frac{\text{W}}{\text{cm } ^\circ\text{C}}$$

$$\frac{\text{BTU}}{\text{h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} = 4.8823 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} = 5.6761 \times 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

TEMPERATURA

$$^\circ\text{C} = \frac{5}{9} (^\circ\text{F} - 32)$$

$$^\circ\text{F} = \frac{9}{5} ^\circ\text{C} + 32$$

ENTALPIA

$$\frac{\text{BTU}}{\text{lb}} = 0.55552 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

e) TABLA DE UNIDADES DERIVADAS

MAGNITUD	NOMBRE	SÍMBOLO	EXPRESIÓN EN UNIDADES DERIVADAS	EXPRESIÓN EN UNIDADES FUNDAMENTALES
aceleración	metro por segundo por segundo	m/s ²		m/s ²
aceleración angular	radián por segundo por segundo	rad/s ²		
actividad (radioactiva)	1 por segundo	s ⁻¹		s ⁻¹
calor específico, entropía específica	Joule por kilogramo Kelvin	J/(kg-K)		m ² s ⁻² K ⁻¹
conductividad térmica	Watt por metro Kelvin	W/(m-K)		m kg s ⁻³ K ⁻¹
cantidad de electricidad, carga eléctrica	Coulomb	C	A.s	s A
capacidad eléctrica	Farad	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
conductancia	Siemens	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
densidad, densidad de masa	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³		
densidad de carga eléctrica	Coulomb por metro cúbico	C/m ³		m ⁻³ s A
densidad de corriente	Ampere por metro cuadrado	A/m ²		
densidad de energía	Joule por metro cúbico	J/m ³		m ⁻¹ kg s ⁻²
densidad de inducción magnética	Tesla	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
densidad de flujo eléctrico	Coulomb por metro cuadrado	C/m ²		m ⁻² s A
densidad de flujo térmico	Watt por metro cuadrado	W/m ²		kg.s ⁻³
entropía, capacidad térmica	Joule por Kelvin	J/K		m ² kg s ⁻² K ⁻¹
energía molar	Joule por mol	J/mol		m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
flujo de inducción	Weber	Wb	V - s	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
flujo luminoso	Lúmen	lm		cd sr
frecuencia	Hertz	Hz		s ⁻¹
fuerza	Newton	N		m kg s ⁻²
iluminancia	Lux	lx		m ⁻² cd sr
inductancia	Henry	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
intensidad de campo magnético	Ampere por metro	A/m		
intensidad de campo eléctrico	Volt por metro	V/m		m kg s ⁻³ A ⁻¹
luminancia	candela por metro cuadrado	cd/m ²		cd/m ²
número de onda	1 por metro	m ⁻¹		m ⁻¹
permeabilidad	Henry por metro	H/m		m kg s ⁻² A ⁻²
potencia, flujo radiante	Watt	W	J/s	m ² kg s ⁻³
presión	Pascal	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
resistencia eléctrica	Ohm	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
superficie	metro cuadrado	m ²		m ²
tensión eléctrica, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	Volt	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
tensión superficial	Newton por metro	N/m		kg s ⁻²
trabajo, energía, cantidad de calor	Joule	J	N-m	m ² kg s ⁻²
volumen	metro cúbico	m ³		m ³
velocidad	metro por segundo	m/s		m/s
velocidad angular	radián por segundo	rad/s		
viscosidad (dinámica)	Pascal segundo	Pa.s		m ⁻¹ kg s ⁻¹
viscosidad cinemática	metro cuadrado por segundo	m ² /s		m ² /s
volumen específico	metro cúbico por kilogramo	m ³ /kg		m ³ /kg

f) UNIDADES UTILIZADAS CON EL SISTEMA INTERNACIONAL

NOMBRE	SÍMBOLO	VALOR EN UNIDADES S.I.	NOMBRE	SÍMBOLO	VALOR EN UNIDADES S.I.
bar	bar	1 bar = 0.1 MPa = 10 ⁵ Pa	litro	l	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
día	d	1 d = 24 h = 86 400 s	minuto	min	1 min = 60 s
grado	°	1° = (π / 180) rad	minuto	min	1' = (1/60)° = (π/ 10 800) rad
hectárea	ha	1 ha = 1hm ² = 10 ⁴ m ²	segundo	s	1" = (1/60)' = (π/ 648 000) rad
hora	h	1 h = 60 min = 3 600 s	tonelada	t	1 t = 10 ³ kg

g) TABLA DE FUNCIONES CIRCULARES

GRADOS	SENO	COSENO	TANG.	COTANG.		GRADOS	SENO	COSENO	TANG.	COTANG.	
1°	0.017 45	0.999 85	0.017 46	57.289 96	89°	26° 30'	0.446 20	0.894 93	0.498 58	2.005 69	63° 30'
2°	0.034 89	0.999 39	0.034 92	28.636 25	88°	27°	0.453 99	0.891 01	0.509 53	1.962 61	63°
3°	0.052 34	0.998 63	0.052 41	19.081 14	87°	27° 30'	0.461 75	0.887 01	0.520 57	1.920 98	62° 30'
4°	0.069 76	0.997 56	0.069 93	14.300 67	86°	28°	0.469 47	0.882 95	0.531 71	1.880 73	62°
5°	0.087 16	0.996 19	0.087 49	11.430 05	85°	28° 30'	0.476 16	0.878 82	0.542 96	1.841 77	61° 30'
6°	0.104 53	0.994 52	0.105 10	9.514 36	84°	29°	0.484 81	0.874 62	0.554 31	1.804 05	61°
7°	0.121 87	0.992 55	0.122 78	8.144 35	83°	29° 30'	0.492 42	0.870 36	0.565 77	1.767 49	60° 30'
8°	0.139 17	0.990 27	0.140 54	7.115 37	82°	30°	0.500 00	0.866 03	0.577 35	1.732 05	60°
9°	0.156 43	0.987 69	0.158 38	6.313 75	81°	30° 30'	0.507 54	0.861 63	0.589 65	1.697 66	59° 30'
10°	0.173 65	0.984 81	0.176 33	5.671 28	80°	31°	0.515 04	0.857 17	0.600 86	1.664 28	59°
11°	0.190 81	0.981 63	0.194 38	5.144 55	79°	31° 30'	0.522 50	0.852 64	0.612 80	1.631 85	58° 30'
12°	0.207 91	0.978 15	0.212 56	4.704 63	78°	32°	0.529 92	0.848 05	0.624 87	1.600 33	58°
13°	0.224 95	0.974 37	0.230 87	4.331 48	77°	32° 30'	0.537 30	0.843 39	0.637 07	1.569 69	57° 30'
14°	0.241 92	0.970 30	0.249 33	4.010 78	76°	33°	0.544 64	0.838 67	0.649 41	1.539 86	57°
14° 30'	0.250 38	0.968 15	0.258 62	3.866 71	75° 30'	33° 30'	0.551 94	0.833 89	0.661 89	1.510 84	56° 30'
15°	0.258 82	0.965 93	0.267 95	3.732 05	75°	34°	0.559 19	0.829 04	0.674 51	1.482 56	56°
15° 30'	0.267 24	0.963 63	0.277 32	3.605 88	74° 30'	34° 30'	0.566 41	0.824 13	0.687 28	1.455 01	55° 30'
16°	0.275 64	0.961 26	0.286 75	3.487 41	74°	35°	0.573 58	0.819 15	0.700 21	1.428 15	55°
16° 30'	0.284 02	0.958 82	0.296 21	3.375 94	73° 30'	35° 30'	0.580 70	0.814 12	0.713 29	1.401 95	54° 30'
17°	0.292 37	0.956 30	0.305 73	3.270 85	73°	36°	0.587 79	0.809 02	0.726 54	1.376 38	54°
17° 30'	0.300 71	0.953 72	0.315 30	3.171 59	72° 30'	36° 30'	0.594 82	0.803 86	0.739 96	1.351 42	53° 30'
18°	0.309 02	0.951 06	0.324 92	3.077 68	72°	37°	0.601 81	0.798 64	0.753 55	1.327 04	53°
18° 30'	0.317 30	0.948 32	0.334 60	2.988 69	71° 30'	37° 30'	0.608 76	0.793 35	0.767 33	1.303 23	52° 30'
19°	0.325 57	0.945 52	0.344 33	2.904 21	71°	38°	0.615 66	0.788 01	0.781 29	1.279 94	52°
19° 30'	0.333 81	0.942 64	0.354 12	2.823 91	70° 30'	38° 30'	0.622 51	0.782 61	0.795 44	1.257 17	51° 30'
20°	0.342 02	0.939 69	0.363 97	2.747 48	70°	39°	0.629 32	0.777 15	0.809 78	1.234 90	51°
20° 30'	0.350 21	0.936 67	0.373 88	2.674 62	69° 30'	39° 30'	0.636 08	0.771 62	0.824 34	1.213 10	50° 30'
21°	0.358 37	0.933 58	0.383 86	2.605 09	69°	40°	0.642 79	0.766 04	0.839 10	1.191 75	50°
21° 30'	0.366 50	0.930 42	0.393 01	2.538 65	68° 30'	40° 30'	0.649 45	0.760 41	0.854 08	1.170 85	49° 30'
22°	0.374 61	0.927 18	0.404 03	2.475 09	68°	41°	0.656 06	0.754 71	0.869 29	1.150 37	49°
22° 30'	0.382 68	0.923 88	0.414 21	2.414 21	67° 30'	41° 30'	0.662 62	0.748 96	0.884 73	1.130 29	48° 30'
23°	0.390 73	0.920 50	0.424 47	2.355 85	67°	42°	0.669 13	0.743 14	0.900 40	1.110 61	48°
23° 30'	0.398 75	0.917 06	0.434 81	2.299 84	66° 30'	42° 30'	0.675 59	0.737 28	0.916 33	1.091 31	47° 30'
24°	0.406 74	0.913 55	0.445 23	2.246 04	66°	43°	0.682 00	0.731 35	0.932 52	1.072 37	47°
24° 30'	0.414 69	0.909 96	0.455 73	2.194 30	65° 30'	43° 30'	0.688 35	0.725 37	0.948 96	1.053 78	46° 30'
25°	0.422 62	0.906 31	0.466 31	2.144 51	65°	44°	0.694 66	0.719 34	0.965 69	1.035 53	46°
25° 30'	0.430 51	0.902 59	0.476 98	2.096 54	64° 30'	44° 30'	0.700 91	0.713 25	0.982 70	1.017 61	45° 30'
26°	0.438 37	0.898 79	0.487 73	2.050 30	64°	45°	0.707 11	0.707 11	1.000 00	1.000 00	45°
	COSENO	SENO	COTANG.	TANG.	GRADOS		COSENO	SENO	COTANG.	TANG.	GRADOS

h) FUNCIONES DE LOS NÚMEROS ENTEROS

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	log ₁₀ n	1/n
1	1	1	1.000 0	1.000 0	0.000 00	1.000 00
2	4	8	1.414 2	1.259 9	0.301 03	0.500 00
3	9	27	1.732 1	1.442 2	0.477 12	0.333 33
4	16	64	2.000 0	1.587 4	0.602 06	0.250 00
5	25	125	2.236 1	1.710 0	0.698 97	0.200 00
6	36	216	2.449 5	1.817 1	0.778 15	0.166 67
7	49	343	2.645 8	1.912 9	0.845 10	0.142 86
8	64	512	2.828 4	2.000 0	0.903 09	0.125 00
9	81	729	3.000 0	2.080 1	0.954 24	0.111 11
10	100	1 000	3.162 3	2.154 4	1.000 00	0.100 00
11	121	1 331	3.316 6	2.224 0	1.041 39	0.090 91
12	144	1 728	3.464 1	2.289 4	1.079 18	0.083 33
13	169	2 197	3.605 6	2.351 3	1.113 94	0.076 92
14	196	2 744	3.741 7	2.410 1	1.146 13	0.071 43
15	225	3 375	3.873 0	2.466 2	1.176 09	0.066 67
16	256	4 096	4.000 0	2.519 8	1.204 12	0.062 50
17	289	4 913	4.123 1	2.571 3	1.230 45	0.058 82
18	324	5 832	4.242 6	2.620 7	1.255 27	0.055 56
19	361	6 859	4.358 9	2.668 4	1.278 75	0.052 63
20	400	8 000	4.472 1	2.714 4	1.301 03	0.050 00
21	441	9 261	4.582 6	2.758 9	1.322 22	0.047 62
22	484	10 648	4.690 4	2.802 0	1.342 42	0.045 45
23	529	12 167	4.795 8	2.843 9	1.361 73	0.043 48
24	576	13 824	4.899 0	2.884 5	1.380 21	0.041 67
25	625	15 625	5.000 0	2.924 0	1.397 94	0.040 00
26	676	17 576	5.099 0	2.962 5	1.414 97	0.038 46
27	729	19 683	5.196 2	3.000 0	1.431 36	0.037 04
28	784	21 952	5.291 5	3.036 6	1.447 16	0.035 71
29	841	24 389	5.385 2	3.072 3	1.462 40	0.034 48
30	900	27 000	5.477 2	3.107 2	1.477 12	0.033 33
31	961	29 791	5.567 8	3.141 4	1.491 36	0.032 26
32	1 024	32 768	5.656 9	3.174 8	1.505 15	0.031 25
33	1 089	35 937	5.744 6	3.207 5	1.518 51	0.030 30
34	1 156	39 304	5.831 0	3.239 6	1.531 48	0.029 41
35	1 225	42 875	5.916 1	3.271 1	1.544 07	0.028 57
36	1 296	46 656	6.000 0	3.301 9	1.556 30	0.027 78
37	1 369	50 653	6.082 8	3.332 2	1.568 20	0.027 03
38	1 444	54 872	6.164 4	3.362 0	1.579 78	0.026 32
39	1 521	59 319	6.245 0	3.391 2	1.591 06	0.025 64
40	1 600	64 000	6.324 6	3.420 0	1.602 06	0.025 00
41	1 681	68 921	6.403 1	3.448 2	1.612 78	0.024 39
42	1 764	74 088	6.480 7	3.476 0	1.623 25	0.023 81
43	1 849	79 507	6.557 4	3.503 4	1.633 47	0.023 26
44	1 936	85 184	6.633 2	3.530 3	1.643 45	0.022 73
45	2 025	91 125	6.708 2	3.556 9	1.653 21	0.022 22
46	2 116	97 336	6.782 3	3.583 0	1.662 76	0.021 74
47	2 209	103 823	6.855 7	3.608 8	1.672 10	0.021 28
48	2 304	110 592	6.928 2	3.634 2	1.681 24	0.020 83
49	2 401	117 649	7.000 0	3.659 3	1.690 20	0.020 41
50	2 500	125 000	7.071 1	3.684 0	1.698 97	0.020 00
51	2 601	132 651	7.141 4	3.708 4	1.707 07	0.019 61
52	2 704	140 608	7.211 1	3.732 5	1.716 00	0.019 23
53	2 809	148 877	7.280 1	3.756 3	1.724 28	0.018 87
54	2 916	157 464	7.348 5	3.779 8	1.732 39	0.018 52
55	3 025	166 375	7.416 2	3.803 0	1.740 36	0.018 18
56	3 136	175 616	7.483 3	3.825 9	1.748 19	0.017 86
57	3 249	185 193	7.549 8	3.848 5	1.755 87	0.017 54
58	3 364	195 112	7.615 8	3.870 9	1.763 43	0.017 24
59	3 481	205 379	7.681 1	3.893 0	1.770 85	0.016 95
60	3 600	216 000	7.746 0	3.914 9	1.778 15	0.016 67
61	3 721	226 981	7.810 2	3.936 5	1.785 33	0.016 39
62	3 844	238 328	7.874 0	3.957 9	1.792 39	0.016 13
63	3 969	250 047	7.937 3	3.979 1	1.799 34	0.015 87
64	4 096	262 144	8.000 0	4.000 0	1.806 18	0.015 63
65	4 225	274 625	8.062 3	4.020 7	1.812 91	0.015 38

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	log ₁₀ n	1/n
66	4 356	287 496	8.124 0	4.041 2	1.819 54	0.015 15
67	4 489	300 763	8.185 4	4.061 5	1.826 07	0.014 93
68	4 624	314 432	8.246 2	4.081 7	1.832 51	0.014 71
69	4 761	328 509	8.306 6	4.101 6	1.838 85	0.014 49
70	4 900	343 000	8.366 6	4.121 3	1.845 10	0.014 29
71	5 041	357 911	8.426 1	4.140 8	1.851 26	0.014 08
72	5 184	373 248	8.485 3	4.160 2	1.857 33	0.013 89
73	5 329	389 017	8.544 0	4.179 3	1.863 32	0.013 70
74	5 476	405 224	8.602 3	4.198 3	1.869 23	0.013 51
75	5 625	421 875	8.660 3	4.217 2	1.875 06	0.013 33
76	5 776	438 976	8.717 8	4.235 8	1.880 81	0.013 16
77	5 929	456 533	8.775 0	4.254 3	1.886 49	0.012 99
78	6 084	474 552	8.831 8	4.272 7	1.892 09	0.012 82
79	6 241	493 039	8.888 2	4.290 8	1.897 63	0.012 66
80	6 400	512 000	8.944 3	4.308 9	1.903 09	0.012 50
81	6 561	531 441	9.000 0	4.326 7	1.908 49	0.012 35
82	6 724	551 368	9.055 4	4.344 5	1.913 81	0.012 20
83	6 889	571 787	9.110 4	4.362 1	1.919 08	0.012 05
84	7 056	592 704	9.165 2	4.379 5	1.924 28	0.011 90
85	7 225	614 125	9.219 5	4.396 8	1.929 42	0.011 76
86	7 396	636 056	9.273 6	4.414 0	1.934 50	0.011 63
87	7 569	658 503	9.327 4	4.431 0	1.939 52	0.011 49
88	7 744	681 472	9.380 8	4.448 0	1.944 48	0.011 36
89	7 921	704 969	9.434 0	4.464 7	1.949 39	0.011 24
90	8 100	729 000	9.486 8	4.481 4	1.954 24	0.011 11
91	8 281	753 571	9.539 4	4.497 9	1.959 04	0.010 99
92	8 464	778 688	9.591 7	4.514 4	1.963 79	0.010 87
93	8 649	804 357	9.643 7	4.530 7	1.968 48	0.010 75
94	8 836	830 584	9.695 4	4.546 8	1.973 13	0.010 64
95	9 025	857 375	9.746 8	4.562 9	1.977 72	0.010 53
96	9 216	884 736	9.798 0	4.578 9	1.982 27	0.010 42
97	9 409	912 673	9.848 9	4.594 7	1.986 77	0.010 31
98	9 604	941 192	9.899 5	4.610 4	1.991 23	0.010 20
99	9 801	970 299	9.949 9	4.626 1	1.995 64	0.010 10
100	10 000	1 000 000	10.000 0	4.641 6	2.000 00	0.010 00
101	10 201	1 030 301	10.049 9	4.657 0	2.004 32	0.009 90
102	10 404	1 061 208	10.099 5	4.672 3	2.008 60	0.009 80
103	10 609	1 092 727	10.148 9	4.687 5	2.012 84	0.009 71
104	10 816	1 124 864	10.198 0	4.702 7	2.017 03	0.009 62
105	11 025	1 157 625	10.247 0	4.717 7	2.021 19	0.009 52
106	11 236	1 191 016	10.295 6	4.732 6	2.025 31	0.009 43
107	11 449	1 225 043	10.344 1	4.747 5	2.029 38	0.009 35
108	11 664	1 259 712	10.392 3	4.762 2	2.033 42	0.009 26
109	11 881	1 295 029	10.440 3	4.776 9	2.037 43	0.009 17
110	12 100	1 331 000	10.488 1	4.791 4	2.041 39	0.009 09
111	12 321	1 367 631	10.535 7	4.805 9	2.045 32	0.009 01
112	12 544	1 404 928	10.583 0	4.820 3	2.049 22	0.008 93
113	12 769	1 442 897	10.630 1	4.834 6	2.053 08	0.008 85
114	12 996	1 481 544	10.677 1	4.848 8	2.056 90	0.008 77
115	13 225	1 520 875	10.723 8	4.862 9	2.060 70	0.008 70
116	13 456	1 560 896	10.770 3	4.877 0	2.064 46	0.008 62
117	13 689	1 601 613	10.816 7	4.891 0	2.068 19	0.008 55
118	13 924	1 643 032	10.862 8	4.904 9	2.071 88	0.008 47
119	14 161	1 685 159	10.908 7	4.918 7	2.075 55	0.008 40
120	14 400	1 728 000	10.954 5	4.932 4	2.079 18	0.008 33
121	14 641	1 771 561	11.000 0	4.946 1	2.082 79	0.008 26
122	14 884	1 815 848	11.045 4	4.959 7	2.086 36	0.008 20
123	15 129	1 860 867	11.090 5	4.973 2	2.089 91	0.008 13
124	15 376	1 906 624	11.135 5	4.986 6	2.093 42	0.008 06
125	15 625	1 953 125	11.180 3	5.000 0	2.096 91	0.008 00
126	15 876	2 000 376	11.225 0	5.013 3	2.100 37	0.007 94
127	16 129	2 048 383	11.269 4	5.026 5	2.103 80	0.007 87
128	16 384	2 097 152	11.313 7	5.039 7	2.107 21	0.007 81
129	16 641	2 146 689	11.357 8	5.052 8	2.110 59	0.007 75
130	16 900	2 197 000	11.401 8	5.065 8	2.113 94	0.007 69

