

## APENDICE A

### El sistema SI de unidades

El sistema Internacional de Unidades (SI) ha sido adoptado por la Conferencia General de Pesos y Medidas y confirmado por la Organización Internacional para estandarización (OIE) (ISO) y la Comisión Internacional Electrónica (OIE)(IEC).

#### El sistema SI se basa en las siguientes 7 unidades primarias

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

#### Los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI se forman con los siguientes prefijos

Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
$10^{24}$	yotta	Y	$10^{-1}$	deci	d
$10^{21}$	zetta	Z	$10^{-2}$	centi	c
$10^{18}$	exa	E	$10^{-3}$	mili	m
$10^{15}$	peta	P	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{12}$	tera	T	$10^{-9}$	nano	n
$10^9$	giga	G	$10^{-12}$	pico	p
$10^6$	mega	M	$10^{-15}$	femto	f
$10^3$	kilo	k	$10^{-18}$	ato	a
$10^2$	hecto	h	$10^{-21}$	zepto	z
$10^1$	deca	da	$10^{-24}$	yocto	y

#### Unidades derivadas del sistema CGS (con nombre especial)

Nombre*	Símbolo	Valor en unidades SI
erg	erg	1 erg= $10^{-7}$ J (joule)
dyne	dyn	1 dyn= $10^{-5}$ N (newton)
poise	P	1 P=1 dyn·s/cm <sup>2</sup> =0,1 Pa·s (pascal.segundo)
stokes	St	1 St=1 cm <sup>2</sup> /s= $10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s
gauss	G	1 G corresponde a $10^{-4}$ T (tesla)
electronvolt	eV	1 eV=1,602 177 33 (49) x $10^{-19}$ J
oersted	Oe	1 Oe corresponde a (1 000/4 $\pi$ )A/m
maxwell	Mx	1 Mx corresponde a $10^{-8}$ Wb (weber)
stilb	sb	1 sb=1 cd/cm <sup>2</sup> = $10^4$ cd/m <sup>2</sup> (candela/m <sup>2</sup> )
phot	ph	1 ph= $10^4$ lx (lux)
gal	Gal	1 Gal=1 cm/s <sup>2</sup> = $10^{-2}$ m/s <sup>2</sup>
atmósfera normal	atm	1 atm=101 325 Pa

\* Es preferible evitar emplearlas y usar el valor en unidades SI.

## CONVERSIÓN DE LAS UNIDADES COMUNES A EQUIVALENTES EN UNIDADES DEL SI

### Longitud

$$\begin{aligned} 1 \text{ pie} &= 0,3048 \text{ m} \\ 1 \text{ pulg} &= 25,4 \text{ mm} = 2,54 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Area

$$1 \text{ pie}^2 \text{ (pie cuadrado)} = 0,092 \ 903 \text{ m}^2 = 929,030 \text{ cm}^2$$

### Volumen

$$\begin{aligned} 1 \text{ pie}^3 \text{ (pie cúbico)} &= 0,028 \ 316 \ 8 \text{ m}^3 = 28,3168 \text{ dm}^3 \\ 1 \text{ pulg}^3 \text{ (pulgada cúbica)} &= 16,387 \ 1 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

### Capacidad

$$\begin{aligned} 1 \text{ gal} &= 4,546 \ 09 \text{ dm}^3 = 4,546 \text{ L} \\ 1 \text{ gal EUA} &= 3,785 \ 41 \text{ dm}^3 = 3,785 \text{ L} \\ 1 \text{ pinta} &= 0,568 \ 261 \text{ dm}^3 = 0,568 \text{ L} \\ 1 \text{ onza fl} &= 28,4131 \text{ cm}^3 \\ 1 \text{ barril de petróleo} &= 42 \text{ gal EUA} = 158,97 \text{ L} \end{aligned}$$

### Masa

$$\begin{aligned} 1 \text{ ton} &= 1 \ 000 \text{ kg} \\ 1 \text{ quintal (cwt)} &= 50,8023 \text{ kg} \\ 1 \text{ lb} &= 0,453 \ 592 \text{ kg} \\ 1 \text{ oz} &= 28,3495 \text{ g} \end{aligned}$$

### Temperatura

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{^{\circ}\text{R}}{80} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{180} = \frac{\text{K} - 273,13}{100}$$

### Energía

$$1 \text{ cal}_{15} \text{ (caloría medida a } 15^{\circ}\text{C)} = 4,1855 \text{ J}$$