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	log ₁₀ n	1/n
131	17 161	2 248 091	11.445 5	5.078 8	2.117 27	0.007 63
132	17 424	2 299 968	11.489 1	5.091 6	2.120 57	0.007 58
133	17 689	2 352 637	11.532 6	5.104 5	2.123 85	0.007 52
134	17 956	2 406 104	11.575 8	5.117 2	2.127 10	0.007 46
135	18 225	2 460 375	11.619 0	5.129 9	2.130 33	0.007 41
136	18 496	2 515 456	11.661 9	5.142 6	2.133 54	0.007 35
137	18 769	2 571 353	11.704 7	5.155 1	2.136 72	0.007 30
138	19 044	2 628 072	11.747 3	5.167 6	2.139 88	0.007 25
139	19 321	2 685 619	11.789 8	5.180 1	2.143 01	0.007 19
140	19 600	2 744 000	11.832 2	5.192 5	2.146 13	0.007 14
141	19 881	2 803 221	11.874 3	5.204 8	2.149 22	0.007 09
142	20 164	2 863 288	11.916 4	5.217 1	2.152 29	0.007 04
143	20 449	2 924 207	11.958 3	5.229 3	2.155 34	0.006 99
144	20 736	2 985 984	12.000 0	5.241 5	2.158 36	0.006 94
145	21 025	3 048 625	12.041 6	5.253 6	2.161 37	0.006 90
146	21 316	3 112 136	12.083 0	5.265 6	2.164 35	0.006 85
147	21 609	3 176 523	12.124 4	5.277 6	2.167 32	0.006 80
148	21 904	3 241 792	12.165 5	5.289 6	2.170 26	0.006 76
149	22 201	3 307 949	12.206 6	5.301 5	2.173 19	0.006 71
150	22 500	3 375 000	12.247 4	5.313 3	2.176 09	0.006 67
151	22 801	3 442 951	12.288 2	5.325 1	2.178 98	0.006 62
152	23 104	3 511 808	12.328 8	5.336 8	2.181 84	0.006 58
153	23 409	3 581 577	12.369 3	5.348 5	2.184 69	0.006 54
154	23 716	3 652 264	12.409 7	5.360 1	2.187 52	0.006 49
155	24 025	3 723 875	12.449 9	5.371 7	2.190 33	0.006 45
156	24 336	3 796 416	12.490 0	5.383 2	2.193 12	0.006 41
157	24 649	3 869 893	12.530 0	5.394 7	2.195 90	0.006 37
158	24 964	3 944 312	12.569 8	5.406 1	2.198 66	0.006 33
159	25 281	4 019 679	12.609 5	5.417 5	2.201 40	0.006 29
160	25 600	4 096 000	12.649 1	5.428 8	2.204 12	0.006 25
161	25 921	4 173 281	12.688 6	5.440 1	2.206 83	0.006 21
162	26 244	4 251 528	12.727 9	5.451 4	2.209 52	0.006 17
163	26 569	4 330 747	12.767 1	5.462 6	2.212 19	0.006 13
164	26 896	4 410 944	12.806 2	5.473 7	2.214 84	0.006 10
165	27 225	4 492 125	12.845 2	5.484 8	2.217 48	0.006 06
166	27 556	4 574 296	12.884 1	5.495 9	2.220 11	0.006 02
167	27 889	4 657 463	12.922 8	5.506 9	2.222 72	0.005 99
168	28 224	4 741 632	12.961 5	5.517 8	2.225 31	0.005 95
169	28 561	4 826 809	13.000 0	5.528 8	2.227 89	0.005 92
170	28 900	4 913 000	13.038 4	5.539 7	2.230 45	0.005 88
171	29 241	5 000 211	13.076 7	5.550 5	2.233 00	0.005 85
172	29 584	5 088 448	13.114 9	5.561 3	2.235 53	0.005 81
173	29 929	5 177 717	13.152 9	5.572 1	2.238 05	0.005 78
174	30 276	5 268 024	13.190 9	5.582 8	2.240 55	0.005 75
175	30 625	5 359 375	13.228 8	5.593 4	2.243 04	0.005 71
176	30 976	5 451 776	13.266 5	5.604 1	2.245 51	0.005 68
177	31 329	5 545 233	13.304 1	5.614 7	2.247 97	0.005 65
178	31 684	5 639 752	13.341 7	5.625 2	2.250 42	0.005 62
179	32 041	5 735 339	13.379 1	5.635 7	2.252 85	0.005 59
180	32 400	5 832 000	13.416 4	5.646 2	2.255 27	0.005 56
181	32 761	5 929 741	13.453 6	5.656 7	2.257 68	0.005 52
182	33 124	6 028 568	13.490 7	5.667 1	2.260 07	0.005 49
183	33 489	6 128 487	13.527 7	5.677 4	2.262 45	0.005 46
184	33 856	6 229 504	13.564 7	5.687 7	2.264 82	0.005 43
185	34 225	6 331 625	13.601 5	5.698 0	2.267 17	0.005 41
186	34 596	6 434 856	13.638 2	5.708 3	2.269 51	0.005 38
187	34 969	6 539 203	13.674 8	5.718 5	2.271 84	0.005 35
188	35 344	6 644 672	13.711 3	5.728 7	2.274 16	0.005 32
189	35 721	6 751 269	13.747 7	5.738 8	2.276 46	0.005 29
190	36 100	6 859 000	13.784 0	5.748 9	2.278 75	0.005 26
191	36 481	6 967 871	13.820 3	5.759 0	2.281 03	0.005 24
192	36 864	7 077 888	13.856 4	5.769 0	2.283 30	0.005 21
193	37 249	7 189 057	13.892 4	5.779 0	2.285 56	0.005 18
194	37 636	7 301 384	13.928 4	5.789 0	2.287 80	0.005 15
195	38 025	7 414 875	13.964 2	5.798 9	2.290 03	0.005 13
196	38 416	7 529 536	14.000 0	5.808 8	2.292 26	0.005 10
197	38 809	7 645 373	14.035 7	5.818 6	2.294 47	0.005 08
198	39 204	7 762 392	14.071 2	5.828 5	2.296 67	0.005 05

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	log ₁₀ n	1/n
199	39 601	7 880 599	14.106 7	5.838 3	2.298 85	0.005 03
200	40 000	8 000 000	14.142 1	5.848 0	2.301 03	0.005 00
201	40 401	8 120 601	14.172 4	5.857 8	2.303 20	0.004 98
202	40 804	8 242 408	14.212 7	5.867 5	2.305 35	0.004 95
203	41 209	8 365 427	14.247 8	5.877 1	2.307 50	0.004 92
204	41 616	8 489 664	14.282 9	5.886 8	2.309 63	0.004 90
205	42 025	8 615 125	14.317 8	5.896 4	2.311 75	0.004 87
206	42 436	8 741 816	14.352 7	5.905 9	2.313 87	0.004 85
207	42 849	8 869 743	14.387 5	5.915 5	2.315 97	0.004 83
208	43 264	8 998 912	14.422 2	5.925 0	2.318 06	0.004 81
209	43 681	9 129 329	14.456 8	5.934 5	2.320 15	0.004 78
210	44 100	9 261 000	14.491 4	5.943 9	2.322 22	0.004 76
211	44 521	9 393 931	14.525 8	5.953 3	2.324 28	0.004 74
212	44 944	9 528 128	14.560 2	5.962 7	2.326 34	0.004 72
213	45 369	9 663 597	14.594 5	5.972 1	2.328 38	0.004 69
214	45 796	9 800 344	14.628 7	5.981 4	2.330 41	0.004 67
215	46 225	9 938 375	14.662 9	5.990 7	2.332 44	0.004 65
216	46 656	10 077 696	14.696 9	6.000 0	2.334 45	0.004 63
217	47 089	10 218 313	14.730 9	6.009 2	2.336 46	0.004 61
218	47 524	10 360 232	14.764 8	6.018 5	2.338 46	0.004 59
219	47 961	10 503 459	14.798 6	6.027 7	2.340 44	0.004 57
220	48 400	10 648 000	14.832 4	6.036 8	2.342 42	0.004 55
221	48 841	10 793 861	14.866 1	6.045 9	2.344 39	0.004 52
222	49 284	10 941 048	14.899 7	6.055 0	2.346 35	0.004 50
223	49 729	11 089 567	14.933 2	6.064 1	2.348 30	0.004 48
224	50 176	11 239 424	14.966 6	6.073 2	2.350 25	0.004 46
225	50 625	11 390 625	15.000 0	6.082 2	2.352 18	0.004 44
226	51 076	11 543 176	15.033 3	6.091 2	2.354 11	0.004 42
227	51 529	11 697 083	15.066 5	6.100 2	2.356 03	0.004 40
228	51 984	11 852 352	15.099 7	6.109 1	2.357 93	0.004 38
229	52 441	12 008 989	15.132 7	6.118 0	2.359 84	0.004 37
230	52 900	12 167 000	15.165 8	6.126 9	2.361 73	0.004 35
231	53 361	12 326 391	15.198 7	6.135 8	2.363 61	0.004 33
232	53 824	12 487 168	15.231 5	6.144 6	2.365 49	0.004 31
233	54 289	12 649 337	15.264 3	6.153 4	2.367 36	0.004 29
234	54 756	12 812 904	15.297 1	6.162 2	2.369 22	0.004 27
235	55 225	12 977 875	15.329 7	6.171 0	2.371 07	0.004 25
236	55 696	13 144 256	15.362 3	6.179 7	2.372 91	0.004 24
237	56 169	13 312 053	15.394 8	6.188 5	2.374 75	0.004 22
238	56 644	13 481 272	15.427 2	6.197 2	2.376 58	0.004 20
239	57 121	13 651 919	15.459 6	6.205 8	2.378 40	0.004 18
240	57 600	13 824 000	15.491 9	6.214 5	2.380 21	0.004 17

i) PREFIJOS PARA LAS UNIDADES

J) UNIDADES FUNDAMENTALES SISTEMA INTERNACIONAL

PREFIJO	SÍMBOLO	FACTOR POR EL QUE DEBE MULTIPLICARSE LA UNIDAD	MAGNITUD	NOMBRE	SÍMBOLO
Peta	P	10 ¹⁸ = 1 000 000 000 000 000 000	Longitud	Metro	m
Exa	E	10 ¹⁵ = 1 000 000 000 000 000	Masa	Kilogramo	kg
Tera	T	10 ¹² = 1 000 000 000 000	Tiempo	Segundo	s
Giga	G	10 ⁹ = 1 000 000 000	Intensidad de corriente eléctrica	Ampere	A
Mega	M	10 ⁶ = 1 000 000	Temperatura termodinámica	Kelvin*	°K
Kilo	K	10 ³ = 1 000	Cantidad de sustancia	mol	mol
Hecto	h	10 ² = 100	Intensidad luminosa	candela	cd
Deca	da	10 = 10			
deci	d	10 ⁻¹ = 0.1			
centi	c	10 ⁻² = 0.01			
mili	m	10 ⁻³ = 0.001			
micro	μ	10 ⁻⁶ = 0.000 001			
nano	n	10 ⁻⁹ = 0.000 000 001			
pico	p	10 ⁻¹² = 0.000 000 000 001			
femto	f	10 ⁻¹⁵ = 0.000 000 000 000 001			
atto	a	10 ⁻¹⁸ = 0.000 000 000 000 000 001			

* El grado Celsius (°C) se considera una unidad derivada. Celsius es el nombre adoptado para el centígrado en el S.I. °K = °C + 273.15.

k) UNIDADES SUPLEMENTARIAS

MAGNITUD	NOMBRE	SÍMBOLO
Ángulo plano	radián	rad
Ángulo sólido	estereorradián	sr

l) VALORES RELATIVOS A CONSTANTES DE USO FRECUENTE

Atm = Presión Atmosférica = $1.013\ 25 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$

C = Coulomb = 6.24×10^{18} electrones

A = Ampere = 6.24×10^{18} electrones / segundo

R = Constante de los Gases = $8.315\ 5 \times 10^3 \text{ J}\cdot(\text{°K}^{-1})\cdot\text{Kmol}^{-1}$

r = Gravitación Universal = $6.685 \times 10^{-11} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{S}^{-2}$

kWh = Trabajo eléctrico = $3.6 \times 10^6 \text{ W}\cdot\text{S}$

π = relación circunferencia al diámetro

= 3.141 592 653 589 793 238 462 64...

e = base logaritmos naturales = 2.718 28...

g = aceleración de la gravedad = 9.806 65 m/s²

radián = 57.295 779 051 08 grados sexagesimales

= 57°17'45"

MAGNITUD	VALOR	MAGNITUD	VALOR	MAGNITUD	VALOR	MAGNITUD	VALOR
$\frac{\pi}{4}$	0.785 398	g	9.806 65	$\sqrt{\pi}$	1.772 454	e^2	7.389 056
π	3.141 593	g^2	96.170 38	$\sqrt[3]{\pi}$	1.464 592	$\frac{1}{e}$	0.367 879
2π	6.283 185	$\frac{1}{g}$	0.101 97	$\frac{1}{\sqrt{\pi}}$	0.564 190	\sqrt{e}	1.648 721
4π	12.566 37	\sqrt{g}	3.131 56	$\frac{1}{\sqrt[3]{\pi}}$	0.682 784	log e	0.434 294
π^2	9.869 604	log g	0.991 52	log π	0.497 150	$\sqrt{3}$	1.732 051
π^3	31.006 277	e	2.718 281 823 5	$\sqrt{2}$	1.414 214	$\sqrt[3]{3}$	1.442 250

1.2.2 ÁREAS Y VOLÚMENES DE LOS PRINCIPALES CUERPOS GEOMÉTRICOS

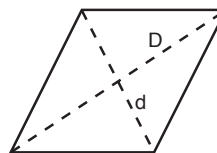
a) ÁREA DE SUPERFICIES PLANAS

CUADRADO



$S = L^2$

ROMBO



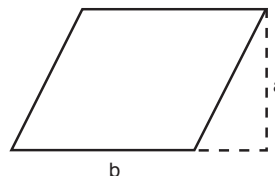
$s = \frac{Dd}{2}$

RECTÁNGULO



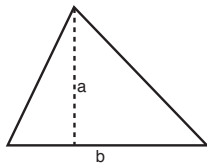
$S = ab$

PARALELOGRAMO



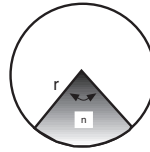
$S = ab$

TRIÁNGULO



$$S = \frac{ab}{2}$$

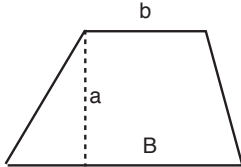
SECTOR CIRCULAR



$$S = \pi r^2 \frac{n}{360}$$

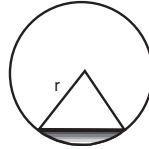
n = ángulo del sector circular en grados

TRAPECIO



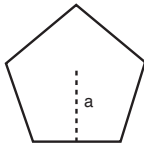
$$S = \left(\frac{B+b}{2}\right) a$$

SEGMENTO CIRCULAR



$$S = \text{Área del Sector} - \text{Área de Triángulo}$$

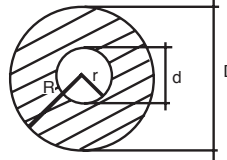
POLÍGONOS REGULARES



$$s = \frac{pa}{2}$$

p = perímetro
a = apotema

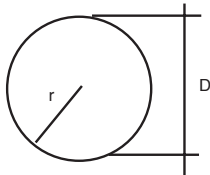
CORONA CIRCULAR



$$S = \pi (R^2 - r^2)$$

$$S = 0.7854 (D^2 - d^2)$$

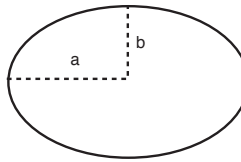
CÍRCULO



$$S = \pi r^2$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

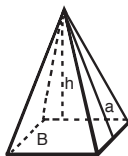
ELIPSE



$$S = \pi a b$$

b) ÁREAS Y VOLÚMENES DE LOS CUERPOS SÓLIDOS

PIRÁMIDE REGULAR

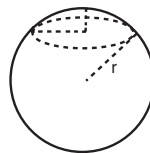


$$S = \frac{p}{2} a + B$$

$$V = \frac{1}{3} B h$$

p= perímetro de la base
a= apotema
B= área de la base
h= altura

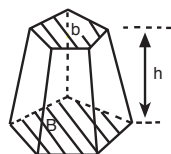
ESFERA



$$S = 4 \pi r^2$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

TRONCO DE PIRÁMIDE

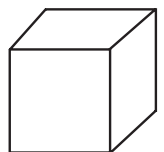


$$s = \left(\frac{P+p}{2}\right) a + (B + b)$$

$$V = \frac{1}{3} h (B + b + \sqrt{B b})$$

P y P' = Perímetros de las bases inferior y superior respectivamente
B = área de la base inferior
b = área de la base superior

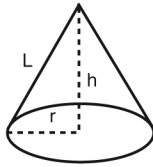
CUBO



$$S = 6L^2$$

$$V = L^3$$

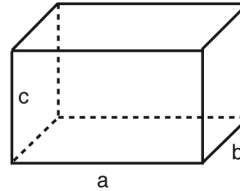
CONO



$$S = \pi r (L + r)$$

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

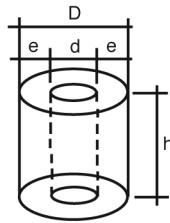
PARALELEPÍPEDO RECTANGULAR



$$S = 2 (ab + ac + bc)$$

$$V = a b c$$

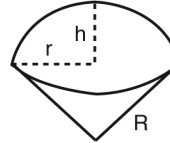
CILINDRO HUECO



$$V = \frac{\pi h}{4} (D^2 - d^2)$$

$$V = \frac{D + d}{2} (\pi e h)$$

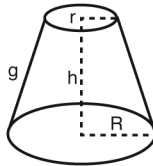
SECTOR ESFÉRICO



$$S = \pi R (2h + r)$$

$$V = \frac{2}{3} \pi R h^2$$

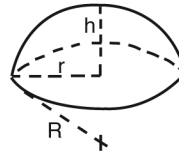
TRONCO DE CONO



$$S = \pi [(R + r) g + R^2 + r^2]$$

$$V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr)$$

CASQUETE ESFÉRICO



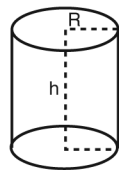
$$S = 2 \pi R (R - \sqrt{R^2 - r^2})$$

$$S = 2 \pi R h$$

$$V = \frac{1}{6} \pi h (3r^2 + h^2)$$

$$V = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h)$$

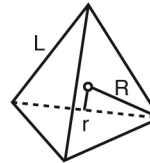
CILINDRO



$$S = 2 \pi R (R + h)$$

$$V = \pi R^2 h$$

TETRAEDRO



$$S = \sqrt{3} L^2$$

$$V = \frac{\sqrt{2}}{12} L^3$$

$$S = \sqrt{3} \times 24 r^2$$

$$V = 8\sqrt{3} r^3$$

$$S = \frac{8\sqrt{3}}{3} R^2$$

$$V = \frac{8\sqrt{3}}{27} R^3$$

L = arista
R = radio de la esfera circunscrita
r = radio de la esfera inscrita

1.2.3 ALTITUDES SOBRE EL NIVEL DEL MAR, TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES Y TENSIONES NOMINALES DE DISTRIBUCIÓN EN LAS CIUDADES MÁS IMPORTANTES DE LA REPÚBLICA MEXICANA

CIUDADES	ALTITUDES m/N.M.:	TEMP. MEDIA ANUAL °C	TENSIÓN NOMINAL DE DISTRIBUCIÓN EN VOLTS
Acámbaro, Gto.	1 860	18.8	13 200
Acapulco, Gro.	30	27.7	13 200
Aguascalientes, Ags.	1 870	17.4	13 200
Campeche, Camp.	10	26.2	13 200
Cancún, Qroo.	8	27.2	13 200
Celaya, Gto.	1 750	17.4	15 000/13 200

CIUDADES	ALTITUDES m/N.M.:	TEMP. MEDIA ANUAL °C	TENSIÓN NOMINAL DE DISTRIBUCIÓN EN VOLTS
Cd. Guzmán, Jal.	1 520	20.7	20 000
Cd. Juárez, Chih.	1 120	18.9	13 800/4 160
Cd. Obregón, Son.	40	25.1	13 200
Cd. del Carmen, Camp.	2	26.2	13 200
Cd. Victoria, Tamps.	320	23.7	13 200
Coatzacoalcos, Ver.	50	26.0	13 200/2 400
Colima, Col.	500	24.3	13 200/2 300
Córdoba, Ver.	850	20.1	6 600
Cuatla, Mor.	1 300	18.3	13 200
Cuernavaca, Mor.	1 510	21.8	23 000/6 600
Culiacán, Sin.	60	25.1	13 200
Chihuahua, Chih.	1 440	18.8	22 900
Chilpancingo, Gro.	1 250	22.6	6 600
Durango, Dgo.	1 880	17.0	13 200
Ensenada, B.C.N.	20	17.4	13 200
Fresnillo, Zac.	2 185	16.7	13 200
Guadalajara, Jal.	1 550	20.3	22 900/4 000
Guaymas, Son.	10	26.2	13 200
Guanajuato, Gto.	2 000	18.5	15 000/2 200
Hermosillo, Son.	210	25.6	13 200
Iguala, Gro.	710	28.1	6 600
Irapuato, Gto.	1 730	22.3	15 000
Jalapa, Ver.	1 460	18.3	13 200
La Paz, B.C.S.	10	23.0	13 200
León, Gto.	1 800	19.7	13 200
Los Mochis, Sin.	10	27.1	13 200
Manzanillo, Col.	5	26.3	13 200
Matamoros, Tamps.	10	24.3	12 000/4 000
Matías Romero, Oax.	180	24.2	13 200
Mazatlán, Sin.	10	25.6	13 200
Mérida, Yuc.	9	24.8	13 200
Mexicali, B.C.N.	3	22.3	34 500/13 200/4 160
México, D.F.	2 240	16.6	23 000/6 600
Minatitlán, Ver.	20	22.2	13 200
Monclova, Coah.	620	22.4	13 200
Monterrey, N.L.	530	22.0	13 200/4 160
Morelia, Mich.	1 920	17.5	6 600/4 160
Navojoa, Son.	50	27.3	13 200
Nuevo Laredo, Tamps.	150	21.1	12 000
Oaxaca, Oax.	1 555	19.9	13 200
Orizaba, Ver.	1 230	19.5	6 600
Pachuca, Hgo.	2 000	14.8	13 200/6 600
Parral, Chih.	1 720	17.3	13 200/6 600
Piedras Negras, Coah.	230	21.4	13 200
Poza Rica, Ver.	50	26.3	6 600
Puebla, Pue.	2 135	21.4	34 500/13 200/11 400
Querétaro, Qro.	1 820	18.9	13 200/ 6 600/4 000
Reynosa, Tamps.	40	25.4	12 000
Salamanca, Gto.	1 720	20.0	15 000
Saltillo, Coah.	1 700	17.5	13 200
San Luis Potosí, S.L.P.	1 860	21.0	13 200
Silao, Gto.	1 780	20.1	15 000
Tampico, Tamps.	10	20.7	13 200
Tapachula, Chis.	170	22.9	13 200
Tehuacán, Pue.	1 620	18.4	13 200/6 600
Tepic, Nay.	915	20.2	13 200
Tijuana, B.C.N.	20	17.5	13 200/2 400
Tlaxcala, Tlax	2 240	17.0	13 200
Toluca, Méx.	2 680	14.0	23 000/6 600
Torreón, Coah.	1 120	22.9	13 200
Tuxtla Gtz., Chis.	600	24.7	13 200
Uruapan, Mich.	1 620	19.4	6 600
Veracruz, Ver.	10	25.6	13 200
Villahermosa, Tab.	20	30.2	13 200
Zacatecas, Zac.	2 440	15.3	13 200

NOTA: Para todas las Ciudades, la baja tensión es 220/127 V. y frecuencia de 60 Hz.

1.3 Elementos de física

1.3.1 PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES

MATERIAS	PESO ESPECÍFICO	CALOR ESPECÍFICO	TEMPERATURA DE FUSIÓN	COEFICIENTE DE DILATACIÓN	RESISTIVIDAD *	MATERIAS	PESO ESPECÍFICO	CALOR ESPECÍFICO	TEMPERATURA DE FUSIÓN	COEFICIENTE DE DILATACIÓN	RESISTIVIDAD *
	kg / dm ³	cal / g°C	°C	mm/m°C			kg/dm ³	cal/g°C	°C	mm/m°C	
Acero	7.85	0.114	1 400	0.012	13.0	Molibdeno	10.30	0.072	2 620	0.005	5.78
Aluminio	2.67	0.210	660	0.023	2.7	Níquel	8.70	0.110	1 455	0.013	11.93
Antimonio	6.62	0.049	630	0.009	41.0	Oro	19.33	0.032	1 065	0.015	2.1
Arena	1.2 - 1.6	0.191	1 600	—	—	Parafina	0.90	0.780	52	—	—
Bismuto	9.80	0.030	270	0.013	115.0	Plata	10.50	0.056	960	0.009	1.46
Bórax	1.72	0.238	741	—	—	Platino	21.45	0.033	1 800	0.020	9.03
Cadmio	8.65	0.055	320	0.032	7.7	Plomo	11.34	0.031	330	0.029	20.8
Calcio	1.55	0.149	850	0.025	3.43	Potasio	0.86	0.173	64	0.083	6.64
Cobalto	8.80	0.105	1 495	0.013	6.36	Sal	2.15	0.207	802	—	—
Cobre (bar.)	8.93	0.093	1 085	0.017	1.72	Sodio	0.97	0.295	98	0.071	4.1
Cromo	7.14	0.110	1 830	0.006	14.0	Titanio	4.50	0.142	1 730	0.088	77.0
Estaño	7.20	0.056	230	0.035	12.3	Tungsteno	19.30	0.034	3 370	0.004	5.65
Esteatita	2.60	0.250	1 650	—	—	Uranio	18.90	0.028	1 130	0.019	60.0
Hierro (bar.)	7.85	0.114	1 500	0.014	139.0	Vanadio	6.11	0.120	1 710	0.008	24.8
Iodo	4.93	0.052	113	—	—	Zinc	7.10	0.094	420	0.029	5.6
Iridio	22.42	0.032	2 450	0.006	5.3	Zirconio	6.50	0.067	1 860	0.005	45.0
Latón	8.50	0.092	900	0.019	5.5						
Magnesio	1.74	0.246	650	0.026	4.6						
Manganeso	7.44	0.122	1 240	0.023	28.0						
Mercurio	13.60	0.033	-39	—	94.07						
Mica	2.6 - 3.2	0.207	1 300	—	—						

* Para obtener el valor de la resistividad eléctrica en Ωmm²/m. tiene que multiplicar por 10²; para obtener en Ωcm. por 10⁶
Ejemplo: Cobre = 1.72 . 10² Ωmm²/m = 1.72 . 10⁶ Ωcm

1.3.2 FÍSICA NUCLEAR

a) ALGUNAS UNIDADES

Actividad: El Curie (C) es la cantidad de radioelemento en la que el número de desintegraciones por segundo es de 3.7 x 10¹⁰.

Dosis de exposición: El Roentgen (R) es la cantidad de radiación X ó γ, tal que la emisión corpuscular asociada con él en 0.001 293 gramos de aire produzca en el aire un número de iones que transporta una unidad electrostática c g s de cada signo (es decir 1/3 x 10⁹ coulomb).

Dosis absorbida: El rad es la dosis absorbida equivalente a una energía de 100 ergs por gramo de la sustancia irradiada en el punto considerado.

Dosis biológica eficaz: El rem es la dosis de radiación ionizante la cual, absorbida por el cuerpo humano, produce un efecto biológico idéntico al de un rad de rayos X de referencia.

Intensidad de radiación: expresada en R/h. o rem/h

b) CARACTERÍSTICAS DE LOS RADIOELEMENTOS CORRIENTES

RADIO-ELEMENTO	SEMI-VIDA	ENERGÍA Mev		INTENSIDAD A1m DE UNA FUENTE DE 1 CURIE R/h
		β (max)	γ	
Na 24	15.0 h	1.389	1.369-2.754	1.91
Fe 59	45.0 j	0.475-1.57	1.095-1.292	0.66
Co 60	5.26 a	0.32	1.173-1.332	1.35
Zn 65	245.0 j	β + (0.325)	1.115	0.30
Br 82	35.34 h	0.444	1.475-1.317	1.51
			1.044-0.828-0.777	
			0.698-0.619-0.554	
			0.364-0.627	
I 131	8.05 j	0.606	0.662	0.27
Cs 137	30.0 a	1.176-0.514	1.12-1.19-1.22	0.35
Ta 182	115.0 j	1.71-0.552	0.07-0.10	0.62
Ir 192	74.2 j	0.67	0.30-0.47-0.60	0.27
Au 198	2.698 j	0.962	0.412	0.24
Ra 226	1 602 a	α = 4.78-4.60;	β = 0; γ = 0.186	0.84

c) CARACTERÍSTICAS DE LOS RADIOELEMENTOS PESADOS

RADIO-ELEMENTO	ABUNDANCIA NATURAL %	σ_a BARNs	σ_f BARNs	γ	η
U 233	0	580.0	528.0	2.54	2.28
U 234	0.005 8	105.0	0.65	—	—
U 235	0.714	683.0	582.0	2.46	2.05
U 238	99.28	2.75	0.000 5	—	—
Pu 239	0	1 065.0	750.0	2.90	2.11
Pu 240	0	286.0	0.1	—	—
Pu 241	0	1 400.0	1 025.0	2.98	2.18
Pu 242	0	30.0	0.2	—	—

- σ_a : sección eficaz de absorción.
- σ_f : sección eficaz de fisión para neutrones térmicos.
- γ : número de neutrones emitidos por fisión térmica.
- η : número de neutrones emitidos por neutrón térmico absorbido en el combustible.

d) CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS ELEMENTOS

- Z: número atómico.
 - A: peso atómico.
 - ρ : densidad.
 - σ_a : sección eficaz de absorción
 - σ_s : sección eficaz de difusión
 - μ : coeficiente de atenuación lineal para γ de 3 Mev
 - ξ : Coeficiente de frenado.
- } para neutrones térmicos
(2 200 m/s).

ELE-MENTO	Z	A	ρ g/cm ³	σ_a barns	σ_s barns	ξ	μ cm ⁻¹
H	1	1.008 3	8.99x10 ⁻⁵	0.335	38.0	1.000	0.621x10 ⁻⁵
He	2	4.003	17.8x10 ⁻⁵	0.007	0.8	0.425	0.621x10 ⁻⁵
Li	3	6.940	0.534	71.0	1.4	0.268	0.162
Be	4	9.013	1.84	0.01	7.0	0.209	0.057 6
B	5	10.82	2.45	754.0	4.0	0.171	0.078 7
C	6	12.01	1.60	0.000 4	4.8	0.158	0.055 5
N	7	14.01	130x10 ⁻⁵	1.88	10.0	0.136	4.34x10 ⁻⁵
O	8	16.00	143x10 ⁻⁵	20x10 ⁻⁵	4.2	0.120	5.13x10 ⁻⁵
Na	11	22.99	0.971	0.52	4.0	0.084 5	0.033 8
Mg	12	24.32	1.74	0.069	3.6	0.081 1	0.062 6
Al	13	26.98	2.70	0.241	1.4	0.072 3	0.095 6
K	19	39.10	0.87	2.07	1.5	0.050 4	0.031 8
Cr	24	52.01	6.92	3.1	3.0	0.038 5	0.245
Mn	25	54.94	7.42	13.2	2.3	0.035 9	0.187
Fe	26	55.85	7.86	2.62	11.0	0.035 3	0.283
Ni	28	58.71	8.75	4.6	17.5	0.033 5	0.326
Cu	29	63.54	8.94	3.85	7.2	0.030 9	0.321
Zn	30	65.38	7.14	1.1	3.6	0.030 4	0.259
Zr	40	91.22	6.44	0.185	8.0	0.021 8	0.234
Mo	42	95.95	10.2	2.70	7.0	0.020 7	0.373
Ag	47	107.88	10.5	63.0	6.0	0.018 4	0.393
Cd	48	112.41	8.65	2.45	7.0	0.017 8	0.318
Sn	50	118.70	6.5	0.625	4.0	0.016 7	0.267
Hg	80	200.61	13.6	380.0	20.0	0.009 9	0.575
Pb	82	207.21	11.3	0.170	11.0	0.009 6	0.481
Bi	83	209.00	9.7	0.034	9.0	0.009 5	0.418
Th	90	232.00	11.5	7.56	12.5	0.008 6	0.511
U	92	238.07	18.7	7.68	8.3	0.008 4	0.842

ELEMENTO	PESO MOLECULAR	DENSIDAD g/cm ³	SECCIÓN EFICAZ MACROSCÓPICA (cm ⁻¹)		μ cm ⁻¹	PUNTO DE FUSIÓN °C
			Σ _a	Σ _s		
H ₂ O	18.02	0.997	0.022 1	2.67	0.039 6	0.0
D ₂ O	20.03	1.10	3.3x10 ⁻⁵	0.449		3.81
Na 44K	30.08	0.890	0.021 4	0.052 7		19.0
Na 78K	35.56	0.875	0.024 5	0.033 5		-11.0
difenil	154.20	0.744	0.009 78	1.27	0.027 5	69.0
santowax R	230.29	0.838	0.010 3	1.36	0.030 8	145.0
CO ₂	44.01	198x10 ⁻⁵	0.011x10 ⁻⁵	24x10 ⁻⁵	7.04x10 ⁻⁵	
BeO	25.01	2.96	59.9x10 ⁻⁵	0.798	0.101	2 550.0
ZrH _{1.6}	93.24	5.61	0.026 2	2.50	0.207	
UC	247.22	13.63	22.68	0.491	0.622	2 475.0
UO ₂	267.21	10.8	16.63	0.448	0.484	2 878.0
Inconel		8.2	0.366	1.225	0.026 5	1 427.0
SS 304		7.92	0.308	1.016	0.028 4	1 427.0
SS 316		7.92	0.266	0.850	0.023 8	1 370.0

e) CONSTITUCIÓN DE LA MATERIA

PARTÍCULAS ELEMENTALES	PROPIEDADES
Electrón:	Partícula elemental menor con carga negativa Carga: e = 4.803 x 10 ⁻¹⁰ u e s = 1.602 x 10 ⁻¹⁹ Coulomb Masa: m = 9.109 x 10 ⁻²⁸ g Carga Específica: e/m = 1.758 794 2 x 10 ⁻⁸ C.kg ⁻¹
Positrón:	Partícula elemental menor con carga positiva Carga: e = + 4.803 x 10 ⁻¹⁰ u e s = 1.602 x 10 ⁻¹⁹ Coulomb Masa: m = 9.109 x 10 ⁻²⁸ g
Protón:	Partícula del núcleo atómico con carga positiva Carga: e = + 4.803 x 10 ⁻¹⁰ u e s = 1.602 x 10 ⁻¹⁹ Coulomb Masa: m = 1.672 x 10 ⁻²⁴ g
Neutrón:	Partícula del núcleo atómico sin carga Masa: m = 1.675 x 10 ⁻²⁴ g
Mesotrón:	Partícula elemental inestable: el u-Mesón tiene una masa de unas 209 veces la del electrón y carga positiva o negativa; el r-Mesón tiene una masa de unas 276 veces la del electrón y carga positiva o negativa.
Neutrino:	Partícula hipotética sin masa ni carga
Átomo:	Partícula menor de un elemento que puede tomar parte en una reacción química; consta de núcleo y órbitas de electrones.
Molécula:	Partícula más pequeña de una sustancia que es capaz de existencia independiente; consta de átomos unidos por enlaces químicos.

Relación entre masa en reposo y masa en movimiento

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

donde:
V = velocidad del cuerpo,
C = velocidad de la luz,
m₀ = masa en reposo,
m = masa en movimiento,

ENERGÍA NUCLEAR

- u.m.a. = Unidad de masa atómica = 1.6597 x 10⁻²⁷ kg.
- u.m.a. = 1/16 de la masa de isótopo del oxígeno O¹⁶
- u.m.a.u. = 1/12 de la masa del isótopo del carbono ₆C¹²
- u.m.a.u. = Unidad de masa atómica unificada = 1.6603 x 10⁻²⁷
- barn = Sección transversal eficaz de las reacciones nucleares = 10⁻²⁴cm²
- C₁ = Radiación primera = 2 π hc² = 3.7408 x 10⁻¹⁶ W · m²
- C₂ = Radiación segunda = hc ÷ k = 1.43898 x 10⁻² m · °k
- K = Constante de Boltzmann = 1.38072 x 10⁻²³ j · (°k⁻¹)
- 1/k = 1.16065 x 10⁴ °k · eV⁻¹
- F = Número de Faraday = 9.64886 x 10⁴ C · mol⁻¹
- N = Número de Avogadro = 6.0228 x 10²³ mol⁻¹
- A₀ = Radio de la primer orbita de Bohr = 5.29174 x 10⁻¹¹ m
- C = Velocidad de la luz en el vacío = 2.997929 x 10⁸ m.s⁻¹

f) ENERGÍA NUCLEAR

ALGUNAS FÓRMULAS FUNDAMENTALES

Energía total de la masa de un cuerpo:
 $E = mc^2 = 6.61 \times 10^{26} \times m$
 donde:
 $E =$ megaelectrovolts (Mev)
 $m =$ gramos

Energía de una radiación:
 $E = hv$
 donde:
 $E =$ energía en ergs
 $h = 6.62 \times 10^{27} \times \text{seg}$
 $V =$ frecuencia de la radiación

Potencia de un reactor lento:
 $P = 8.3 \times 10^{10} \times \phi \times m \times \sigma \times F \times G$

donde:
 $P =$ watts
 $G =$ peso del metal fisionable en gramos
 $\phi m =$ flujo medio del reactor neutrones/cm²
 $\sigma F =$ sección recta media de fisión

1 curie = 3.7×10^{10} desintegraciones/s
 1 rd = 10^6 desintegraciones/s
 1 amu = 1.66×10^{-24} gramos
 1 ev = 1.6×10^{-12} ergs
 1 fisión = 3.2×10^{-11} W seg
 $h = 6.62 \times 10^{27}$ erg x seg

$Y(U^{233}) = 1.54$
 $Y(U^{235}) = 2.46$
 $Y(PU^{239}) = 2.88$

La fisión completa de un gramo de U^{235} produce aproximadamente 23 000 kW/h

Poder de moderación
 $H_2O = 1.53 \text{ cm}^{-1}$
 $D_2O = 0.17 \text{ cm}^{-1}$
 $C = 0.064 \text{ cm}^{-1}$

Tiempos de moderación
 $H_2O = 10^{-5} \text{ seg}$
 $D_2O = 4.6 \times 10^{-5} \text{ seg}$
 $Be = 6.7 \times 10^{-5} \text{ seg}$
 $C = 1.5 \times 10^{-4} \text{ seg}$

Tiempos de difusión

$H_2O = 2.1 \times 10^{-4} \text{ seg}$
 $D_2O = 0.15 \times 10^{-4} \text{ seg}$
 $Be = 4.3 \times 10^{-3} \text{ seg}$
 $C = 1.2 \times 10^{-2} \text{ seg}$

Electrón

$mc^2 =$ Energía en reposo = 0.510 11 MeV
 $\lambda =$ Longitud de Onda = $2.426 27 \times 10^{-12} \text{ m}$
 $\gamma =$ radio = $2.817 88 \times 10^{-15} \text{ m}$

Neutrón

$mc^2 =$ Energía en reposo = 939.565 MeV

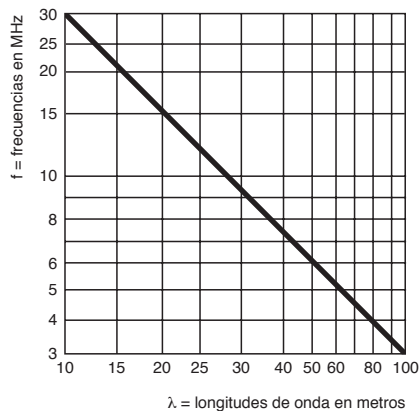
Protón

$mc^2 =$ Energía en reposo = 938.271 MeV
 $\lambda =$ Longitud de Onda = $1.321 8 \times 10^{-15} \text{ m}$

1.3.3 TELECOMUNICACIONES

a) CONVERSIÓN DE LAS LONGITUDES DE ONDA EN FRECUENCIAS

La gráfica siguiente permite convertir las longitudes de onda en frecuencias y viceversa.



Para valores inferiores o superiores a los que figuran en esta gráfica, pueden aplicarse los coeficientes de corrección siguientes:

PARA FRECUENCIAS DE	MULTIPLICAR	
	f por	λ por
30 a 300 kHz	0.01	100.0
300 a 3 000 kHz	0.1	10.0
3 a 30 MHz	1.0	1.0
30 a 300 MHz	10.0	0.1
300 a 3 000 MHz	100.0	0.01
3 000 a 30 000 MHz	1 000.0	0.001

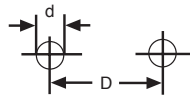
b) DECIBELES Y NEPERS

POTENCIAS, TENSIONES Y NEPERS
CORRESPONDIENTES A LOS DIVERSOS VALORES EN DECIBELES

dB	P ₁ /P ₂	E ₁ /E ₂	Np	dB	P ₁ /P ₂	E ₁ /E ₂	Np
0.1	1.023	1.012	0.012	8	6.311	2.512	0.921
0.3	1.072	1.035	0.035	9	7.943	2.818	1.036
0.5	1.122	1.059	0.058	10	10.0	3.162	1.151
0.7	1.175	1.084	0.080	12	15.85	3.98	1.38
1.0	1.259	1.122	0.115	14	25.12	5.01	1.61
1.5	1.413	1.189	0.173	15	31.62	5.62	1.73
2.0	1.585	1.259	0.230	16	39.81	6.31	1.84
2.5	1.778	1.334	0.287	18	63.19	7.94	2.07
3.0	1.995	1.413	0.345	20	100.0	10.0	2.30
3.5	2.239	1.496	0.403	24	251.19	15.89	2.76
4.0	2.512	1.585	0.460	28	630.96	25.12	3.22
4.5	2.818	1.679	0.517	34	2 512	50.12	3.91
5.0	3.162	1.778	0.576	40	10 000	100.0	4.60
6.0	3.981	1.995	0.691	45	31 620	177.0	5.18
7.0	5.012	2.239	0.806	50	100 000	316.0	5.76

c) IMPEDANCIAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Línea con dos hilos



$$Z_0 = 276 \log \frac{2D}{d}$$

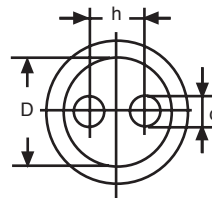
Línea coaxial



$$\frac{138}{\sqrt{e}} \log \frac{D}{d}$$

e = constante dieléctrica
= 1 para el aire

Línea blindada con dos hilos



$$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{e}} \left(2V \frac{1}{1+s^2} \right)$$

$$V = \frac{h}{d} \quad S = \frac{h}{D}$$

1.3.4 ELECTRÓNICA

a) CÓDIGO DE COLORES DE LAS RESISTENCIAS



- A = primera cifra del valor en ohms
- B = segunda cifra del valor en ohms
- C = número de ceros después de la segunda cifra, o coeficiente de multiplicación de las dos primeras cifras.
- D = tolerancia.

COLOR	VALOR DE A	VALOR DE B	NÚMERO DE CEROS DE C	VALOR DEL COEFICIENTE C	VALOR DE D
Negro	0	0	0	—	—
Café	1	1	1	—	—
Rojo	2	2	2	—	—
Naranja	3	3	3	—	—
Amarillo	4	4	4	—	—
Verde	5	5	5	—	—
Azul	6	6	6	—	—
Violeta	7	7	7	—	—
Gris	8	8	8	—	—
Blanco	9	9	9	—	—
Oro	—	—	—	x 0.1	± 5%
Plata	—	—	—	x 0.01	± 10%
Sin banda D	—	—	—	—	± 20%

1.4 Elementos de electricidad

1.4.1 CIRCUITOS DE CORRIENTE DIRECTA

a) VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA CON LA TEMPERATURA

$$R_t = R_o (1 + \alpha t)$$

donde:

R_t = resistencia a una temperatura t en °C

R_o = resistencia a 0°C

α = coeficiente de variación de la temperatura en el conductor a 0°C

t = temperatura en °C a la que se desea calcular la resistencia.

Ejemplo:

Un alambre de aluminio tiene una resistencia de 20 ohms a 0°C. ¿Cuál será su resistencia a 50°C ?

Para el aluminio $\alpha = 0.0037$

$$R_{50} = 20 (1 + 0.0037 \times 50) = 23.7 \text{ ohms}$$

Para el cobre $\alpha = 0.00393$

LEY DE OHM

$$I = \frac{V}{R}$$

donde:

I = corriente en amperes

V = tensión en volts

R = resistencia en ohms

Ejemplo:

Un acumulador de 6 volts tiene intercalada en un circuito exterior una resistencia de 8 ohms; si su resistencia interior es de 0.4 ohms, ¿qué intensidad de corriente circulará por este circuito?

$$I = \frac{6}{8 + 0.4} = 0.71 \text{ amperes}$$

b) EFECTOS CALORÍFICOS DE LA CORRIENTE. LEY DE JOULE

$$Q = 0.00024 RI^2 t$$

donde:

Q = cantidad de calor en kilocalorías.

R = resistencia en ohms

I = corriente en amperes

t = tiempo en segundos.

Ejemplo:

Al pasar una corriente por un conductor desarrolla en él una cantidad de calor proporcional a su resistencia, al tiempo y al cuadrado de la intensidad de la corriente. ¿Qué cantidad de calor se desarrolla durante una hora en una resistencia de 2 ohms, que es recorrida por una corriente de 5 amperes?

$$Q = 0.00024 \times 2 \times 5^2 \times 3600 = 43.2 \text{ kilocalorías.}$$

Equivalente calorífico de la energía eléctrica.

$$H = \frac{\text{Watts} \cdot \text{segundo}}{4184}$$

donde:

H = en kilocalorías.

Ejemplo:

Se quiere calentar a 60°C un depósito que contiene 150 litros de agua a la temperatura de 10°C. ¿Qué energía eléctrica se necesitará?

Diferencia temperatura : $(t_r - t_i) = 60 - 10 = 50^\circ\text{C}$

Cant calor : $Q_c = (t_r - t_i)V = 50 \times 150 = 7500 \text{ kilocalorías.}$

Watts-seg = $7500 \times 4184 = 31380000$.

1 KWH = $1000 \times 3600 \text{ watts-seg}$

$$\frac{31380000}{3600000} = 8.71 \text{ kW-h}$$

c) REÓSTATOS REGULADORES

$$d = a \sqrt[3]{I^2}$$

donde:

d = diámetro del alambre en mm

a = coeficiente.

I = corriente en amperes.

La sección debe ser tal que sea capaz de radiar el calor que produce la corriente sin calentarse demasiado.

El coeficiente a, dado en función de K (número de cm² de superficie de enfriamiento por watt transformado en calor). En los reóstatos refrigerados por aire se adoptan para K valores de 1 a 5 (cuanto más pequeño K más barato, pero se calienta más).

Valores de a para :

	K = 2	K = 3	K = 4	K = 5
Hierro	0.200	0.229	0.255	0.275
Melchor	0.290	0.330	0.365	0.390
Miquelina	0.305	0.350	0.385	0.415
Nicromo	0.390	0.450	0.495	0.535

Ejemplo:

¿Qué diámetro deberá tener el alambre melchor de un reóstato refrigerado por aire, que debe ser atravesado por una corriente de 10 amperes?

$$K = 0.330$$

$$d = 0.330 \sqrt[3]{10^2} = 1.5 \text{ mm}$$

d) REÓSTATOS DE ARRANQUE

$$s = aI \sqrt{\frac{T}{t_2 - t_1}}$$

donde:

s = sección en mm²

I = corriente en amperes.

T = tiempo de arranque en segundos.

t₂ - t₁ = temperatura en °C que se admite sobre la ambiente

a = coeficiente según material.

La sección debe ser tal que no sobrepase una temperatura de exceso sobre la ambiente, en el tiempo que esté funcionando.

Valores de a para:

Hierro	0.170
Melchor	0.300
Niquelina	0.320
Nicromo	0.615
Kruppina	1.56

Ejemplo:

¿Qué sección deberá darse a un alambre de niquelina que al ser atravesado durante 10 segundos por una corriente de 20 amperes su temperatura no deba elevarse por encima de 75°C?

Temperatura ambiente 15°C.

$$s = 0.320 \times 20 \sqrt{\frac{10}{75 - 15}} = 2.61 \text{ mm}^2$$

NOTA:

Se tomará la sección inmediata superior.

e) CONDENSADORES

CAPACITANCIA

$$C = \frac{Q}{V}$$

donde:

C = capacitancia en farads

V = tensión en volts

Q = carga eléctrica en coulombs

Ejemplo:

¿Cuál es la capacitancia de un condensador de placas que al aplicarle una tensión de 1 000 volts adquiere una cantidad de electricidad de 100 microcoulombs.