**APÉNDICE B Tipos y características de detectores**

No.	Nombre del detector	Tipo	Sensibilidad	Límite inferior de detección	Tiempo de respuesta (al 90%)	Linealidad	Temperatura máxima	Gas portador	Sustancias detectables y observaciones
1	Filamento caliente	Conductividad térmica	$300 - 1000 \frac{mV}{mg/mL}$	$\frac{1}{10^6} \frac{moles}{mol}$	0,25-10 s	$10^3$	350 °C	He, H <sub>2</sub>	La mayoría
2	Termistores	Conductividad térmica	$10^4 \frac{mV}{mg/mL}$	$\frac{1}{10^6} \frac{moles}{mol}$	0,25-10 s	$10^3$	100 °C	He, H <sub>2</sub>	La mayoría (especialmente adecuado para gases inorgánicos)
3	Termistores (micro)	Conductividad térmica		$\frac{1}{10^{10}} \frac{moles}{mol}$	0,25-10 s	$10^3$	200 °C	He, H <sub>2</sub>	La mayoría
4	Ionización por flama	Ionización	$30 \frac{\mu A}{mg/s}$	$\frac{1}{10^{12}} \frac{moles}{mol}$	$10^{-2}-1$ s	$10^7$	sin límite	N <sub>2</sub> , He, aire	La mayoría (no gases inorgánicos)
5	Ionización doble flama	Ionización (comparativo)	----	$\frac{1}{10^{14}} \frac{moles}{mol}$	$10^{-2}-1$ s	$10^7$	sin límite	N <sub>2</sub> , He, aire	La mayoría (no gases inorgánicos)
6	Captura electrónica	Ionización (radiaciones β)	----	$\frac{1}{10^{14}} \frac{moles}{mol}$	0,5-30 s	$10^2$	225 °C	Ar+5%CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub>	Sustancias electroafines: deriv. orgán. de Cl, P, Pb, etc. Pesticidas P.A.N. Veneno en el humo
7	Sección transversal	Ionización (radiaciones β)	----	----	10 s	hasta el 100% $10^4$	225 °C	Ar, N <sub>2</sub>	-----
8	Sección transversal (micro)	Ionización (radiaciones β)	----	$\frac{1}{10^8} \frac{moles}{mol}$	$4 \times 10^{-4}-2$ s	$10^4$	225 °C	Ar, N <sub>2</sub>	Muchas (incluso gases inorgánicos)
9	Movilidad electrónica (Lovelock)	Ionización (radiaciones β)	$10^3 \frac{\mu A}{mg/mL}$	$\frac{1}{10^{10}} \frac{moles}{mol}$	$10^{-3}$ s	$10^4-10^7$	----	Ar	Sustancias de ionización más fácil que la del Ar: todas, menos gases nobles y algunos inorgánicos
10	Voltaje de ruptura (Karmen)	Ionización	$10^5 \frac{mA}{mg/mL}$	$\frac{5}{10^7} \frac{mg}{mL}$	----	----	----	He	-----
11	Descarga en gases a baja presión	Ionización	$10^{-6} \frac{mV}{mg/mL}$	$1,6 \times 10^{-7} \frac{mg}{mL}$	----	----	----	N <sub>2</sub>	-----
12	Termoiónico a baja presión	Ionización	$5 \times 10^{-6} \frac{mV}{mg/mL}$	$4 \times 10^{-7} \frac{mg}{mL}$	----	$4 \times 10^4$	----	----	Ionizables fácilmente (todos, excepto gases nobles)
13	Densidad de gases	Densimetría	----	$\frac{1}{10^6} \frac{moles}{mol}$	0,25-10 s	muy elevada	----	N <sub>2</sub> , Ar	La mayoría; depende del peso molecular. Medida de pesos moleculares
14	Pérdida de carga	Viscosimetría	----	$\frac{1}{10^3} \frac{moles}{mol}$	----	----	----	----	-----
15	Celda de capacitancia	Constante dieléctrica	----	$\frac{1}{10^3} \frac{mg}{mL}$	----	----	----	----	Usado en cromatografía por desplazamiento
16	Velocidad del sonido	Acústico	----	----	----	----	----	----	Varios. Gases respiratorios
17	Radiactividad (Geiger)		----	----	----	----	>200 °C		Sustancias radiactivas: compuestos orgánicos con isótopos radiactivos
18	Espectrógrafo de masas		----	----	----	----	----	He	-----
19	Absorción de infrarrojo	Optico	----	$\frac{1}{10^8} \frac{moles}{mol}$	----	----	----	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> y sustancias combustibles que previamente se quemarán a CO <sub>2</sub>
20	Absorción de ultravioleta	Optico	----	----	0,25-10 s	----	----		Compuestos con grupos cromóforos
21	Emisividad de flama	Optico	----	----	----	----	----		Localización de aromaticidad de compuestos orgánicos
22	Combustión catalítica	Calor de Combustión	----	----	----	----	sin límite	----	-----
23	Temperatura de flama de H <sub>2</sub>	Calor de Combustión	----	----	----	----	sin límite	N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	Sustancias orgánicas
24	Potenciométrico	Valoración volumétrica redox	----	----	----	----	ambiente	----	Mercaptanos
25	Culombimétrico	Valoración electrolítica	----	----	----	----	ambiente	----	Acidos, bases, mercaptanos y compuetos carbonílicos; otros: combustión previa y valoración CO <sub>2</sub>

Fuente: J. M. Storck de Gracia, *Fundamentos de la Cromatografía de Gases*, Editorial Alhambra España, 1968.