1 microcoulomb = 10⁻⁶ coulombs

$$C = \frac{100 \times 10^{-6}}{1\,000}$$

Condensador plano de dos láminas (un dieléctrico).

$$C = 0.0885 K \frac{S}{d}$$

Condensador plano de N láminas; (N - 1) dieléctrico.

$$C = 0.0885 K \frac{S(N-1)}{d}$$

donde:

C = capacitancia en microfarads

S = superficie placas en cm²

d = espesor dieléctrico en cm

K = constante dieléctrica.

Ejemplo:

¿Cuál es la capacitancia de un condensador plano formado por 6 láminas de 40 cm², siendo el dieléctrico de mica de 0.1 mm de espesor?

Para la mica K = 5

$$C = 0.0885 \times 5 \times \frac{40(6-1)}{0.01} = 8850 \text{ microfarads}$$

Conexión de condensadores.

En serie:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

En paralelo:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Ejemplo:

Se tienen tres condensadores de 1,2 y 4 microfarads. ¿Cuál será la capacitancia total si se agrupan primero en serie y después en paralelo?

$$\text{En serie: } C = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = 0.571 \text{ microfarads}$$

$$\text{En paralelo: } C = 1 + 2 + 4 = 7 \text{ microfarads}$$

f) INDUCTANCIAS

Inductancia de una bobina larga sin núcleo

$$L = 1.257 \frac{s N^2}{l 10^8}$$

donde:

L = inductancia en henrys

s = sección bobina en cm²

N = número de espiras

l = longitud de la bobina en cm

Ejemplo:

¿Cuál es el coeficiente de autoinducción de una bobina de 30 cm de longitud, que lleva 3 000 espiras y tiene 5 cm de diámetro?

$$s = 3.14 \times 2.5^2 = 19.64 \text{ cm}^2$$

$$L = 1.257 \frac{19.64 \times 3000^2}{30 \times 10^8} = 0.074 \text{ henrys} = 74 \text{ milihenrys}$$

Inductancia de una bobina con núcleo.

$$L = \frac{N \phi}{l \times 10^8}$$

donde:

L = inductancia en henrys

φ = flujo magnético en maxwells

N = número espiras

l = intensidad de corriente en amperes

Ejemplo:

¿Cuál es el coeficiente de autoinducción de una bobina con núcleo de hierro que tiene 2 500 espiras y que al ser recorrida por una corriente de 0.5 amperes crea un flujo de 300 000 maxwells?

$$L = \frac{2500 \times 300000}{0.5 \times 10^8} = 15 \text{ henrys}$$

Conexión de inductancias.

En serie:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

En paralelo:

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

Ejemplo:

Se tienen tres inductancias de 2, 5 y 10 henrys. ¿Cuál será la inductancia total si se agrupan primero en serie y después en paralelo?

$$\text{En serie: } L = 2 + 5 + 10 = 17 \text{ henrys.}$$

$$\text{En paralelo: } L = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10}} = 1.25 \text{ henrys}$$

1.4.2 MAGNETISMO Y ELECTROMAGNETISMO

a) FUERZA DE UN IMÁN O ELECTROIMÁN

$$P = \left(\frac{B}{5\,000} \right)^2 S$$

donde:

P = fuerza en kg

B = inducción en gauss

S = superficie de un polo en el imán en cm²

Si es imán de herradura será 2 S

Ejemplo:

¿Qué fuerza será necesaria realizar para arrancar un trozo de hierro dulce del polo de un imán que tiene una sección de 9 cm², siendo la inducción entre el imán y el hierro de 2 500 gauss?

$$P = \left(\frac{2\,500}{5\,000} \right)^2 \times 9 = 2.25 \text{ kg}$$

Flujo magnético o de inducción.

$$\phi = BS$$

donde:

ϕ = flujo en maxwells

B = inducción en gauss

S = sección en cm²

Ejemplo:

¿Cuál será el flujo que recorre un circuito magnético de hierro, de 16 cm² de sección, si la inducción es 5 000 gauss?

$$\phi = 5\,000 \times 16 = 80\,000 \text{ maxwells}$$

b) INTENSIDAD DE CAMPO EN EL INTERIOR DE UN SOLENOIDE

$$H = 1.25 \frac{NI}{l}$$

donde:

H = intensidad en gauss

N = número de espiras.

l = intensidad de corriente en amperes

l = longitud del solenoide en cm.

Ejemplo:

¿Cuál será la intensidad del campo en el interior de un solenoide que tiene 2 000 espiras y una longitud de 10 cm si es recorrido por una corriente de 5 amperes?

$$H = 1.25 \frac{2\,000 \times 5}{10} = 1\,250 \text{ gauss}$$

c) INDUCCIÓN MAGNÉTICA

$$B = \mu H = \frac{\mu NI}{l}$$

donde:

B = inducción en gauss

H = intensidad de campo en: amper - vuelta / cm

μ = permeabilidad del núcleo

Ejemplo:

¿Cuál será la inducción en el interior de un circuito magnético formado por chapa de transformador, que tiene una

longitud de 50 cm, enrolladas 400 espiras y es recorrido por una corriente de 2 amperes?

$$H = \frac{2 \times 400}{50} = 16 \text{ amperes-vuelta/cm}$$

Para H = 16 se tiene una inducción B = 12 800 gauss

La permeabilidad para ese valor de H será:

$$\mu = \frac{B}{H} = \frac{12\,800}{16} = 800$$

**d) PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR HISTÉRESIS.
FÓRMULA DE STEINMETZ**

$$P = \frac{\eta V f B^{1.6}}{10^7}$$

donde:

P = pérdidas en watts

V = volumen del material en cm³

f = frecuencia en Hertz

B = inducción en gaussess

η = coeficiente de histéresis según el material

VALORES DE η PARA ALGUNOS MATERIALES:

Chapa de hierro recocida	0.001
Plancha de hierro delgada	0.003
Plancha de hierro gruesa	0.003 5
Plancha de hierro ordinaria	0.004
Hierro fundido	0.16
Fundición gris	0.018 3

Acero fundido recocido	0.008
Acero dulce	0.009 5
Acero fundido	0.012 5
Acero al manganeso forjado	0.005 95
Acero al tungsteno templado	0.057 8
Acero al silicio (3-4% Si)	0.000 8

Ejemplo:

¿Cuál será la potencia perdida por histerésis en el núcleo de un transformador cuyas chapas de acero al silicio tienen un volumen de 40 dm³, si la inducción máxima es de 6 000 gaussess y la frecuencia 50 Hz?

$$P = \frac{0.000 8 \times 40 000 \times 50 \times 6 000^{1.6}}{10^7} = 177.48 \text{ Watts}$$

$$6 000^{1.6} = 1 109 282.1$$

Nota: Cuando la inducción es superior a 7 000 gaussess, en la fórmula de Steinmetz se pone B² en lugar de B^{1.6}

**e) PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR
CORRIENTES DE FOUCAULT**

$$P = \sigma \left(\frac{f}{100} \times \frac{B}{10 000} \right)^2 G.$$

donde:

P = pérdidas en watts

f = frecuencia en Hertz

B = inducción en gaussess

G = peso del núcleo en kg

σ = coeficiente que depende de la resistividad del material y espesor de las chapas.

Valores de σ para las chapas magnéticas del espesor y % de Si que se indican:

% Si (SILICIO)	ESPESOR CHAPAS EN mm		
	0.35	0.55	0.63
0.5	1.68	4.0	5.25
1.0	1.17	2.75	3.75
2.5	0.65	1.55	2.0
3.5	0.46	1.2	1.6
4.5	0.40	1.0	1.3

Ejemplo:

¿Cuál será la pérdida de energía por corrientes de Foucault en el núcleo de un transformador que pesa 300 kg, formado por chapa magnética de contenido de 4.5% de silicio y 0.55 mm de espesor, siendo la inducción máxima 12 000 gaussess y la frecuencia 50 Hz?

Para chapa con 4.5% Si y 0.55 mm: σ = 1.

$$P = 1 \left(\frac{50 \times 12 000}{100 \times 10 000} \right)^2 300 = 108 \text{ Watts}$$

1.4.3 CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

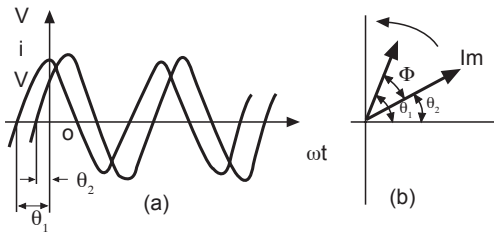
a) DESFASAMIENTO ENTRE TENSIÓN ELECTRICA E INTENSIDAD DE CORRIENTE

FRECUENCIA ANGULAR (ω)

$$\omega = 2\pi f \text{ (radianes x segundo)}$$

f = frecuencia en Hertz

$$T = \frac{1}{f} \text{ donde: } T = \text{período}$$



Valor máximo de la tensión o intensidad (V_0, I_0) es la amplitud del ciclo correspondiente; valor medio (V_m, I_m) es la medida de los valores instantáneos durante un ciclo.

$$\sqrt{\frac{\sum u}{m}} \text{ ; valor eficaz (Vef, Ief) es la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los valores instantáneos } \sqrt{\frac{\sum}{m}}$$

Estos valores son exactos cuando el número de mediciones o valores instantáneos m es infinito.

$$V_m = 0.63 V_0 \\ I_m = 0.63 I_0$$

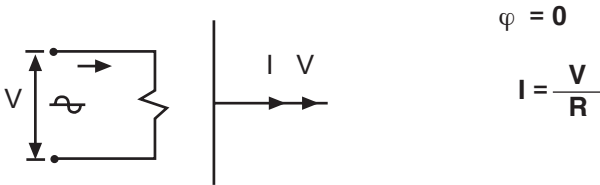
$$V_{ef} = 0.707 V_0 \\ I_{ef} = 0.707 I_0$$

b) CIRCUITO CON RESISTENCIA PURA

La intensidad de corriente está en fase con la tensión.

CIRCUITO

DIAGRAMA VECTORIAL



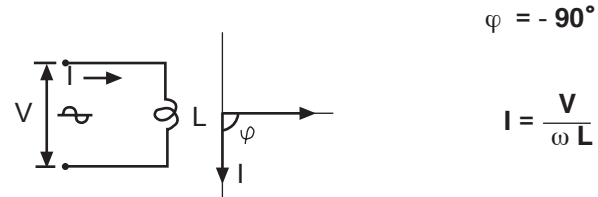
$$\varphi = 0 \\ I = \frac{V}{R}$$

c) CIRCUITO CON INDUCTANCIA PURA

La intensidad se retrasa 90° respecto a la tensión.

CIRCUITO

DIAGRAMA VECTORIAL



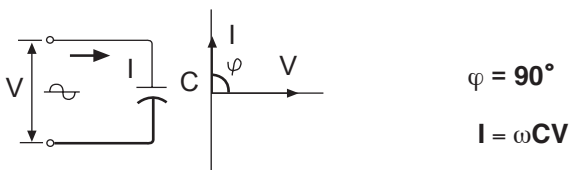
$$\varphi = -90^\circ \\ I = \frac{V}{\omega L}$$

d) CIRCUITO CON CAPACITANCIA PURA

La corriente se adelanta 90° con respecto a la tensión.

CIRCUITO

DIAGRAMA VECTORIAL

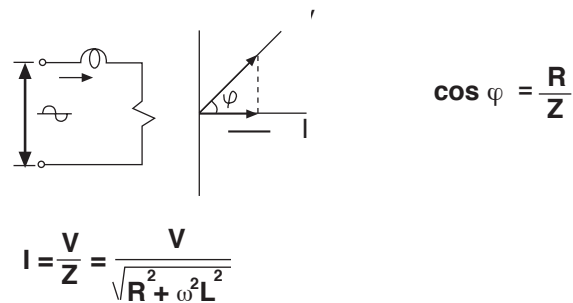


$$\varphi = 90^\circ \\ I = \omega CV$$

e) INDUCTANCIA Y RESISTENCIA EN SERIE

CIRCUITO

DIAGRAMA VECTORIAL



$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

donde:

R = resistencia en ohms

ω = frecuencia angular

L = inductancia o autoinducción en henrys

Ejemplo:

Una bobina está sometida a una corriente alterna de 220 volts y 50 Hz. La resistencia óhmica de la bobina es de 3 ohms y su coeficiente de autoinducción de 0.02 henrys. Determinar la corriente que circulará por la bobina y el desfase entre la intensidad y la tensión eléctrica.

$$\omega = 2 \pi f = 314$$

$$I = \frac{220}{\sqrt{3^2 + 314^2 \times 0.02^2}}$$

$$\cos \varphi = \frac{6}{6.95} = 0.8633$$

f) CAPACITANCIA Y RESISTENCIA EN SERIE

CIRCUITO

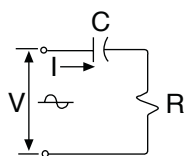
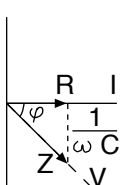


DIAGRAMA VECTORIAL



$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

C en farads

Ejemplo:

Un condensador de 10 microfarads y una resistencia de 60 ohms está unido en serie en un circuito a 220 volts y 50 Hz. Determinar la corriente que circulará por este circuito y el desfase entre la intensidad y la tensión eléctrica.

$$\omega = 2 \pi f = 314$$

$$I = \frac{220}{\sqrt{60^2 + \frac{1}{314^2 \times (10 \times 10^{-6})^2}}} = 0.68 \text{ A}$$

$$\frac{V}{I} = \frac{220}{0.68} = 323.53$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{60}{323.53} = 0.1855$$

g) RESISTENCIA, INDUCTANCIA Y CAPACITANCIA EN SERIE

CIRCUITO

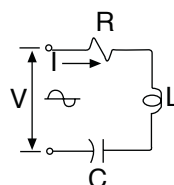
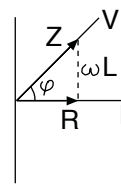


DIAGRAMA VECTORIAL



$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

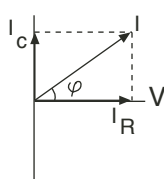
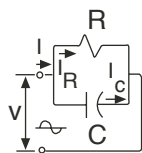
Ejemplo:

Un condensador de 20 microfarads y una bobina de 0.6 henrys y 100 ohms, están en serie en un circuito a 220 volts y 50 Hz. Determinar la intensidad de corriente que circula por este circuito y el desfase entre la intensidad y la tensión eléctrica.

$$I = \frac{220}{\sqrt{100^2 + (314 \times 0.6 - \frac{1}{314 \times 20 \times 10^{-6}})^2}} = 2.11 \text{ A}$$

$$\cos \varphi = \frac{100}{104} = 0.96$$

h) RESISTENCIA Y CAPACITANCIA EN PARALELO



$$I_R = \frac{V}{R}$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{R \sqrt{\frac{1}{R^2} + \omega^2 C^2}}$$

$$I = V \sqrt{\frac{1}{R^2} + \omega^2 C^2}$$

$$I_C = V \omega C$$

$$I = 220 \sqrt{\frac{1}{50^2} + 314^2 \times (4 \times 10^{-6})^2} = 4.41 \text{ A}$$

La corriente que circula por la resistencia es:

$$I_R = \frac{220}{50} = 4.4 \text{ A}$$

$$I_C = 220 \times 314 \times 4 \times 10^{-6} = 0.27 \text{ A}$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{50 \sqrt{\frac{1}{50^2} + 314^2 (4 \times 10^{-6})^2}} = 0.99$$

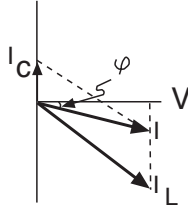
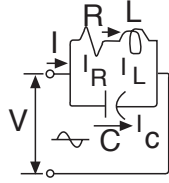
Ejemplo:

Un condensador de 4 microfarads y una resistencia de 50 ohms están derivados en un circuito a 220 volts y 50 Hz.

i) INDUCTANCIA Y RESISTENCIA EN SERIE, MÁS CAPACITANCIA EN PARALELO

CIRCUITO

DIAGRAMA VECTORIAL



$$I = \frac{V}{X_C \sqrt{\frac{R^2 + X_L^2}{R^2 + (X_L - X_C)^2}}}$$

$$X_L = \omega L$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$I_C = VC$$

$$I_L = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

Ejemplo:

Una bobina que tiene una inductancia de 0.8 henrys y 10 ohms de resistencia se enlaza en paralelo con un condensador de 15 microfarads, en un circuito a 220 volts y 50 Hz. Determinar la intensidad que circula por el circuito y la que circula por la bobina y por el condensador.

$$\omega = 2 \pi f = 314$$

$$X_C = \frac{10^6}{314 \times 15} = 212 \text{ ohms}$$

$$X_L = 314 \times 0.8 = 251 \text{ ohms}$$

$$I = \frac{220}{212 \sqrt{\frac{10^2 + 251^2}{10^2 + (251 - 212)^2}}} = 0.17 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{220}{212} = 1.04 \text{ A}$$

Y por la bobina:

$$I_L = \frac{220}{\sqrt{10^2 + 251^2}} = 0.88 \text{ A}$$

1.4.4 MÁQUINAS DE CORRIENTE DIRECTA

a) TENSIÓN PRODUCIDA POR UN GENERADOR

$$E = \frac{\phi n W}{60 \times 10^8}$$

Ejemplo :

¿Cuál será la f.e.m. producida por un generador cuyo inducido tiene 250 espiras y gira a 1 500 r.p.m. en un campo de 2 000 000 de maxwells?

$$E = \frac{2 \times 10^6 \times 1 500 \times 250}{60 \times 10^8} = 125 \text{ V}$$

b) TENSIÓN DISPONIBLE EN LOS BORNES

$$E_1 = E - R_i \times I$$

donde:

E = tensión en volts

E₁ = tensión entre bornes

R_i = resistencia del inducido en ohms

I = corriente que circula por el inducido

Ejemplo :

¿Qué tensión se dispondrá en los bornes de un generador, que en vacío produce 125 volts, y que al ser acoplado a un circuito exterior circulan por éste 50 amperes? La resistencia del inducido es de 0.05 ohms.

$$E_1 = 125 - 0.05 \times 50 = 122.5 \text{ V}$$

c) RENDIMIENTO ELÉCTRICO DE UN GENERADOR

$$\eta_e = \frac{E_1 \times I}{E_1 \times I + \text{pérdidas por calor}}$$

donde:

η_e = rendimiento eléctrico

E_1 = tensión en bornes, en volts

I = corriente máxima que puede suministrar en amperes

Ejemplo:

Un generador serie es capaz de suministrar 50 amperes a 110 volts; el inducido tiene una resistencia de 0.07 ohms y

el devando inductor 0.08 ohms ¿Cuál es su rendimiento eléctrico?

Pérdidas por efecto Joule: ($r I^2$):

$$(0.07 + 0.08) \times 50^2 = 375 \text{ watts}$$

$$\eta_e = \frac{110 \times 50}{110 \times 50 + 375} = 0.94$$

d) RENDIMIENTO INDUSTRIAL DE UN GENERADOR

$$\eta = \frac{E_1 \times I}{P \times 736}$$

donde:

η = rendimiento industrial

E_1 = tensión en bornes, en volts

I = corriente máxima que puede suministrar en amperes.

P = potencia mecánica en CV aplicable al eje del generador.

Ejemplo:

Un generador es capaz de suministrar una corriente de 30 amperes a 115 volts; el inducido del generador es movido por un motor de explosión de 6 CV. ¿Cuál es su rendimiento industrial?

$$\eta = \frac{115 \times 30}{6 \times 736} = 0.78$$

Nota: El rendimiento industrial es siempre menor que el eléctrico, toda vez que el primero contiene las pérdidas eléctricas en los hierros y las mecánicas por rozamiento. Ver a continuación rendimientos eléctrico o industrial, según su potencia con arreglos a las Normas VDE.*

* VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) Normas alemanas de la Asociación Electrotécnica

POTENCIA EN HP	RENDIMIENTOS (n)	
	ELÉCTRICO	INDUSTRIAL
0.10	0.77	0.55
0.50	0.80	0.60
0.75	0.82	0.65
1.00	0.85	0.70
2.00	0.87	0.75
3.60	0.90	0.80
7.12	0.92	0.85
14.20	0.95	0.90
24.50	0.96	0.92

e) MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

$$C = \frac{W \phi I}{2 \pi \times 9.8 \times 10^8}$$

donde:

C = par desarrollado con su polea en kgm.

W = número de espiras en el inducido.

I = corriente que alimenta el motor en amperes.

ϕ = flujo útil del campo en Maxwells.

Ejemplo:

Determinar el par motor en kgm de un motor cuyo inducido tiene 900 espiras, es atravesado por un flujo de 5 000 000 maxwells y consume una corriente de 15 amperes.

$$C = \frac{900 \times 5 \times 10^6 \times 15}{6.28 \times 9.8 \times 10^8} = 10.97 \text{ kgm}$$

¿Cuál será su potencia en CV si gira a 550 r.p.m.?

$$CV = \frac{2 \pi n C}{60 \times 75} = \frac{6.28 \times 550 \times 10.97}{60 \times 75} = 8.42$$

f) FUERZA CONTRAELECTROMOTRIZ DE UN MOTOR

$$e = E_1 - rI$$

donde:

- e = fuerza contraelectromotriz en volts.
- E_1 = tensión aplicada en los bornes en volts.
- r = resistencia interior en ohms.
- I = corriente que consume el motor en amperes.

Ejemplo:

¿Cuál es la fuerza contraelectromotriz (f.c.e.m.) de un motor serie, que al aplicarle una tensión en bornes de 100 volts consume una corriente de 10 amperes, y la resistencia del inducido y del inductor es de 1.5 ohms?

$$e = 110 - 1.5 \times 10 = 95 \text{ V}$$

g) VELOCIDAD DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA

$$n = \frac{(E_1 - rI) \times 60 \times 10^8}{w \phi}$$

donde:

- n = r.p.m. (revoluciones por minuto)
- E_1 = tensión aplicada en volts.
- r = resistencia interior en ohms.
- I = corriente que consume el motor en amperes.
- w = número espiras rotor.
- ϕ = flujo útil del campo en maxwells.

Ejemplo:

Determinar la velocidad de rotación en r.p.m. de un motor con las siguientes características: tensión aplicada 110 volts; resistencia interior 0.2 ohms; intensidad que absorbe el motor 10 amperes, flujo útil 2 000 000 maxwells; número espiras rotor 650.

$$n = \frac{(110 - 0.2 \times 10) \times 60 \times 10^8}{650 \times 2 \times 10^6} = 498 \text{ r.p.m.}$$

h) RENDIMIENTO ELÉCTRICO DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA

$$\eta_e = \frac{e}{V}$$

donde:

- η_e = rendimiento eléctrico.
- e = fuerza contraelectromotriz en volts.
- V = tensión aplicada en los bornes en volts.

Ejemplo:

¿Cuál es el rendimiento eléctrico de un motor que al aplicarle la tensión de 125 volts, desarrolla una f.c.e.m. de 118 volts?

$$\eta_e = \frac{118}{125} = 0.94$$

i) RENDIMIENTO INDUSTRIAL DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA

$$\eta = \frac{P}{VI}$$

donde:

- η = rendimiento industrial.
- P = potencia obtenida al freno en watts.
- V = tensión aplicada en bornes en volts.
- I = corriente que consume el motor en amperes.

Ejemplo :

Un motor de corriente continua que funciona con una tensión de 115 volts consume una corriente de 10 amperes. En prueba al freno se obtiene una potencia de 750 watts. ¿Cuál es su rendimiento industrial, y a cuánto ascienden las pérdidas por rozamientos y por histéresis y corrientes de Foucault en el hierro, si su resistencia interna es de 1.5 ohms?

$$\eta = \frac{750}{115 \times 10} = 0.65$$

Las pérdidas totales serán:

$$1150 - 750 = 400 \text{ watts.}$$

Pérdidas por calor en el cobre:

$$r I^2 = 1.5 \times 10^2 = 150 \text{ watts.}$$

Luego las pérdidas por rozamientos, histéresis y Foucault, serán:

$$400 - 150 = 250 \text{ watts.}$$

1.4.5 MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA

a) FRECUENCIA DE LA TENSIÓN DE UN ALTERNADOR

$$f = \frac{np}{60}$$

donde:

f = frecuencia en hertz. (c.p.s.)

p = número de pares de polos.

n = r.p.m.

Ejemplo:

¿Cuál será la frecuencia de un alternador hexapolar que gira a una velocidad de 1 000 r.p.m.?

$$f = \frac{1\ 000 \times 3}{60} = 50 \text{ Hz (c.p.s.)}$$

b) TENSIÓN QUE PRODUCE UN ALTERNADOR

$$E = \frac{4 \phi fw}{10^8} \times \epsilon \times 1.11$$

donde:

E = tensión eficaz (f.e.m.) en volts.

ϕ = flujo útil en maxwells.

f = frecuencia en hertz. (c.p.s.)

w = número total espiras de la máquina.

ϵ = coeficiente de enrollamiento (para las corrientes bifásicas vale 0.91 y para las trifásicas 0.96).

Ejemplo:

Se desea conocer la tensión (f.e.m.) que producirá un alternador monofásico, cuyas bobinas en serie en número de 6 tienen 15 espiras cada una, atravesadas por un flujo de 1 000 000 de maxwells, siendo de 50 Hz la frecuencia de la corriente que produce.

$$E = \frac{4 \times 1 \times 10^6 \times 50 \times 6 \times 15}{10^8} \times 0.91 \times 1.11 = 181.8 \text{ V}$$

Nota: El número de espiras activas del inducido de un alternador monofásico será el total de las mismas; en los bifásicos será w/2, y en los trifásicos w/3. Estos valores son los que intervienen en la fórmula anterior.

c) RENDIMIENTO DE UN ALTERNADOR TRIFÁSICO

$$\eta = \frac{VI\sqrt{3} \cos \phi}{VI\sqrt{3} \cos \phi + P_c + P_h}$$

donde:

V = tensión que produce el alternador en volts.

I = corriente en amperes.

P_c = pérdida por calor en estator y rotor.

P_h = pérdidas en el hierro y rozamiento.

Ejemplo:

Determinar el rendimiento de un alternador trifásico de las características siguientes: tensión que produce en los bornes 220 volts, intensidad y $\cos \phi$ nominales 30 amperes y 0.8, resistencia de una fase del estator 0.1 ohm, del rotor 0.15; la corriente inductora que circula por el estator es de 25 amperes.

$$P_c = 3 r_1 I_1^2 + 3 r_2 I_2^2 = 3 \times 0.1 \times 30^2 + 3 \times 0.15 \times 25^2 = 270 + 281 = 551 \text{ watts.}$$

$P_h = 65 \times 12 = 780 \text{ watts}$ (correspondientes aproximadamente a 65 watts x HP de potencia según tabla que figura a continuación).

$$\eta = \frac{220 \times 30 \times 1.73 \times 0.8}{220 \times 30 \times 1.73 \times 0.8 + 551 + 780} = 0.87$$

Pérdidas aproximadas en el hierro y por rozamientos en las máquinas de corriente alterna en vacío (sin gran error pueden tomarse también estos valores para la marcha con carga).

POTENCIA HP	0.5	1	2	3	5	10	50	100
Pérdidas en watts x HP	140	100	85	80	75	65	40	35

Nota: Si el alternador fuera monofásico se pondría en la fórmula, $VI \cos \phi$

d) VELOCIDAD DE UN MOTOR SÍNCRONO

$$n = \frac{60 f}{p}$$

donde:

n = r.p.m.

f = frecuencia en hertz (c.p.s.).

p = número pares de polos.

Ejemplo:

¿Cuál será la velocidad en r.p.m. de un motor síncrono trifásico, hexapolar, alimentado por una corriente de 50 Hz?

$$n = \frac{60 \times 50}{3} = 1\ 000 \text{ r.p.m.}$$

e) DESLIZAMIENTO DE UN MOTOR ASÍNCRONO

$$\sigma = \frac{(n-n_1) 100}{n}$$

donde:

σ = deslizamiento de motor asíncrono.

n = velocidad en r.p.m. del campo de giro.

n_1 = velocidad en r.p.m. del rotor.

Ejemplo:

¿Cuál será el deslizamiento de un motor trifásico tetrapolar que gira a 1 450 r.p.m. y es alimentado por una corriente de 50 Hz?

$$n = \frac{60 \times 50}{2} = 1\ 500 \text{ r.p.m.}$$

$$\sigma = \frac{(1\ 500 - 1\ 450) 100}{1\ 500} = 3.33\%$$

f) REÓSTATO DE ARRANQUE

$$x = \left(\frac{l'}{l}\right) R - R$$

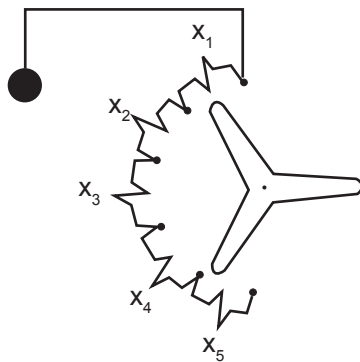
$$x_1 = \left(\frac{l'}{l} - 1\right) R$$

$$x_2 = \frac{l'}{l} x_1$$

$$x_3 = \frac{l'}{l} x_2$$

$$x_4 = \frac{l'}{l} x_3$$

$$x_5 = \frac{l'}{l} x_4$$



Determinar las resistencias de las 5 secciones del reóstato, si para la relación $\frac{l'}{l}$ se tomara un valor de 1.75.

$$X = 1.75^5 \times 0.2 - 0.2 = 3.08 \text{ ohms.}$$

$$X_1 = (1.75-1) \times 0.2 = 0.15 \text{ ohms.}$$

$$X_2 = 1.75 \times 0.15 = 0.26 \text{ ohms.}$$

$$X_3 = 1.75 \times 0.26 = 0.455 \text{ ohms.}$$

$$X_4 = 1.75 \times 0.455 = 0.796 \text{ ohms.}$$

$$X_5 = 1.75 \times 0.796 = 1.393 \text{ ohms.}$$

donde:

l' = corriente de arranque en amperes.

l = corriente normal a plena carga en amperes.

R = resistencia de una fase del rotor en ohms.

X = resistencia total en una fase del reóstato, ohms.

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 = resistencias parciales de las secciones del reóstato, en ohms.

n = número de secciones del reóstato.

Ejemplo:

Se desea construir un reóstato de arranque con cinco taps o contactos para un motor trifásico de rotor devandado de las siguientes características: potencia efectiva 15 HP, consumo de energía 12.6 kw, resistencia de una fase del rotor 0.2 ohms.

La relación entre la corriente de arranque y la de plena carga para los motores comprendidos entre 5 y 15 kW no debe ser superior a 2, $\left(\frac{l'}{l} \leq 2\right)$

1.4.6 TRANSFORMADORES

a) RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{W_1}{W_2}$$

donde:

Los subíndices 1 indican los valores de la tensión, corriente y número de espiras en el primario; los subíndices 2, en el secundario.

Esta relación es aproximada y se cumple entre espiras y tensiones cuando el transformador trabaja en vacío, y entre espiras e intensidades cuando lo hace a plena carga.

En los transformadores trifásicos, se cumple únicamente para las tensiones simples y cuando tienen las mismas conexiones estrella-estrella o delta-delta.

b) NÚMERO DE ESPIRAS POR VOLT EN DEVANADOS PRIMARIO Y SECUNDARIO

$$\frac{W}{V} = \frac{10^8}{4.44 f \phi}$$

donde:

$\frac{W}{V}$ = número de espiras por volt

ϕ = flujo máximo en maxwells.

f = frecuencia en hertz. (c.p.s.)

Ejemplo:

Determinar el número de espiras que deberán tener el primario y secundario de un transformador de tensión monofásico de relación 1 500/220 volts, sabiendo que la sección útil del núcleo de hierro es de 45 cm², la inducción máxima 10 000 gaussess y la frecuencia 50 Hz.

$$\phi = B \times S = 10\ 000 \times 45 = 450\ 000 \text{ maxwells.}$$

Espiras x volt:

$$\frac{W}{V} = \frac{10^8}{4.44 \times 50 \times 450\ 000} = 1.001 \text{ espiras x volt}$$

Espiras del primario:

$$1\ 500 \times 1.001 = 1\ 501.5 \text{ espiras}$$

Espiras del secundario:

$$220 \times 1.001 = 220.2 \text{ espiras}$$

c) SECCIÓN DEL NÚCLEO

$$S = K \sqrt{P}$$

donde:

S = sección útil del núcleo en cm²

P = potencia del transformador kVA

K = coeficiente constante del hierro

El coeficiente K se obtiene experimentalmente para cada clase de hierro y forma de núcleo; para chapa de hierro que trabaja con inducciones máximas de 12 a 14 000 gaussess y para transformadores trifásicos de columnas, su valor aproximado es K = 15.

Ejemplo:

¿Cuál será la sección útil de un transformador trifásico de 200 kVA con núcleo en columnas, trabajando el hierro con una inducción máxima de 13 000 gaussess?.

$$S = 15 \sqrt{200} = 212.13 \text{ cm}^2$$

Teniendo en cuenta el aislamiento de las chapas:

$$\frac{212.13}{0.9} = 235.70 \text{ cm}^2$$

d) PÉRDIDAS EN EL COBRE

$$W_c = r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2$$

donde:

Wc = pérdidas en el cobre en watts

r₁ y r₂ = resistencia del primario y secundario en ohms.

I₁ e I₂ = corriente en el primario y secundario en amperes.

Ejemplo:

¿Cuál será la pérdida de energía en el cobre de un transformador monofásico, sabiendo que las resistencias del primario y secundario en corriente continua son de 35 y 0.1 ohms, y las corrientes que los recorren de 6 y 27.5 amperes respectivamente?

$$W_c = 35 \times 6^2 + 0.1 \times 27.5^2 = 1\,335.6 \text{ watts}$$

Nota: En los transformadores trifásicos el valor será: $3 (r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2)$

f) RENDIMIENTO DE TRANSFORMADORES

$$\eta = \frac{W_u}{W_u + W_c + W_h}$$

donde:

η = rendimiento del transformador.

W_u = potencia útil en el secundario en watts.

W_c = pérdidas en el cobre en watts.

W_h = pérdidas en el hierro en watts.

Ejemplo:

¿Cuál es el rendimiento de un transformador de 10 000 watts, si las pérdidas en el cobre ascienden a 222 watts y las del hierro a 378 watts?

$$\eta = \frac{10\,000}{10\,000 + 222 + 378} = 0.94$$

e) PÉRDIDAS EN EL HIERRO

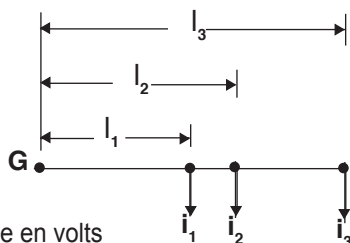
Comprenden la suma de las pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault cuyas fórmulas figuran anteriormente.

1.4.7 LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN, CORRIENTE DIRECTA

a) LÍNEAS ABIERTAS, CONSTRUCCIÓN RADIAL

Nota: En las líneas de baja tensión, la caída máxima admisible prescrita por la NOM es de 3%.

$$s = \frac{2\rho}{\delta} \sum i l$$



donde:

δ = caída de tensión admisible en volts

i = corriente de amperes

s = sección del cobre mm²

V = tensión en el extremo del generador en volts

ρ = resistividad del cobre = $\frac{1}{56}$

l = distancia en metros

$\delta = \frac{3 \times V}{100} =$ caída de tensión admisible en volts

$\sum i l = i_1 l_1 + i_2 l_2 + i_3 l_3 + \dots + i_n l_n$ en amperes y en metros

Ejemplo:

Calcular la sección que deberá darse a una línea bifilar a 220 volts, sabiendo que tiene conectados tres motores que consumen 5, 10 y 12 amperes, y que las distancias de estos motores al punto de conexión de la red es de 40, 100 y 130 metros respectivamente.

$$\delta = \frac{3 \times 220}{100} = 6 \text{ volts.}$$

$$s = \frac{2}{56 \times 6} (5 \times 40 + 10 \times 100 + 12 \times 130) = 16.43 \text{ mm}^2$$

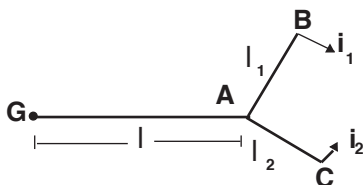
Se adoptaría la sección superior normalizada de 16.76 mm² = 5 AWG.

b) LÍNEAS CON FINALES RAMIFICADOS

$$s_{GA} = \frac{2\rho}{\delta_{GA}} (i_1 + i_2) l$$

$$s_{AB} = \frac{2\rho}{\delta_{AB}} i_1 l_1$$

$$s_{AC} = \frac{2\rho}{\delta_{AC}} i_2 l_2$$



s = sección en mm².

$\rho = \frac{1}{56}$ para el cobre.

i = corriente en amperes.

δ = caída de tensión en volts.

Se fijan arbitrariamente las caídas de tensión en el tramo GA y en los ramales AB y AC, de forma que la caída total admisible (3%) sea igual a $\delta_{GA} + \delta_{AB}$

Ejemplo:

Calcular las secciones que deberán darse a una línea con 2 ramales unifilares y la de cada uno de estos ramales, sabiendo que:

$V = 220$ volts; longitud $l = 150$ metros;

$i_1 = 35$ amperes; $l_1 = 80$ metros;

$i_2 = 20$ amperes; $l_2 = 120$ metros.

La caída de tensión en los ramales se fija en 1 % y en la línea general 2%.

$$\delta_{GA} = \frac{2 \times 220}{100} = 4.4 \text{ volts}$$

$$\delta_{AC} = \delta_{AB} = \frac{1 \times 220}{100} = 2.2 \text{ volts}$$

$$s_{GA} = \frac{2}{56 \times 4.4} (35 + 20) \times 150 = 66.96 \text{ mm}^2$$

Se adoptará la sección normal de 67.43 mm² = 2/0 AWG
Sección para el ramal AB:

$$s_{AB} = \frac{2}{56 \times 2.2} \times 35 \times 80 = 45.45 \text{ mm}^2$$

Se adoptará la sección normal de 53.48 mm² = 1/0 AWG.

Sección para el ramal AC:

$$s_{AC} = \frac{2}{56 \times 2.2} \times 20 \times 120 = 38.96 \text{ mm}^2$$

Se adoptará la sección de 42.41 mm² = 1 AWG.

Nota: Para que el volumen del cobre sea el mínimo a utilizar, las caídas entre los puntos GA y GB se eligen de forma que la caída de tensión entre los puntos G y A sea:

$$\delta_{GA} = \frac{\delta_{GB}}{1 + \sqrt{\frac{i_1 l_1^2 + i_2 l_2^2}{(i_1 + i_2) l^2}}}$$

de acuerdo al problema anterior, δ_{GB} sería:

$$\delta_{GB} = \frac{3 \times 220}{100} = 6.6 \text{ volts}$$

$$\delta_{GA} = \frac{6.6}{1 + \sqrt{\frac{35 \times 80^2 + 20 \times 120^2}{(35 + 20) 150^2}}} = 4.02 \text{ V}$$

Para mayor exactitud, se pondría $\delta_{GA} = 4.02 \text{ V}$ en lugar de 4.4 que se ha fijado arbitrariamente, siendo $\delta_{AC} = \delta_{AB} = 6.6 - 4.02 = 2.58 \text{ V}$

c) LÍNEAS CON DOBLE ALIMENTACIÓN

Se determina el punto de mínima (M) que es el que menos tensión tiene y al cual fluye corriente desde los dos puntos de alimentación. La sección se calcula suponiendo una caída de tensión igual a la admisible hasta este punto de mínima.

La corriente x que fluye desde A es:

$$x = i_1 + i_2 + i_3 - \frac{i_1 l_1 + i_2 l_2 + i_3 l_3}{l}$$

La corriente y que fluye desde B es:

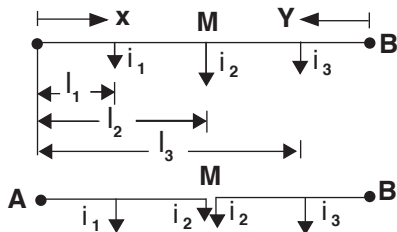
$$y = \frac{i_1 l_1 + i_2 l_2 + i_3 l_3}{l}$$

La corriente en el punto de mínima es:

$$i_2 = i_2' + i_2''$$

donde:

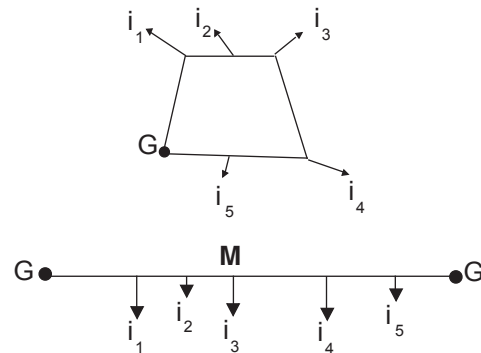
$$i_2' = y - i_3 \quad i_2'' = x - i_1$$



Las secciones de los tramos AM y BM se determinarán como en el caso a, de líneas abiertas.

d) LÍNEAS EN ANILLO

Se suponen abiertas por el punto de alimentación y se calculan las secciones de la misma forma que en el caso c, determinando el punto de mínima M.



1.4.8 LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN CORRIENTE ALTERNA

a) LÍNEA MONOFÁSICA ABIERTA

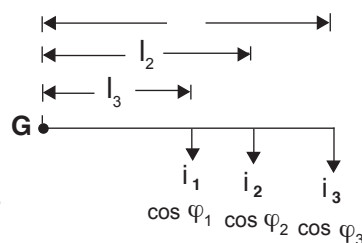
Nota: En corriente alterna es necesario tener en cuenta el desfase entre las tensiones y corrientes que producen los receptores que deban conectarse a la red. No suele tenerse en cuenta los efectos de inducción y capacitancia entre los propios conductores de energía.

$$s = \frac{2\rho}{\delta} \Sigma (i \cos \varphi l)$$

donde :

cos φ = factor de potencia
 s = sección en mm² .
 i = corriente en amperes.
 l = distancia en metros.

$$\rho = \frac{1}{56} \text{ para el cobre}$$



Ejemplo:

Calcular la línea monofásica representada en la figura, sabiendo que V = 220 volts;

$$i_1 = 10 \text{ amp.}, l_1 = 50 \text{ m}, \cos \varphi_1 = 0.8$$

$$i_2 = 8 \text{ amp.}, l_2 = 60 \text{ m}, \cos \varphi_2 = 1$$

$$i_3 = 5 \text{ amp.}, l_3 = 100 \text{ m}, \cos \varphi_3 = 0.85$$

Caída de tensión admisible 1.5%.

$$\delta = \frac{220 \times 1.5}{100} = 3.3 \text{ V}$$

$$s = \frac{2}{56 \times 3.3} \times (10 \times 0.8 \times 50 + 8 \times 1 \times 60 + 5 \times 0.85 \times 100)$$

$$= 55.5 \text{ mm}^2$$

b) LÍNEAS TRIFÁSICAS ABIERTAS

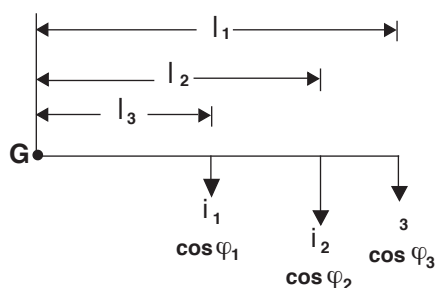
$$s = \frac{\rho}{\delta} \sqrt{3} \Sigma (i \cos \varphi l)$$

donde:

s = sección de las fases en mm²
 i = corriente en amperes.
 l = distancias en metros.
 cos φ = factor de potencia

$$\rho = \frac{1}{56} \text{ para el cobre}$$

$$\sqrt{3} = 1.732 \text{ 1}$$



Ejemplo :

Calcular la sección de una línea trifásica con neutro representada en la figura, sabiendo que la tensión entre fases es de 220 volts, y tiene conectados tres receptores con las siguientes características:

$$i_1 = 12 \text{ A}, \cos \varphi_1 = 0.75, l_1 = 30 \text{ m.}$$

$$i_2 = 5 \text{ A}, \cos \varphi_2 = 0.8, l_2 = 50 \text{ m.}$$

$$i_3 = 10 \text{ A}, \cos \varphi_3 = 1, l_3 = 80 \text{ m.}$$

Caída de tensión admisible 1.5%.

$$\delta = \frac{220 \times 1.5}{100} = 3.3 \text{ V}$$

$$s = \frac{1}{56 \times 3.3} \times 1.732 \text{ 1} (12 \times 0.75 \times 30 + 5 \times 0.8 \times 50 + 10 \times 1 \times 80)$$

$$= 11.9 \text{ mm}^2$$

Se adoptaría la sección superior normalizada de 16.76 mm² = 5 AWG

Para el neutro se toma una sección de $\frac{S}{2}$ ó $\frac{S}{3}$

En este ejemplo se podría tomar para la sección del neutro 6 mm².

Observación: Todos los casos presentados en líneas abiertas y cerradas de corriente directa se presentan en corriente alterna monofásica y trifásica, resolviendo de forma análoga, añadiendo a aquellas fórmulas el cos φ y en las trifásicas la $\sqrt{3}$.

1.4.9 LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN CORRIENTE ALTERNA

a) CAÍDA DE TENSIÓN POR KILÓMETRO DE LÍNEA TRIFÁSICA

En las líneas aéreas de A.T. es necesario tener en cuenta la inducción entre los conductores, y cuando son de gran longitud o subterráneas se debe tener en cuenta el efecto de capacitancia entre los conductores y entre éstas y tierra.

$$e = I \sqrt{3} (R \cos \varphi + \omega L \sin \varphi)$$

donde:

e = caída de tensión en volts.

I = corriente en la línea en amperes.

cos φ = factor de potencia.

ω = frecuencia angular $2 \pi f$

L = inductancia en henrys/km.

El valor de L para conductores en conexión delta es de:

$$L = \left(0.05 + 0.46 \log \frac{2a}{d} \right) 10^{-3}$$

donde:

L = inductancia en henrys/km.

a = separación entre los conductores en mm.

d = diámetro del conductor en mm.

Ejemplo :

Hallar la caída de tensión y de potencia en % en una línea trifásica que debe tener las siguientes características: potencia a transportar 200 kVA; frecuencia 50 Hz;

cos φ 0.8; tensión 15 000 volts; longitud de la línea 5 km; diámetro de los conductores de cobre 3.5 mm; separación entre los conductores dispuestos en triángulo equilátero 0.85 metros.

$$I = \frac{200\,000}{1.73 \times 15\,000} = 7.70 \text{ A}$$

Resistencia:

$$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{0.016 \times 1\,000}{9.62} = 1.66 \text{ ohms/km}$$

Inductancia:

$$L = \left(0.05 + 0.46 \log \frac{2 \times 850}{3.5} \right) 10^{-3} = 0.001\,29 \text{ henrys/km}$$

$$\omega L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.001\,29 = 0.404 \text{ henrys/km}$$

$$\cos \varphi = 0.8 \quad \sin \varphi = 0.6.$$

Caída de tensión:

$$e = 7.70 \times 1.73 (1.66 \times 0.8 + 0.404 \times 0.6) = 20.92 \text{ V}$$

La caída de tensión total en los 5 km de línea será:

$$20.92 \times 5 = 104.60 \text{ V}$$

Que representará:

$$\frac{104.60 \times 100}{15\,000} = 0.70 \% \text{ de caída de tensión}$$

b) PÉRDIDA DE POTENCIA EN UNA LÍNEA TRIFÁSICA

$$P = 3(R I^2 l)$$

donde:

P = pérdidas en watts.

R = resistencia en ohms/km.

I = corriente en la línea en amperes.

l = longitud línea en km.

Tomando el ejemplo de a, la pérdida de potencia será:

$$P = 3 (7.70^2 \times 1.66 \times 5) = 1\,476 \text{ watts.}$$

Que representará:

$$\frac{1\,476 \times 100}{200\,000 \times 0.8} = 0.92 \% \text{ de pérdida de potencia.}$$

1.4 .10 FÓRMULAS MECÁNICAS DE APLICACIÓN EN ELECTRICIDAD

a) LÍNEAS AÉREAS

Ecuación del cambio de condiciones:

Para el cobre:

$$t_2^2 \left[t_2 + 0.0423 \frac{a^2 m_1^2}{t_1^2} + 0.217 (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right] = 0.0423 a^2 m^2$$

Para el aluminio:

$$t_2^2 \left[t_2 + 0.0020 \frac{a^2 m_1^2}{t_1^2} + 0.115 (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right] = 0.0020 a^2 m^2$$

Para el acero:

$$t_2^2 \left[t_2 + 0.0736 \frac{a^2 m_1^2}{t_1^2} + 0.382 (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right] = 0.0736 a^2 m^2$$

donde:

a = claro del conductor en metros.

t₂ = tensión específica de montaje en kg/mm²

t₁ = tensión específica en kg/mm² a que está sometido el conductor por causa del cambio de condiciones.

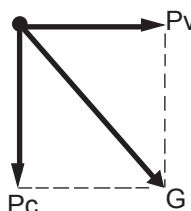
θ₂ = temperatura en grados Celsius, en el momento del tendido.

θ₁ = temperatura en grados Celsius al cambiar las condiciones.

m = coeficiente de sobrecarga en el conductor durante el tendido (se admite que no hay viento = 1).

m₁ = coeficiente de sobrecarga en el conductor al variar las condiciones = G/P_c, siendo G la fuerza resultante del peso del conductor en el claro y la acción del viento de 60 kg sobre el mismo; y P_c el peso del conductor en el claro.

Ejemplo: Calcular la tensión específica a que estará sometido un conductor de cobre de 3 mm de diámetro (7.07 mm² de sección), si los claros son de 30 m; la tensión de montaje de 3kg/mm², la temperatura durante el tendido 15°C sin viento, y que la temperatura al variar las condiciones será 6.9°C.



Primero se calculará $m_1 = \frac{G}{P_c}$

$$P_c = 7.07 \times 30 \times 8.9 \times 10^{-3} = 1.89 \text{ kg.}$$

La acción del viento de 60 kg sobre este conductor será:

$$P_v = 0.6 \times 30 \times 3 \times 60 \times 10^{-3} = 3.24 \text{ kg.}$$

La fuerza resultante G será:

$$G = \sqrt{P_c^2 + P_v^2} = \sqrt{1.89^2 + 3.24^2} = 3.75 \text{ kg}$$

$$\text{Por lo que } m_1 = \frac{G}{P_c} = \frac{3.75}{1.89} = 1.98$$

Y aplicando ahora la ecuación para el cobre:

$$3^2 \left[3 + 0.0423 \frac{30^2 \times 1.98^2}{t_1^2} + 0.217(15 + 6.9) - t_1 \right] = 0.0423 \times 30^2 \times 1.98^2$$

Resolviendo la ecuación, se tiene que t₁ = 3.48 kg/mm²

Considerando que el trabajo máximo del cobre sea 2/3 del de ruptura (40 kg/mm²), el conductor trabajaría con un coeficiente de seguridad de $40 \times \frac{2}{3} / 3.48 = 7.7$

b) FLECHA DEL CONDUCTOR

$$f = \frac{a^2 P}{8s t_1}$$

donde:

f = flecha en metros.

a = longitud del claro en metros

P = peso y carga de un metro de conductor en kg.

s = sección del conductor en mm²

t₁ = tensión específica a considerar en kg/mm²

Ejemplo:

Calcular la flecha que tendrá un conductor de cobre de 3 mm de diámetro, sabiendo que los claros son de 30 metros y la tensión específica de montaje de 3.5 kg/mm².

El peso de un metro de conductor es:

$$P = 7.07 \times 8.9 \times 10^{-3} = 0.0629 \text{ kg.}$$

$$f = \frac{30^2 \times 0.0629}{8 \times 7.07 \times 3.5} = 0.29 \text{ m}$$

c) APOYOS DE MADERA

Esfuerzo transversal horizontal:

$$R = \frac{1\ 000\ M}{d^3}$$

donde:

R = esfuerzo de trabajo a flexión en la sección de empotramiento en kg/cm².

M = momento flector en kgm.

d = diámetro del poste en cm, en el empotramiento.

Ejemplo:

Calcular el esfuerzo de trabajo a flexión en un poste de madera que tiene una altura libre de 8.4 metros, sabiendo que la presión del viento de 60 kg produce los siguientes momentos flectores parciales: sobre el poste, 215 kgm; sobre aisladores, 12 kgm; sobre crucetas, 15 kgm y sobre los tres conductores 75 kgm. El diámetro del poste en la sección de empotramiento es de 20 cm.

El momento flector total será:

$$M = 215 + 12 + 15 + 75 = 317\ \text{kgm.}$$

$$R = \frac{1\ 000 \times 317}{20^3} = 39.6\ \text{kg/cm}^2$$

Nota: Para la madera se admite un esfuerzo de trabajo de 550 kg/cm² afectado del coeficiente de seguridad señalado para el caso en estudio.

Esfuerzos verticales:

$$R_c = \frac{P}{s} \left(1 + K \frac{s^2}{m\ l} \right) 100$$

donde:

R_c = esfuerzo de trabajo a compresión en la sección de empotramiento en kg/mm².

P = peso total en kg (poste, crucetas, aisladores, conductores, etc.)

s = sección empotramiento en mm².

l = longitud libre del poste en m.

I = momento inercia mínimo sección empotramiento en cm⁴

K = coeficiente, para la madera 0.02.

m = coeficiente, un extremo libre y el otro empotrado = 0.25

Ejemplo:

Calcular el esfuerzo de trabajo a compresión en un poste de madera de 10 m de longitud y 8.4 m de altura libre, sabiendo que el peso del poste es de 115 kg, el de los tres conductores en un claro 8 kg, aisladores 10 kg y herrajes y crucetas 30 kg. El diámetro del poste en el empotramiento es de 20 cm.

El peso total será:

$$P = 115 + 8 + 10 + 30 = 163\ \text{kg.}$$

Sección de empotramiento

$$\pi\ r^2 = 3.14 \times 100^2 = 31\ 400\ \text{mm}^2$$

Momento de inercia mínimo:

$$\frac{\pi}{64} = \frac{3.14}{64} 20^4 = 7\ 850\ \text{cm}^4$$

El esfuerzo de trabajo será:

$$\left(1 + 0.02 \times \frac{8.4^2 \times 31\ 400}{0.25 \times 7\ 850} \right) 100 = 12.3\ \text{kg/cm}^2$$

Nota: Se debe cumplir que la suma de este esfuerzo (R_c), más el obtenido para la flexión (R), sea menor de 550/4, si se toma 4 como coeficiente de seguridad. Es decir, que en los ejemplos antes expuestos, será: R + R_c = 39.6 + 12.3 = 51.9 kg/cm². Por tanto, esta suma de esfuerzos es menor que 550/4 = 137.5 kg/cm².

d) APOYOS DE ÁNGULO CON TORNAPUNTAS O RIOSTRA

$$f = 3 \times 2 \times t_1 \ s \ \cos \frac{\alpha}{2}$$

para líneas trifilares y claros contiguos iguales.

donde:

f = fuerza en kg que transmiten los conductores al ángulo.

t₁ = tensión máxima deducida en la ecuación del cambio de condiciones, en kg/mm²

s = sección del conductor en mm².

α = ángulo que forman la dirección de los conductores en los claros contiguos.

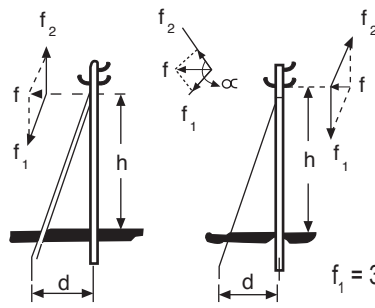
Ejemplo:

Calcular el esfuerzo transmitido por los tres conductores de una línea, a un poste de ángulo dotado de tornapuntas o riostra, sabiendo que el ángulo que forman la dirección de los conductores es de 160°, los claros contiguos iguales y de 30 metros, y la tensión específica máxima de 5.2 kg por milímetro cuadrado. Los conductores de cobre de 7.07 mm², la distancia d = 1.5 m, y la altura h = 7.5 m.

$$f = 3 \times 2 \times 5.2 \times 7.07 \times \cos \frac{160}{2} = 38.30\ \text{kg.}$$

Esta fuerza se descompone en otras dos f₁ y f₂. En el caso de utilizar tornapuntas, la fuerza f₁ obrará sobre éste a compresión, y con riostra obrará sobre el poste.

Su valor para ambos casos será:



$$f_1 = f \sqrt{1 + \frac{h^2}{d^2}}$$

$$f_1 = 38.30 \sqrt{1 + \frac{7.5^2}{1.5^2}} = 237.6\ \text{kg}$$

e) SOPORTES DE AISLADORES

$$R = 0.1 \frac{Ph}{d^3}$$

donde:

R = esfuerzo de trabajo a flexión en la sección de empotramiento en kg/mm²

P = igual a 3 veces el esfuerzo máximo que puede comunicarle el conductor en kg.

h = brazo de palanca en cm.

d = diámetro del soporte en la sección de empotramiento en cm.

Ejemplo:

Calcular el esfuerzo de trabajo a flexión a que está sometido un soporte recto, cuyo conductor puede transmitirle una fuerza máxima de 35 kg, teniendo un brazo de palanca de 20 cm. y siendo de 25 mm el diámetro del soporte en el empotramiento.

$$p = 3 \times 35 = 105 \text{ kg.}$$

$$R = 0.1 \times \frac{105 \times 20}{2.5^3} = 13.4 \text{ kg.}$$

1.4.11 POTENCIA DE ALGUNAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS

a) ASCENSORES O MONTACARGAS

$$N = \frac{Sv}{75 \eta}$$

donde:

N = potencia del motor en HP.

S = fuerza tangencial en la llanta del tambor o polea de arrastre en kg.

v = velocidad tangencial del tambor en m/seg.

η = rendimiento total de la instalación (suele tomarse 0.75).

Ejemplo:

Calcular la potencia de un motor eléctrico para un ascensor que debe tener una carga útil de 300 kg, sabiendo que el peso de la cabina y demás accesorios es de 350 kg; el contrapeso es igual a 470 kg y la velocidad del ascensor de 0.8 m/segundo.

$$S = 300 + 350 - 470 = 180 \text{ kg}$$

$$N = \frac{180 \times 0.8}{75 \times 0.75} = 2.6 \text{ HP}$$

Se tomarían 3 HP

b) BOMBAS ELEVADORAS

$$N = \frac{Qh}{75 \eta}$$

donde:

N = potencia del motor en HP.

Q = capacidad de la bomba en litros/seg.

h = altura que debe elevar el agua en metros.

η = rendimiento global de la instalación (suele tomarse de 0.6 a 0.7)

Ejemplo:

Calcular la potencia que debería tener un motor eléctrico acoplado a una bomba elevadora de agua que tiene una capacidad de elevación de 100 litros por segundo, y que el agua debe ser elevada a una altura de 6 metros.

$$N = \frac{100 \times 6}{75 \times 0.7} = 11.4 \text{ HP}$$

c) SALTOS DE AGUA

$$N = \frac{Qh}{75 \eta}$$

donde:

N = potencia en HP.

Q = caudal del salto en litros/segundo.

h = altura útil entre nivel del agua y turbina en metros.

η = rendimiento global de la instalación.

(suele tomarse de 0.6 a 0.75).

Ejemplo:

Calcular la potencia que podrá obtenerse de un salto de agua que tiene un desnivel útil de 30 metros, sabiendo que puede proporcionar un caudal de 100 litros por segundo y que el rendimiento global de la instalación (teniendo en cuenta las pérdidas en la tubería, turbina, alternador, etc.) se puede establecer en 0.65.

$$N = \frac{100 \times 30}{75 \times 0.65} = 61.5 \text{ HP}$$

d) ECUACIONES PARA CALCULAR, CIRCUITOS DE TRANSMISIÓN TRIFÁSICOS DE LONGITUD CORTA, DESPRECIANDO LA CAPACITANCIA

- V_g = Volts de la línea al neutro en el lado del generador.
- V_r = Volts de la línea al neutro en el lado de la recepción.
- $V_r = e \sqrt{3}$ Volts de fase a fase.
- R = Resistencia de un conductor en ohms.
- X = Reactancia al neutro de un conductor en ohms.
- I = Corriente por fase.

$$\cos \phi = \frac{\text{Factor potencia Watts Trifásicos Entregados}}{\sqrt{3} V_r (\cos \phi)}$$

$$I = \frac{\text{Watts Trifásicos Entregados}}{\sqrt{3} V_r (\cos \phi)}$$

$$\text{Pérdida de potencia} = 3 I^2 R$$

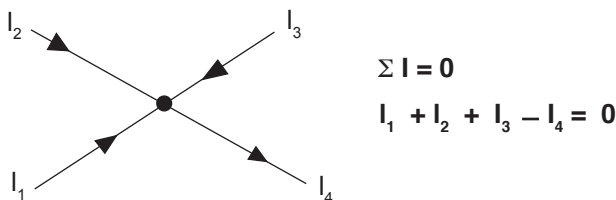
$$V_g = \sqrt{(V_r \cos \phi + IR)^2 + (V_r \sin \phi + IX)^2}$$

$\cos \phi$ y $\sin \phi$ en estas ecuaciones corresponden al ángulo del factor de potencia en el extremo receptor. Para factor de potencia adelantado, $\sin \phi$ será negativo.

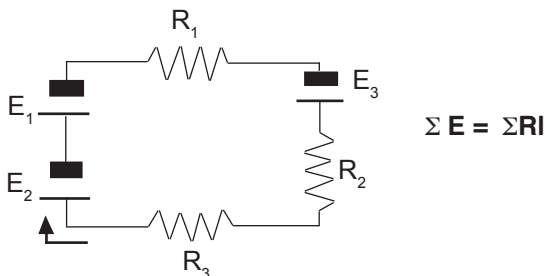
1.4.12 LEYES ELÉCTRICAS

a) LEYES DE KIRCHHOFF

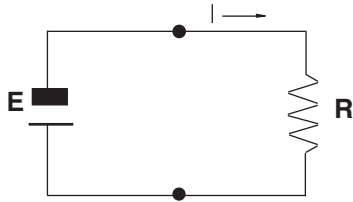
1ª.- En una red, la suma algebraica de las corrientes que llegan a un nodo es igual a cero.



2ª.- En la malla de una red, la suma algebraica de las fuerzas electromotrices es igual a la suma algebraica de los productos RI en la misma malla.

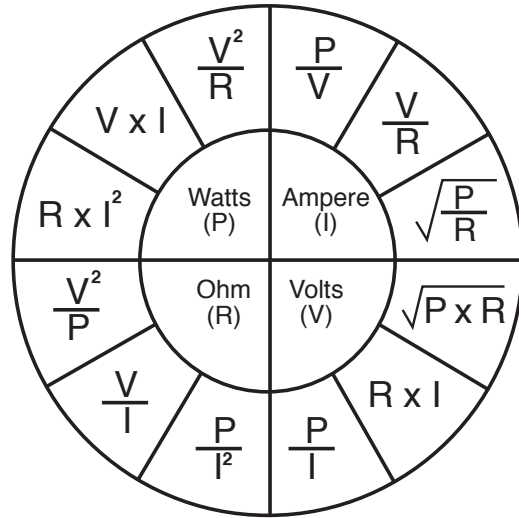


b) LEY DE OHM



$$R = \frac{V}{I}$$

c) SUMARIO DE LAS FÓRMULAS DE LA LEY DE OHM



Las expresiones que se encuentran en la parte exterior de cada cuadrante, son iguales a la cantidad mostrada para el cuadrante correspondiente.

d) LEY DE KELVIN

Para la selección más económica de un conductor de cobre:

$$A = 59.3 \times I \sqrt{\frac{PH}{CN}}$$

donde:

A = calibre del conductor de cobre en circular mils.

I = corriente del circuito en amperes.

C = costo del conductor en centavos/libra.

H = horas por año de servicio.

P = costo de la energía en centavos/kWh

$N = \frac{(\text{intereses} + \text{impuestos} + \text{depreciación})\text{anual en el conductor}}{\text{costo del conductor}}$

e) LEY DE JOULE

Para efectos caloríficos de la corriente.

$$Q = 0.00024 R I^2 t$$

donde:

Q = cantidad de calor en kilocalorías.

R = resistencia en ohms.

I = corriente en amperes.

t = tiempo en segundos.

f) LEY DE FARADAY

Para la inducción electromagnética.

$$e = - \frac{\partial \phi}{\partial t} \times 10^{-8}$$

donde:

e = fuerza electromotriz (f.e.m.) en volts.

$\partial \phi$ = variación de flujo magnético en maxwells.

∂t = variación del tiempo en segundos.

1.4.13 FORMULARIO Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN

a) FÓRMULAS ELÉCTRICAS PARA CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

Reactancia Inductiva

$$X = 2\pi fL \text{ (Ohms)}$$

donde:

f = frecuencia en hertz (c.p.s.)

L = inductancia en henrys.

Reactancia Capacitiva:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} \text{ (Ohms)}$$

donde:

C = capacitancia en farads.

$$\text{Impedancia } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \text{ (Ohms)}$$

$$\text{Amperes } I = \frac{E}{Z} = \text{---}$$

b) FÓRMULAS ELÉCTRICAS PARA CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA

Ley de Ohm

$$V = RI$$

Resistencia en serie

$$R = r_1 + r_2 + \dots + r_n$$

Conductancias en paralelo

$$G = g_1 + g_2 + \dots + g_n$$

Resistencia en paralelo

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

En otras palabras, convertir la resistencia en conductancia y sumar las conductancias.

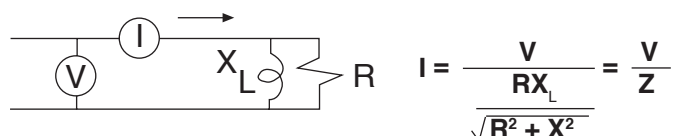
Potencia en watts:

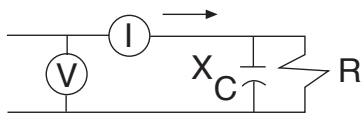
$$W = V \times I$$

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

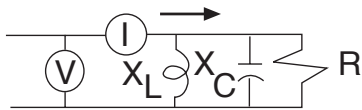
$$W = HP \times 746$$

c) FÓRMULAS PARA DETERMINAR DIAGRAMAS EN CIRCUITOS DE C.A.





$$I = \frac{V}{\frac{RX_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}} = \frac{V}{Z}$$



$$I = \frac{V}{\frac{RX_L X_C}{\sqrt{X_L^2 X_C^2 + R^2 (X_L - X_C)^2}}} = \frac{V}{Z}$$

donde:

R = resistencia en ohms.

Z = impedancia en ohms.

I = corriente en amperes.

V = tensión en volts.

X_L = reactancia inductiva en ohms.

X_C = reactancia capacitativa en ohms.

L = inductancia en henrys.

C = capacitancia en farads.

d) FÓRMULAS DE APLICACIÓN PRÁCTICA

Cantidad de electricidad

$$Q = It$$

donde:

Q = cantidad de electricidad, amperes/hora

I = corriente de descarga, amperes

t = tiempo de descarga, horas

¿Cuántos días durará la descarga de un acumulador capaz de suministrar 70 amperes/hora con un régimen de descarga de 0.5 amperes?

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{70}{0.5} = 140 \text{ h, } \frac{140}{24} = 5 \text{ días } 20 \text{ h}$$

Nota: 1 ampere-hora = 3 600 coulombs.

e) RESISTENCIAS ELÉCTRICAS Y EFECTOS CALORÍFICOS DE LAS CORRIENTES

Resistencia de un Conductor

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

donde:

R = resistencia en ohms.

ρ = resistividad ohms mm²/m.

l = longitud en metros.

s = sección transversal en mm².

Asociación de Resistencia:

En serie:

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n$$

En paralelo:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n}}$$

Ejemplos:

¿Qué resistencia tiene un conductor de cobre de 10 mm² de sección y 150 m de longitud?

resistividad del cobre = 0.017 5

$$R = 0.017 5 \frac{150}{10} = 0.263 \text{ ohms}$$

Se tienen tres resistencias de 5, 8 y 10 ohms. ¿Cuál será la resistencia total si se agrupan primero en serie y después en paralelo?

En serie: R = 5 + 8 + 10 = 23 ohms

$$\text{En paralelo: } R = \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10}} = 2.35 \text{ ohms}$$

1.4.14 FÓRMULAS Y TABLAS PARA CÁLCULO DE FACTORES

a) FORMULARIO DE FACTORES MÁS COMUNES

Factor de Demanda	=	$\frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Carga Conectada}} \leq 1$
Factor de Diversidad	=	$\frac{\text{Suma de las Demandas Máximas Individuales}}{\text{Demanda Máxima del Sistema}} \geq 1$
Factor de Carga	=	$\frac{\text{Promedio de Carga en un Período}}{\text{Carga Máxima en el Mismo Período}} \leq 1$
Factor de Utilización	=	$\frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Potencia Nominal}} \leq 1$

b) FACTORES DE DEMANDA ESTABLECIDOS

COMERCIAL		INDUSTRIAL	
COMERCIO	F.D.	INDUSTRIA	F.D.
Alumbrado Público	1.00	Acetileno (Fca. de)	0.70
Apartamentos	0.35	Armadoras de Autos	0.70
Bancos	0.70	Carpinterías (talleres de)	0.65
Bodegas	0.50	Carne (Empacadoras)	0.80
Casinos	0.85	Cartón (Productos de)	0.50
Correos	0.30	Cemento (Fca. de)	0.65
Escuelas	0.70	Cigarros (Fca. de)	0.60
Garages	0.60	Dulces (Fca. de)	0.45
Hospitales	0.40	Fundición(talleres de)	0.70
Hoteles Chicos	0.50	Galletas (Fca. de)	0.55
Hoteles Grandes	0.40	Hielo (Fca. de)	0.90
Iglesias	0.60	Herrería (Talleres de)	0.50
Mercados	0.80	Imprentas	0.60
Multifamiliares	0.25	Jabón (Fca. de)	0.60
Oficinas	0.65	Lámina (Fca. Artículos)	0.70
Restaurantes	0.65	Lavandería Mecánica	0.80
Teatros	0.60	Niquelado (Talleres de)	0.75
Tiendas	0.65	Maderería	0.65
		Marmolería (talleres de)	0.70
		Mecánico (Taller)	0.75
		Muebles (Fca. de)	0.65
		Pan (Fca. mecánica de)	0.55
		Papel (Fca. de)	0.75
		Periódicos (rotativas)	0.75
		Pinturas (Fca. de)	0.70
		Química (Industria)	0.50
		Refinerías (Petróleo)	0.60
		Refrescos (Fca. de)	0.55
		Textiles (Fca. telas)	0.65
		Vestidos (Fca. de)	0.45
		Zapatos (Fca. de)	0.65

c) FACTORES DE DEMANDA DE ALIMENTADORES PARA CARGAS DE ALUMBRADO

TIPO DE LOCAL	PARTE DE LA CARGA DE ALUMBRADO A LA QUE SE APLICA EL FACTOR DE DEMANDA, EN VA.	FACTOR DE DEMANDA %
Almacenes	Primeros 12 500 ó menos	100
	A partir de 12 5000	50
Hospitales*	Primeros 50 000 ó menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20 000 ó menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 100 000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 ó menos	100
	De 3 001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Total VA	100

* Los factores de demanda de esta tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

d) FACTORES DE DEMANDA COMUNES PARA EL CÁLCULO DE ALIMENTADORES PRINCIPALES Y DE SERVICIO

CARACTERISTICA DEL SERVICIO	RANGO DE FACTORES DE DEMANDA COMUNES
Motores para bombas, compresoras, elevadores, máquinas, herramientas, ventiladores, etc.	20 a 60 %
Motores para operaciones semi-continuas en algunos molinos y plantas de proceso	50 a 80 %
Motores para operaciones continuas, como en máquinas textiles	70 a 100 %
Hornos de arco	80 a 100 %
Hornos de inducción	80 a 100 %
Soldadoras de arco	30 a 60 %
Soldadoras de resistencia	10 a 40 %
Calentadores de resistencia, hornos	80 a 100 %

e) **TABLA DE FÓRMULAS ELÉCTRICAS PARA CORRIENTE DIRECTA Y CORRIENTE ALTERNA**

PARA DETERMINAR	CORRIENTE DIRECTA	CORRIENTE ALTERNA:		
		MONOFÁSICA	BIFÁSICA	TRIFÁSICA
Corriente (I) Conociendo HP	$I = \frac{HP \times 746}{V\eta}$	$I = \frac{HP \times 746}{V\eta \text{ f.p.}}$	$I = \frac{HP \times 746}{2 V\eta \text{ f.p.}}$	$I = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3} V_f \eta \text{ f.p.}}$
Corriente (I) Conociendo la Potencia activa (W)	C.D., 2 hilos $I = \frac{W}{V}$	1 fase, 2 hilos: $I = \frac{W}{V \text{ f.p.}}$	$I = \frac{W}{2V \times \text{f.p.}}$	3 fases, 3 hilos: $I = \frac{W}{\sqrt{3} V_f \text{ f.p.}}$
	C.D., 3 hilos $I = \frac{W}{2V}$	1 fase, 3 hilos (Conductores de fase) $I = \frac{W}{2V \text{ f.p.}}$		3 fases, 4 hilos: $I = \frac{W}{3 V \text{ f.p.}}$
		1 fase, 3 hilos (Conductor común) $I = \frac{W}{\sqrt{2} V_f \text{ f.p.}}$		
Corriente (I) Conociendo la Potencia aparente (VA)	— — — —	$I = \frac{VA}{V}$	$I = \frac{VA}{2V}$	$I = \frac{VA}{\sqrt{3} V_f}$
Potencia Activa (W)	$W = VI$	$W = VI \text{ f.p.}$	$W = 2VI \text{ f.p.}$	$W = \sqrt{3} V_f I \text{ f.p.}$
Potencia Aparente (VA)	— — — —	$VA = VI$	$VA = 2VI$	$VA = \sqrt{3} V_f I$
Potencia en la Flecha en HP	$HP = \frac{VI \eta}{746}$	$HP = \frac{VI \eta \text{ f.p.}}{746}$	$\frac{2VI \eta \text{ f.p.}}{746}$	$HP = \frac{\sqrt{3} V_f I \eta \text{ f.p.}}{746}$
Factor de Potencia (f.p.)	UNITARIO	$\text{f.p.} = \frac{W}{VI} = \frac{W}{VA}$	$\text{f.p.} = \frac{W}{2VI} = \frac{W}{VA}$	$\text{f.p.} = \frac{W}{\sqrt{3} V_f I} = \frac{W}{VA}$
Sección de Conductor en mm ²	LEY DE OHM	$S = \frac{4 LI}{Ve\%}$	$S = \frac{2 LI}{Ve\%}$	$S = \frac{2 \sqrt{3} LI}{V_f e\%}$

SIMBOLOGÍA

donde:

I = corriente por fase en amperes.
L = longitud en metros.
V = tensión al neutro en volts.
e% = caída de tensión en porciento.
V_f = tensión entre fases en volts.
η = eficiencia expresada en %.
HP = caballos de potencia.

f.p. = factor de potencia (unitario)
W = potencia activa en watts.
VA = potencia aparente en volt-ampere.
S = sección del conductor en mm²

Velocidad Síncrona

$$\text{r.p.m.} = \frac{f \times 120}{p}$$

donde:
r.p.m. = revoluciones por minuto.
f = frecuencia.
p = número de polos.

1.5 Información general

1.5.1 LA CORRIENTE MORTAL

La intención de este artículo es informar lo elemental para poder salvar la vida de un accidentado por contacto con corriente eléctrica.

La sección sobre primeros auxilios también se puede aplicar a personas que han sufrido lesiones por: ambiente con gases tóxicos, ahogo, caídas y golpes, ataque cardíaco, shock severo, heridas por cuchillo o bala y en ocasiones envenenamiento.

Leer y aprender esta información podrá salvarle la vida a un amigo o miembro de su familia. Miles de personas están vivas hoy porque alguien supo salvarlas.

Nadie puede asegurar que la vida de alguna víctima sea salvada, pero al usar esta información se mejoran las probabilidades de éxito en forma impresionante.

Por extraño que parezca, la mayoría de los choques eléctricos fatales le ocurren a personas que supuestamente debieron estar prevenidas.

Aquí se presentan algunas informaciones electromédicas útiles para la prevención de accidentes.

ES LA CORRIENTE LA QUE MATA

Comúnmente puede pensarse que un «shock» de 10 000 volts puede ser mortal en mayor grado que un shock de 100 volts. Esto es erróneo, individuos han sido electrocutados con aparatos que utilizan la tensión doméstica ordinaria (110 Volts), también se tiene conocimiento de accidentes fatales ocurridos al utilizar pequeños aparatos industriales de tan solo 42 volts.

La medida real de la intensidad de un shock depende de la corriente (amperes) que es forzada a circular por el cuerpo, y no tanto de la tensión aplicada. Cualquier dispositivo eléctrico utilizado en algún circuito doméstico puede, bajo ciertas condiciones, transmitir una corriente mortal.

Mientras que cualquier corriente superior a 10 miliamps (0.010 amps) puede producir desde contracciones musculares dolorosas hasta un shock severo, las corrientes entre 100 y 200 miliamperes (0.1 a 0.2 amps) son mortales.

Las corrientes superiores a los 200 miliamperes (0.2 amp), aunque pueden producir quemaduras graves e inconsciencia no son usualmente la causa de la muerte si el accidentado es rápidamente atendido. Esta atención comúnmente consiste en darle a la víctima respiración artificial que generalmente lo rehabilita.

Desde un punto de vista práctico, después de que una persona es afectada por un shock eléctrico, es imposible determinar cuanta corriente pasó a través de órganos vitales de su cuerpo. Si la respiración normal del accidentado se ha interrumpido debe suministrarse inmediatamente respiración artificial, boca a boca.

EL EFECTO FISIOLÓGICO DEL SHOCK ELÉCTRICO

La gráfica muestra el efecto fisiológico de varias intensidades de corriente; nótese que no se considera la tensión, aunque se requiera una cierta tensión para producir la corriente, la cantidad de corriente varía dependiendo de la resistencia del cuerpo en los puntos de contacto.

Como se muestra en la gráfica, el shock es relativamente más severo cuando se incrementa la corriente. A valores tan bajos como 20 miliamperes, la respiración empieza a dificultarse, cesando completamente a valores debajo de 75 miliamperes.

Cuando la corriente se aproxima a 100 miliamperes ocurre una fibrilación ventricular del corazón (una trepidación no controlada de las paredes de los ventrículos).

Arriba de 200 miliamperes, las contracciones musculares son tan severas que el corazón es comprimido durante el shock. Esta opresión protege al corazón de entrar en una fibrilación ventricular, y las posibilidades de supervivencia para la víctima son buenas.

PELIGRO BAJA TENSIÓN ELÉCTRICA !!!

Es sabido que las víctimas de shocks de alta tensión usualmente reaccionan a la respiración artificial más rápidamente que las de un shock de baja tensión. La razón puede ser la gran opresión del corazón debida a las altas intensidades de corriente asociadas con una alta tensión. Sin embargo, la única conclusión razonable a que se puede llegar es que 75 volts son tan mortales como 750 volts.

La resistencia del cuerpo varía dependiendo de los puntos de contacto y las condiciones de la piel (húmeda o seca). Entre los oídos por ejemplo, la resistencia interna es sólo de 100 ohms, mientras que entre las manos y los pies es cercana a 500 ohms. La resistencia de la piel puede variar de 1 000 ohms cuando está mojada a más de 50 000 ohms cuando está seca.

Mientras se trabaje alrededor de equipo eléctrico, muévase lentamente, esté seguro de un apoyo correcto de los pies para un buen balance. No se precipite al caérsele alguna herramienta. Quite toda la energía y aterrice todos los puntos de alta tensión antes de tocarlos. Esté seguro que la energía no puede ser restablecida accidentalmente. No trabaje sobre equipo no aterrizado. No examine equipo vivo cuando esté física o mentalmente fatigado. Ponga una mano en el bolsillo cuando examine equipo eléctrico energizado. Sobre todo no toque equipo eléctrico parado en pisos metálicos, concreto húmedo u otras superficies bien aterrizadas. No maneje equipo eléctrico con ropas húmedas (particularmente zapatos mojados) o mientras su piel esté húmeda.

Recuerde que mientras más conozca de equipo eléctrico está más expuesto a desatender estos detalles. No tome riesgos innecesarios.

QUÉ HACER CON LAS VÍCTIMAS

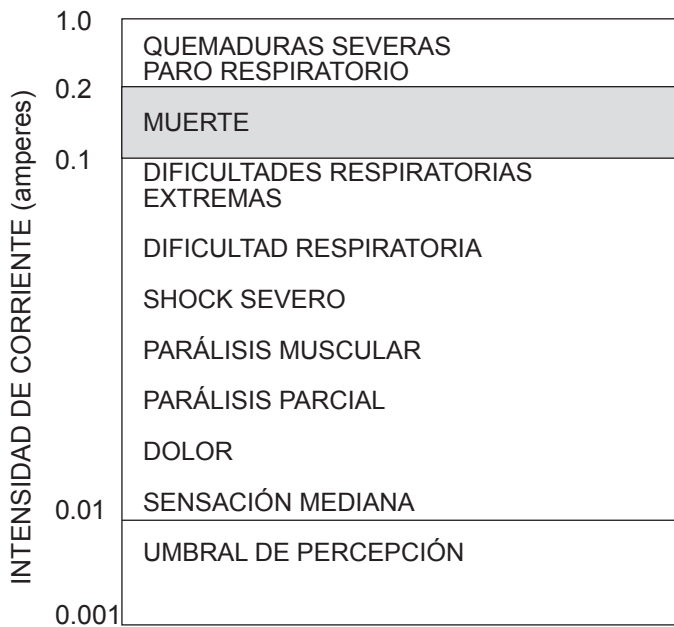
Corte la tensión o aparte a la víctima del contacto lo más rápido posible, pero sin arriesgar su propia seguridad. Use una madera seca, manta, etc., para hacerlo.

No gaste tiempo buscando el switch. La resistencia de la víctima baja con el tiempo y la corriente mortal de 100 a 200 miliamperes puede alcanzarse si se pierde tiempo.

Si la víctima está inconsciente y perdió la respiración, inicie respiración artificial boca a boca; no pare la reanimación hasta que una autoridad medica lo indique.

Puede tomar hasta 8 horas revivir a un paciente. Puede no haber pulso y una condición similar al rigor mortuario; sin embargo, éstas son las manifestaciones del shock y no una indicación de que la víctima esté muerta.

GRÁFICA GAMA DE EFECTOS



EFFECTOS FISIOLÓGICOS A CAUSA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

PRIMEROS + AUXILIOS

DESCARGA ELÉCTRICA

Recuerde: cada segundo que el accidentado esté en contacto con la corriente eléctrica merma sus probabilidades de sobrevivir. Rompa el contacto de la víctima con el cable o hierro electrificado en la forma más rápida posible, pero que no encierre peligro para usted. Si el accidente ocurrió en casa, desconecte el enchufe o el interruptor (switch) principal de la casa. Si ocurrió en el exterior, use un palo o una rama seca.

Empleando un palo seco (nunca una varilla metálica), una cuerda seca, como un cinturón de cuero, o ropa seca, retire el cable de la víctima o aparte a ésta del cable. Cerciórese de estar pisando una superficie seca y sólo utilice materiales secos. **No conductores.** No toque al accidentado hasta que deje de estar en contacto con la corriente. Luego examínelo para ver si respira y tiene pulso; en caso necesario, aplique la respiración artificial de boca a boca o la resucitación cardiopulmonar. **MANDE BUSCAR AUXILIO MÉDICO.**

CHOQUE: CÓMO TRATARLO

Aunque un shock eléctrico sea leve y la persona se mantenga consciente, se debe de tratar una víctima para choque.

Con toda lesión grave (herida con hemorragia, fractura, quemaduras grandes) cuente siempre con que habrá shock y tome medidas para atenuarlo. Síntomas: piel pálida, fría, pegajosa; pulso acelerado; respiración débil, rápida o irregular; el herido está asustado, inquieto, temeroso, o en estado comatoso.

Primero.- Mantenga acostado al enfermo con la cabeza más abajo que los pies (salvo que presente una herida importante en la cabeza o en el pecho; si respira con dificultad, se le deben levantar los hombros y la cabeza hasta que ésta quede unos 25 cm más alta que los pies)

Segundo.- Afloje en seguida la ropa apretada (cinturón, cuello, faja, sostén, etc.)

Tercero.- Llame una ambulancia o lleve al paciente reclinado a un hospital.

Si una descarga eléctrica ha causado combustión y si la ropa está ardiendo, apague las llamas con un abrigo, una manta o una alfombra, o haga que la persona se tire al suelo y dé vueltas sobre si misma.

Llame al médico o una ambulancia inmediatamente.

Mantenga acostada a la víctima para atenuar el shock.

Corte las ropas que cubran la superficie quemada. Si la tela se adhiere a la quemadura, no trate de aflojarla a tirones; córtela con cuidado alrededor de la llaga.

No aplique ungüentos para quemaduras, aceites ni anti-sépticos de ninguna clase.

Administre los primeros auxilios contra shock. Si la persona quemada está consciente, disuelva media cucharadita de bicarbonato de sodio y una cucharadita de sal en un litro de agua. Dele medio vaso de esta solución cada 15 minutos para reemplazar los líquidos que pierde el organismo. Suspénda de inmediato la administración si el herido vomita.

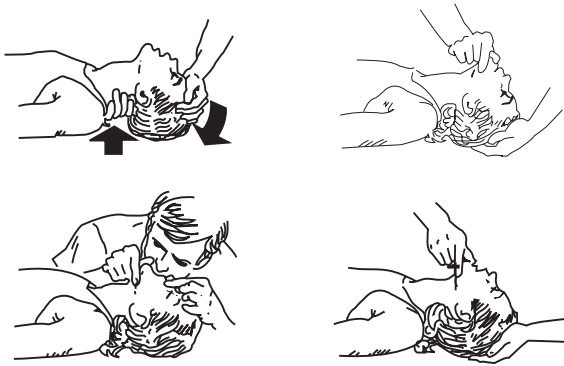
PARA UNA QUEMADURA LEVE

Sumerja inmediatamente la piel quemada en agua fría. Cuando se trate de quemaduras que no puedan sumergirse, por el lugar en que se encuentran, aplique hielo envuelto en una tela, o lienzos empapados en agua helada, cambiándolos constantemente. Continúe el tratamiento hasta que el dolor desaparezca. No emplee ungüentos, grasas ni bicarbonatos de sodio, especialmente en quemaduras lo bastante serias para requerir tratamiento médico. Siempre hay que quitar tales aplicaciones, lo cual retrasa el tratamiento y puede resultar muy doloroso. Si la piel está ampollada, no rompa o vacíe las ampollas.

RESPIRACIÓN ARTIFICIAL PARO RESPIRATORIO

Primero.- Hay que asegurarse de que las vías respiratorias estén libres. Examine la boca y la garganta y saque cualquier cuerpo que las obstruya. Observe el pecho del paciente y compruebe si despidе aire por la nariz o la boca.

Segundo.- Vea si hay pulso en la muñeca o latidos del corazón en el pecho. Si la víctima no respira, por haber sufrido un shock eléctrico, o por cualquier otra causa, pero el corazón todavía le late, recurra a la respiración de boca a boca.



En shock eléctrico, asegúrese de que se ha interrumpido la corriente antes de tocar al paciente. Si hay gas o humo, saque a la víctima al aire libre. Llame inmediatamente a un médico o una ambulancia.

Para efectuar la respiración de boca a boca:

1. Acueste al paciente de espaldas. Quite cualquier materia extraña de la boca con los dedos. Póngale una mano bajo el cuello, levántele un poco la cabeza y échela hacia atrás, pero no demasiado.
2. Tire del mentón del accidentado hacia arriba.
3. Coloque usted su propia boca firmemente sobre la boca abierta de la víctima; oprímale las ventanas de la nariz para cerrarlas e infle los pulmones lo bastante fuerte para hincharle el pecho. Si es un niño pequeño, considérese que los pulmones son más chicos y el volumen de aire será más reducido.
4. Retire la boca y asegúrese de percibir el sonido del aire exhalando. Repita la maniobra. Si no circula el aire, revise la posición de la cabeza y de la mandíbula de la víctima. La lengua o algún cuerpo extraño pueden estar obstruyendo el paso del aire. Ensaye nuevamente.

Si todavía no logra usted el intercambio de aire, vuelva al enfermo sobre un costado y golpéelo fuertemente entre los hombros (omóplatos) varias veces para desalojarle la garganta de cualquier cuerpo extraño. Si el accidentado es un niño, suspéndalo brevemente cabeza abajo, sosteniéndolo sobre un brazo o piernas y dele golpes fuertes y repetidos entre los omóplatos. Límpirole bien la boca.

Reanude la respiración de boca a boca. Tratándose de adultos, infle los pulmones vigorosamente cada cinco segundos. En los niños pequeños, infle tiernamente cada tres segundos. Si usted lo prefiere, puede colocar un pañuelo sobre la boca de la víctima para soplar a través de él; no suspenda la maniobra hasta que la persona comience a respirar. **Muchos accidentados no han revivido hasta después de varias horas de aplicarles la respiración artificial.**

Cuando vuelve en sí, no la deje levantarse por lo menos durante una hora y manténgalo abrigado.

**RESUCITACIÓN
CARDIOPULMONAR**



**RESUCITACIÓN CARDIOPULMONAR RESPIRACIÓN
SUSPENDIDA Y AUSENCIA DE PULSO**

Si el paciente no respira, es preciso asegurarse de que no hay obstrucción en las vías respiratorias.

Trate de escuchar el latido del corazón o tómelo el pulso. Si no lo hay, es que el corazón se ha parado.

En este caso es indispensable ensayar la resucitación cardiopulmonar (RCP), de preferencia con un ayudante. Este procedimiento comprende la respiración o insuflación intermitente de boca a boca y el masaje cardíaco.

Para administrar la RCP, acueste a la víctima de espaldas sobre el suelo. De rodillas junto a ella, dé un golpe fuerte con el puño en el pecho (esternón). Así se suele lograr que el corazón vuelva a latir. Si esto ocurre, tantee el pecho del accidentado para encontrar el extremo inferior del esternón. Ponga un dedo de la mano izquierda sobre el cartílago; luego acerque la parte posterior de la mano derecha (nunca la palma) hasta la punta del dedo, retire el dedo y coloque la mano izquierda sobre la derecha.

En seguida, empuje hacia abajo con un impulso rápido y firme para hundir el tercio inferior del esternón cerca de cuatro centímetros, lo cual se logra dejando caer el peso del cuerpo y levantándolo otra vez. Se repite cada segundo esta compresión rítmica: oprimiendo y soltando...oprimiendo...soltando. Cada vez que se empuja, se obliga al corazón a contraerse y a impulsar la sangre por el cuerpo de la víctima. Esta operación sustituye al latido.

Si está usted sólo con el accidentado, deténgase después de cada 15 compresiones para insuflarle profundamente aire dos veces de boca a boca, y luego continúe con este ritmo de 15 a dos hasta que le llegue ayuda. Si cuenta con otro voluntario, éste debe arrodillarse junto a la cabeza del enfermo y soplarle aire de boca a boca a razón de 12 veces por minuto, o sea una insuflación por cada cinco compresiones.

Es necesario continuar la RCP, hasta que el paciente reviva: las pupilas se achican, el color mejora, comienza la respiración y resurge el pulso. Es posible mantener viva a una persona con este procedimiento por lo menos una hora.

ADVERTENCIA: aún cuando la resucitación cardio-pulmonar se efectúe correctamente, puede romper costillas. Si se hace mal, la punta del esternón o una costilla rota podrían perforar el hígado o un pulmón. Por eso se recomienda adiestrarse adecuadamente en esta técnica. Pero en una emergencia aunque carezca usted de preparación intente la RCP. Sin ella, la persona cuyo corazón se ha detenido seguramente morirá.

1.5.2 REQUISITOS ELÉCTRICOS PARA ÁREAS PELIGROSAS

a) INTRODUCCIÓN

Actualmente las industrias de manufacturas y procesos están utilizando más y más materiales potencialmente explosivos e inflamables que anteriormente. El uso de equipo eléctrico en estas industrias continúa incrementándose. Es imperativo que el equipo eléctrico seleccionado sea adecuado y apropiadamente instalado y mantenido, para proteger al personal y las instalaciones de la planta. En este artículo se revisarán los conceptos básicos de equipo para áreas peligrosas. Cubre los aspectos de seguridad en el diseño, selección, instalación y mantenimiento del equipo eléctrico adecuado para usarse en áreas peligrosas.

b) ASPECTOS GENERALES

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, Instalaciones eléctricas (utilización), establece las bases o los requisitos para la práctica de seguridad en la selección e instalación adecuada de equipo eléctrico en áreas peligrosas, (clasificadas). Estas últimas, están cubiertas en el Capítulo 5, Artículos 500, 501,502,503,505 y 510.

Los Artículos 500 a 505 cubren los requisitos para equipo eléctrico, electrónico y de alumbrado, para todas las tensiones eléctricas, en áreas donde pueda existir peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras inflamables dispersas por el aire.

Dichas áreas o ambientes se clasifican dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables o de polvos o fibras combustibles que puedan estar presentes, así como de la posibilidad de que se encuentren en cantidades o concentraciones inflamables o combustibles. Cada cuarto, sección o área debe ser considerada individualmente al determinar su clasificación.

Los Artículos 500 al 504 requieren que la construcción del equipo y de la instalación garantice un funcionamiento seguro bajo condiciones de uso y mantenimiento adecuados. Cuando se aplique el Artículo 505, la clasificación de áreas, alambrado y selección de equipo debe ser realizada bajo la supervisión de ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados.

En la NOM los gases inflamables están clasificados como Clase I. Ya que los diferentes gases tienen una temperatura de ignición y características de explosión diferentes, están subdivididos en cuatro grupos. La Tabla b.- enlista los gases clasificados. Estos gases están clasificados en los Grupos A, B, C y D, en los cuales el D es de menor clasificación que el C, etc. Para completar la descripción del área la norma NOM reconoce dos Divisiones distintas (Div. 1 y 2).

ÁREA CLASE I DIVISIÓN 1

(1) Es aquella en la cual la concentración peligrosa de gases o vapores inflamables existen continua, intermitente o periódicamente en el ambiente bajo condiciones normales de operación; o también;

(2) Área en la cual la concentración peligrosa de algunos gases o vapores puede existir frecuentemente por reparaciones de mantenimiento o por fugas. Puede ser también;

(3) Aquella área en la cual, por falla del equipo de operación o proceso, podrían fugarse gases o vapores inflamables hasta alcanzar concentraciones peligrosas y podría también causar simultáneamente fallas del equipo eléctrico.

Esta clasificación incluye generalmente sitios donde líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables son transportados de un recipiente a otro; el interior de casetas de pintura por aspersión y zonas aledañas a estas casetas; lugares en los que hay tanques abiertos con líquidos volátiles inflamables.; cuartos o compartimentos de secado por evaporación de solventes inflamables; lugares que contienen equipo para la extracción de grasas y aceites que usan solventes volátiles inflamables; zonas de plantas de lavandería y tintorería donde se utilizan líquidos peligrosos; cuartos generadores de gas y otras zonas de plantas de fabricación de gas donde gases inflamables pueden escapar; cuartos de bombeo de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables inadecuadamente ventilados; el interior de refrigeradores o congeladores en los cuales materiales inflamables se almacenan en recipientes abiertos no herméticamente cerrados o frágiles y todas las demás zonas de trabajo donde existe la posibilidad de que se presenten concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables en el curso de operaciones normales.

TABLA b) PRODUCTOS QUÍMICOS POR GRUPOS

<p>ATMÓSFERAS GRUPO A</p> <p>acetileno</p>
<p>ATMÓSFERAS GRUPO B</p> <p>hidrógeno combustible y procesos de gases combustibles que contengan más de 30% de hidrógeno en volumen, o gases o vapores de peligrosidad equivalente tales como: butadieno¹ oxido de etileno² oxido de propileno² acroleína²</p>
<p>ATMÓSFERAS GRUPO C</p> <p>eter etílico etileno o gases o vapores de peligrosidad equivalente</p>
<p>ATMÓSFERAS GRUPO D</p> <p>acetona amoníaco³ benceno butano ciclopropano etanol (alcohol etílico) gasolina hexano metano (gas natural) metanol (alcohol metílico) nafta propano o gases o vapores de peligrosidad equivalente</p>

¹ El equipo para Grupo D se podría usar en esta atmósfera si está aislado de acuerdo con la Sección 501-5 (a), sellando todos los tubos conduit iguales o mayores a 13 mm.

² El equipo para Grupo C se podría usar en esta atmósfera si está aislado de acuerdo con la Sección 501-5 (a), sellando todos los tubos conduit iguales o mayores a 13 mm.

³ Para atmósferas que contengan amoníaco, se permite reclasificar el área a una menos peligrosa o a una no peligrosa.

ÁREA CLASE I DIVISIÓN 2

(1) Es aquella en la cual se manejan, procesan o usan líquidos volátiles o gases inflamables pero en las que estos líquidos o gases se encuentran normalmente dentro de recipientes o sistemas cerrados, de los cuales pueden escaparse sólo en caso de ruptura accidental o en caso de operación anormal del equipo, o;

(2) En la cual se evitan concentraciones peligrosas de gases o vapores por medio de ventilación mecánica y que sólo podrían ser peligrosos en caso de falla u operación anormal del equipo de ventilación, o;

(3) Aquella adyacente a una área Clase I División 1 y en la cual podrían comunicarse concentraciones inflamables de gases o vapores, a menos que esta comunicación se evite por medio de una ventilación adecuada como presión positiva de una fuente de aire limpio y protección efectiva contra fallas del equipo de ventilación.

Esta clasificación generalmente incluye áreas donde se usen líquidos volátiles, gases o vapores inflamables pero en los cuales, a juicio de la autoridad correspondiente, llegarían a ser peligrosos sólo en caso de accidente u operación anormal del equipo. La cantidad de material inflamable que podría escaparse en caso de accidente, el equipo de ventilación existente el tamaño del área involucrada y la estadística de explosiones o incendios en esta rama industrial, son todos factores que deben considerarse para determinar la clasificación del área y sus limitaciones en cada área.

No se considera que la tubería sin válvulas, los puntos de inspección, los medidores, los dispositivos similares, generalmente puedan causar condiciones de peligro, aún al usarse líquidos o gases inflamables. Las áreas empleadas para el almacenamiento de líquidos inflamables o gases licuados o comprimidos dentro de recipientes sellados, normalmente no se considera como peligrosas, a menos que también estén sujetas a otras condiciones peligrosas.

Para la clasificación de áreas peligrosas, deberá realizarse un análisis de cada local, área, o sección en forma individual, en función a la concentración de los gases, vapores y polvos, así como a sus características de explosividad. Existen estudios realizados por diversas asociaciones de protección contra incendios, los cuales podrán tomarse como referencia. Este análisis deberá realizarse bajo la supervisión de ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados. Es obligación del usuario o propietario de las instalaciones, que la clasificación de las áreas se realice con la mayor precisión posible.

Respecto a los polvos combustibles, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, los clasifica como pertenecientes a la Clase II bajo los grupos E, F y G.

Grupo E: Atmósferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros polvos combustibles, donde el número de partículas de abrasivos y conductividad, presenten peligro similar en la utilización del equipo eléctrico.

Grupo F: Atmósferas que contengan polvos de carbones combustibles, incluyendo carbón negro, carbón mineral, carbón vegetal, o polvos sensibilizados por otros materiales, de forma que aquellos presenten un peligro de explosión.

Grupo G: Atmósferas que contengan polvos combustibles no incluidos en los grupos E o F, tales como flúor, granos, madera, plástico y químicos.

1.- Algunas atmósferas de productos químicos pueden tener

características que requieran de una protección mayor que aquellas especificaciones para cualquiera de los grupos antes mencionados. El bisulfuro de carbono es uno de estos productos químicos, debido a su baja temperatura de ignición (100°C) y al pequeño claro de junta permitido para detener su flama.

2.- Ciertos polvos metálicos pueden tener características que requieran de una protección mayor, que aquellas especificadas para los que contienen polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales. Por ejemplo, los polvos de circonio, torio y uranio tienen temperaturas de ignición extremadamente bajas (20°C) y para su ignición requieren de una cantidad de energía menor que la de cualquier otro material clasificado en los grupos de la Clase I o de la Clase II.

Las áreas clasificadas como Clase II también pueden subdividirse en División 1 y División 2.

UN ÁREA CLASIFICADA COMO CLASE II, DIVISIÓN 1

(1) Es aquella en la cual hay polvo combustible en suspensión en el aire bajo condiciones normales de operación en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables, o;

(2) Donde debido a fallas mecánicas u operación anormal de la maquinaria o el equipo puedan producirse tales mezclas explosivas o inflamables y que una falla simultánea del equipo eléctrico o de los sistemas de protección pueda originar una fuente de ignición, o;

(3) En la cual puedan estar presentes en cantidades peligrosas polvos combustibles con características de conductividad eléctrica.

Los polvos combustibles no conductores eléctricos incluyen polvos producidos en el manejo y proceso de granos y productos de grano, cocoa y azúcar pulverizados, leche y huevo en polvo, especias pulverizadas, almidón y harinas, papas, semillas de frijol, forraje y otros materiales orgánicos que puedan producir polvos combustibles cuando se manejan o procesan. Solamente los polvos del grupo E se consideran eléctricamente conductores para propósitos de clasificación. Los polvos que contienen magnesio y aluminio son particularmente peligrosos y se requiere extrema precaución para evitar su ignición y explosión.

UN ÁREA CLASE II DIVISIÓN 2

Es aquella en la cual el polvo combustible no está normalmente en suspensión en el aire ni será puesto en suspensión por la operación normal del equipo, en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables o explosivas, pero donde:

(1) El depósito o la acumulación de tal polvo combustible puede ser suficiente para interferir la adecuada disipación de calor del equipo o aparato eléctrico, o;

(2) El polvo combustible acumulado o depositado sobre o alrededor del equipo eléctrico puede inflamarse por medio de operaciones anormales o falla de tal equipo.

La cantidad de polvo combustible que puede estar presente y la adecuación de los sistemas para remover el polvo, son factores que requieren ser considerados para determinar la clasificación y esto puede resultar en una área no clasificada.

Cuando se manejan productos tales como semillas, de modo que produzcan bajas cantidades de polvo, la cantidad depositada de éste puede no requerir su clasificación.

LAS ÁREAS CLASE III

Son aquellas que son peligrosas por la presencia de fibras o partículas volátiles fácilmente inflamables, pero en las cuales las fibras o volátiles normalmente no se encuentran en suspensión en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables. Las áreas Clase III se dividen en la siguiente forma:

UN ÁREA CLASE III DIVISIÓN 1

Es aquella en la cual se manejan, fabrican o utilizan fibras fácilmente inflamables o materiales que producen partículas volátiles combustibles.

Estas áreas generalmente incluyen plantas textiles de rayón, algodón y fibras semejantes; plantas fabricantes o procesadoras de fibras combustibles; molinos de semilla de algodón, plantas alijadoras de algodón; plantas procesadoras de lino; fábricas de ropa, talleres de carpintería y todas las industrias o talleres que tienen procesos o condiciones de peligros semejantes. Entre las fibras y partículas volátiles fácilmente inflamables, se encuentran el rayón, el algodón, el henequén, el ixtle, el yute, la fibra de coco, el cáñamo, la estopa, la lana vegetal, el musgo, la viruta de madera y otros materiales similares.

UN ÁREA CLASE III DIVISIÓN 2

Es aquella en la cual se manejan o almacenan fibras fácilmente inflamables, con excepción del lugar donde se fabrican.

Para que haya un fuego o una explosión deben reunirse 3 condiciones:

c) TIPOS DE EQUIPO

El alambrado y el equipo eléctrico pueden emplearse con seguridad en áreas peligrosas, siempre y cuando hayan sido efectuados o construidos de forma adecuada para una área específica, definida de acuerdo a su Clase, División y Grupo.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, cubre ampliamente el tipo de disposiciones que deben satisfacerse en relación a la seguridad de las diversas áreas clasificadas. En esta sección, a modo de introducción, solamente se verán algunos aspectos cubiertos por dicha norma. Para mayor abundamiento sobre el particular, se recomienda ampliamente la consulta de la misma.

Respecto a lo visto anteriormente en el punto de los Aspectos Generales, las reglas que se deben aplicar para las instalaciones de alambrado y equipo eléctrico en las áreas clasificadas como Clase I, se cubren en el Artículo 501, mientras que las correspondientes a las áreas Clase II, en el 502.

Los métodos de alambrado deben cumplir con:

a) Las áreas **Clase I, División I**, se deben alambra en tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado. Todas las cajas, accesorios y uniones deben tener conexiones roscadas para la unión del tubo y deben ser a prueba de explosión. Las uniones roscadas deben entrar por lo menos con cinco cuerdas completas de rosca. Donde sea necesario emplear conexiones flexibles, como en las terminales de motores, se deben usar accesorios flexibles aprobados para áreas Clase I.

1.- Un líquido inflamable, vapor o polvo combustible debe estar presente en el ambiente en cantidades suficientes.

2.- El líquido inflamable, vapor o polvo combustible debe mezclarse con aire u oxígeno en las proporciones requeridas para producir una mezcla explosiva.

3.- Una fuente de energía debe aplicarse a la mezcla explosiva.

De acuerdo con estos principios debe considerarse tanto la cantidad del líquido inflamable o vapor que pueda encontrarse en el ambiente, como sus características físicas. Por ejemplo, los gases más ligeros que el aire se dispersan tan rápidamente en la atmósfera que, excepto en espacios confinados no producen mezclas peligrosas en áreas cercanas a instalaciones eléctricas. Los vapores procedentes de líquidos inflamables tienen también una tendencia natural a dispersarse en la atmósfera y se diluyen rápidamente a concentraciones menores al límite inferior del rango inflamable (explosivo), especialmente cuando existe movimiento de aire. La probabilidad de que la concentración de gas se encuentre por arriba del límite máximo del rango inflamable o explosivo, no proporciona ninguna garantía, ya que la concentración debe pasar primero dentro de los límites de dicho rango.

El análisis de estas condiciones básicas es el principio para la clasificación de áreas peligrosas. Después de que un área ha sido clasificada según su Clase, Grupo o División, puede seleccionarse el equipo eléctrico que pueda utilizarse en dicha área.

b) Las áreas **Clase I, División 2**, se deben alambra en tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, envolventes de canalización prealambradas selladas, ductos metálicos sellados, o cables tipo PLTC, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 725, o con cable ITC en soporte para cables en charola, en sistemas de tubería soportados por cable mensajero, o directamente enterrado cuando el cable esté aprobado para este uso. Para conexiones flexibles, se deben usar accesorios metálicos flexibles, tubo (conduit) metálico flexible con accesorios aprobados, cordón flexible con conductor adicional para puesta a tierra aprobado para uso extra rudo y provisto de accesorios aprobados.

c) En las áreas **Clase II, División 1**, la instalación debe hacerse por medio de tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado. En negocios industriales con acceso restringido al público, donde las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que únicamente el personal calificado da servicio a las instalaciones, se permite el uso del cable tipo MC, aprobado para usarse en áreas Clase II, división 1, con armadura continua de aluminio corrugado hermético al gas y al vapor, con cubierta exterior de material polimérico y con conductores adicionales para puesta a tierra de acuerdo a lo indicado en 250-95, y provisto de terminales para la aplicación específica.

d) En las áreas **Clase II, División 2**, se debe emplear tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, canalizaciones herméticas al polvo o cable tipo MC con accesorios para terminales aprobados, o cables tipo PLTC, ITC, MC o TC, en charolas para cables tipo ventiladas, en una sola capa y espaciados entre sí cuando menos una vez el diámetro del cable mayor.

En cuanto a los motores y generadores, su clasificación es como sigue:

a) En las áreas **Clase I, División 1**, los motores, generadores y demás máquinas eléctricas rotativas deben ser: (1) aprobadas para áreas Clase I, División 1; (2) del tipo completamente cerrado y con ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio y con descarga a un área segura, dispuesta para prevenir que la máquina se energice hasta que la ventilación haya sido estabilizada y la envolvente haya sido purgada con aire limpio por lo menos diez veces el volumen del aire y con un dispositivo que desenergice el equipo automáticamente en caso de falla del sistema de ventilación; (3) del tipo totalmente cerrado lleno de gas inerte, que tenga una fuente de gas inerte adecuada y segura para presurizar la envolvente, provista con dispositivos que aseguren una presión positiva en la envolvente y con un arreglo que desconecte automáticamente el equipo si falla la alimentación del gas; o (4) de un tipo diseñado para estar sumergido en un líquido que solo sea inflamable en caso de estar vaporizado y mezclado con aire, gas, o vapor, a una presión mayor que la atmosférica y el cual solo sea inflamable en mezcla con aire; la máquina debe estar dispuesta para evitar que se energice mientras no haya sido purgada con el líquido o gas para sacar el aire, e interrumpa automáticamente la corriente eléctrica en caso de falla de suministro del líquido, gas, o vapor y cuando la presión de éstos caiga a la presión atmosférica.

b) En las áreas **Clase I, División 2**, los motores, generadores y demás máquinas eléctricas rotativas en las que se utilicen contactos deslizantes, mecanismos de conexión y desconexión centrífuga o de otro tipo (incluyendo los dispositivos de sobrecorriente, sobrecarga y sobrecalentamiento del motor), o dispositivos resistores integrados al motor, ya sea durante el arranque o en marcha, deben estar aprobados para áreas Clase 1, División 1, a menos que tales contactos deslizantes, mecanismos de conexión y desconexión y dispositivos resistores, estén encerrados en envolventes aprobados para áreas Clase I, División 2, de acuerdo con lo indicado en 501-3(b).

En las áreas **Clase II, División 1**, los motores, generadores y demás maquinarias eléctricas rotativas, deben ser:

- 1) Aprobadas para áreas Clase II, División 1.
- 2) Totalmente cerrados, ventilados por tubería y cumplir con las limitaciones de temperatura especificadas en 502-1.

d) En las áreas **Clase II, División 2**, los motores, generadores y demás máquinas eléctricas rotativas deben ser: no ventilados, totalmente encerrados, totalmente encerrados con tuberías de ventilación, totalmente encerrados enfriados por agua y aire, totalmente encerrados enfriados con ventilador o a prueba de ignición de polvo, para lo cual deben tener una temperatura externa máxima a plena carga de acuerdo a lo indicado en 500-3(f) para operación nor-

mal, cuando opere al aire libre (libre de polvo acumulado) y no deben tener aberturas externas.

Excepción: Si se considera que la acumulación de polvo no conductor ni abrasivo es pequeña y si la maquinaria es de fácil acceso para su limpieza y mantenimiento de rutina, se pueden instalar:

- a. Máquinas normalizadas de tipo abierto, sin contactos deslizantes ni mecanismos centrífugos de desconexión o de otro tipo (incluyendo dispositivos de sobrecorriente, de sobrecarga y de sobretemperatura) o dispositivos de resistencia incorporados.
- b. Máquinas normalizadas de tipo abierto con contactos, de mecanismo de conexión o dispositivos de resistencia encerrados dentro de alojamientos herméticos al polvo sin ventilación u otras aberturas.
- c. Motores con autolimpieza para textiles, del tipo jaula de ardilla.

En cuanto a las disposiciones que aplican a las instalaciones de alambrado y equipo eléctrico en las áreas clasificadas como Clase III, cubiertas en el Artículo 503, éstas establecen que el equipo instalado en áreas Clase III debe ser capaz de operar a plena carga sin desarrollar en su superficie una temperatura capaz de causar una deshidratación excesiva o carbonización gradual de fibras o pelusas acumuladas. Los materiales orgánicos carbonizados o excesivamente deshidratados tienen una alta probabilidad de combustión espontánea. La temperatura máxima en la superficie bajo condiciones de operación, no debe exceder de 165°C para equipo no sujeto a sobrecargas, y de 120°C para equipo (como motores y transformadores) que pueden sobrecargarse.

Los métodos de alambrado deben cumplir con los incisos siguientes:

- a) En áreas **Clase III, División 1**, el método de alambrado debe ser en tubo (conduit) metálico pesado o semipesado, conductos a prueba de polvo, o cable tipo MC con accesorios terminales aprobados.
- b) En las áreas **Clase III, División 2**, el método de alambrado debe cumplir con el inciso (a) anterior.

Excepción: en las secciones, compartimentos, o áreas usadas solamente para almacenamiento y que no contengan maquinaria, se puede usar alambrado al descubierto sobre aisladores, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 320, pero solamente a condición de que exista una protección como la requerida en 320-14 cuando los conectores no recorran espacios en el techo y estén lejos de fuentes de daño físico.

En áreas **Clase III, Divisiones 1 y 2**, los motores, generadores y otras máquinas rotatorias deben ser totalmente encerradas enfriadas por ventilador.

Excepción: En áreas donde sólo se dé una moderada acumulación de pelusas sobre, dentro, o en la vecindad de una máquina eléctrica rotatoria, y donde dicha máquina sea de fácil acceso para limpieza y mantenimiento de rutina, se permite cualquiera de los siguientes:

- a. Motores textiles auto-limpiantes del tipo jaula de ardilla.
- b. Motores normales del tipo abierto sin contactos deslizantes u otro tipo de mecanismos de conmutación, incluyendo dispositivos de sobrecarga para el motor.
- c. Motores normales del tipo abierto con contactos tales como, mecanismos de conmutación o dispositivos de resistencia encerrados dentro de envolventes herméticas sin ventilación u otras aberturas.

d) DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CAJA O GABINETE

Definición:

GABINETE.- Es un recinto o recipiente, que rodea o aloja un equipo eléctrico, con el fin de protegerlo contra las condiciones externas y con objeto de prevenir a las personas de contacto accidental con partes vivas.

CAJA O GABINETE	DESCRIPCIÓN
Tipo 1.-	USOS GENERALES.- Diseñado para uso en interiores, en áreas donde no existen condiciones especiales de servicio, y proteger el contacto accidental de personas con el equipo protegido.
Tipo 2.-	A PRUEBA DE GOTEOS.- Diseñado para uso en interiores, proteger el equipo contra goteo de líquidos no corrosivos y contra la salpicadura de lodos.
Tipo 3.-	PARA SERVICIO INTEMPERIE.- Diseñado para uso en exteriores y proteger el equipo que encierran contra tolvaneras y aire húmedo. Gabinete metálico resistente a la corrosión.
Tipo 3R.-	A PRUEBA DE LLUVIA.- Diseñado para uso en exteriores y proteger el equipo que encierran contra la lluvia; gabinete metálico resistente a la corrosión.
Tipo 4.-	HERMÉTICO AL AGUA Y AL POLVO.- Diseñado para equipo expuesto directamente a severas condensaciones externas, salpicaduras de agua o chorro de manguera.
Tipo 4X.-	HERMÉTICO AL AGUA, POLVO Y RESISTENTE A LA CORROSIÓN.- Debe cumplir con los mismos requisitos que se indican para gabinetes tipo 4, y además ser resistentes a la corrosión (con acabado especial para resistir corrosión o gabinete hecho de poliéster).
Tipo 5.-	HERMÉTICO AL POLVO.- Diseñado para uso en interiores y proteger el equipo que encierran contra polvo.
Tipo 6.-	SUMERGIBLE, HERMÉTICO AL AGUA Y AL POLVO.- Diseñado para uso en interiores y exteriores, en caso de inmersión ocasional, caída de chorros directos de agua, polvos o pelusas.

CAJA O GABINETE	DESCRIPCIÓN
Tipo 7.-	A PRUEBA DE GASES EXPLOSIVOS.- (Equipo encerrado en aire) Diseñado para uso en atmósferas peligrosas Clase I Grupos B, C ó D (ver NOM-001-SEDE) y soportar una explosión interna sin causar peligros externos.
Tipo 8.-	A PRUEBA DE GASES EXPLOSIVOS.- (Equipo encerrado en aceite) Diseñado para el mismo fin que el tipo 7 pero su equipo trabaja sumergido en aceite y evitar cualquier tipo de posibilidad de chispas que se produzcan, arriba del aceite.
Tipo 9.-	A PRUEBA DE POLVOS EXPLOSIVOS.- (Equipo encerrado en aire) Diseñado para uso en atmósferas peligrosas Clase II Grupos E, F y G. (ver NOM-001-SEDE) y evitar el ingreso de cantidades peligrosas de polvos explosivos.
Tipo 10.-	PARA USO EN MINAS.- Diseñado para uso en minas, cumpliendo los requisitos para atmósferas que contienen mezclas de metano y aire. Gabinete a prueba de explosión con juntas y seguros adecuados.
Tipo 11.-	RESISTENTE A LA CORROSIÓN.- (Equipo encerrado en aceite) Diseñado para proteger al equipo contra condensaciones externas de líquidos corrosivos, humos y gases corrosivos. Gabinete resistente a la corrosión.
Tipo 12.-	USO INDUSTRIAL, HERMÉTICO AL POLVO Y AL GOTEOS.- Diseñado para uso en interiores y proteger el equipo contra fibras, insectos, pelusas, polvos, salpicaduras ligeras, goteos y condensaciones externas de líquidos.
Tipo 13.-	USO INDUSTRIAL, HERMÉTICO AL ACEITE Y AL POLVO.- Diseñado para uso en interiores y proteger el equipo contra aceites, líquidos refrigerantes y polvos. Principalmente en gabinetes de dispositivos piloto para máquinas herramientas.