# Apéndice C. Carta de referencia de cromatografía líquida

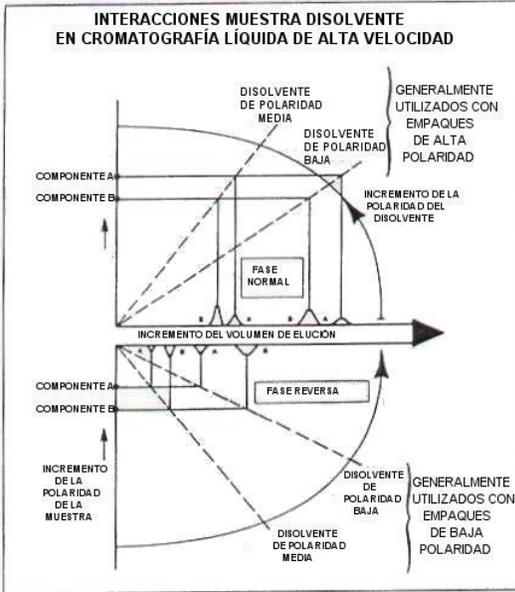
FASE NORMAL vs FASE REVERSA

	FASE NORMAL	FASE REVERSA
POLARIDAD DEL EMPAQUE	ALTA	BAJA
POLARIDAD DEL DISOLVENTE	BAJA A MEDIA	MEDIA A ALTA
ORDEN DE ELUCIÓN DE LA MUESTRA	MENOS POLAR PRIMERO	MÁS POLAR PRIMERO
EFFECTO DE INCREMENTO DE LA POLARIDAD DE L DISOLVENTE	REDUCE EL TIEMPO DE ELUCIÓN	AUMENTA EL TIEMPO DE ELUCIÓN

PROPIEDADES DE LOS DISOLVENTES CROMATOGRAFICOS a

Disolvente	$\epsilon^* b (Al_2O_3)$	Viscosidad (cP, 20°C)	Índice de Refracción	Línea de corte nm
<b>Fluoroalcanos</b>	-0.25		1.25	
<i>n</i> -Pentano	0.00	0.23	1.358	210
<i>iso</i> -octano	0.01	0.54	1.404	210
<b>Éter de Petróleo</b>	0.01	0.3		210
<i>n</i> -Decano	0.04	0.92	1.412	210
Ciclohexano	0.04	1.00	1.427	210
Ciclohexano	0.05	0.47	1.406	210
Diiso-butileno	0.06		1.411	
1-Penteno	0.08		1.371	
Disulfuro de carbono	0.15	0.37	1.626	380
Tetracloruro de carbono	0.18	0.97	1.466	265
Cloruro de amilo	0.26	0.43	1.413	225
Xileno	0.26	0.62-0.81	1.50	290
<i>iso</i> -Propil éter	0.28	0.37	1.368	220
Cloruro de <i>iso</i> -propilo	0.29	0.33	1.378	225
Tolueno	0.29	0.59	1.496	285
Cloruro de <i>n</i> -propilo	0.30	0.35	1.389	225
Clorobenceno	0.30	0.80	1.525	
Benceno	0.32	0.65	1.501	280
Bromuro de etilo	0.37	0.41	1.424	
Éter etílico	0.38	0.23	1.353	220
Sulfuro de etilo	0.38	0.45	1.442	290
Cloroformo	0.40	0.57	1.443	245
Cloruro de metileno	0.42	0.44	1.424	245
Metil- <i>iso</i> -butilcetona	0.43		1.394	330
Tetrahidrofurano	0.45		1.408	220
Dicloruro de etileno	0.49	0.79	1.445	230
Metil etil cetona	0.51	0.43	1.381	330
1-Nitropropano	0.53		1.400	380
Acetona	0.56	0.32	1.359	330
Dioxano	0.56	1.54	1.422	220
Acetato de etilo	0.58	0.45	1.370	260
Acetato de metilo	0.60	0.37	1.362	260
Alcohol amílico	0.61	4.1	1.410	210
Dimetil sulfóxido	0.62	2.24	1.477	
Anilina	0.62	4.4	1.586	
Diethyl amina	0.63	0.38	1.387	275
Nitropropano	0.64	0.67	1.394	380
Acetonitrilo	0.65	0.37	1.344	210
Piridina	0.71	0.94	1.510	305
Butil celosolve	0.74			220
2-Propanol, 1-Propanol	0.82	2.3	1.38	210
Etanol	0.88	1.20	1.361	210
Metanol	0.95	0.60	1.329	210
Etilén glicol	<b>1.11</b>	19.9	1.427	210
Ácido acético		1.26	1.372	
Agua		1.00	1.333	

INTERACCIONES GENERALES ENTRE LA MUESTRA Y EL DISOLVENTE COMO UNA FUNCIÓN DE LA POLARIDAD



a Adaptado de "Principles of Adsorption Chromatography" by Lloyd Snyder, by Courtesy of Marcel Dekker, Inc., New York, N.Y.

b  $\epsilon^*$  es definido por Snyder como "la energía de adsorción por unidad de área de la superficie activa de referencia."

## SERIE ELUTRÓPICA Y POLARIDADES DE LOS EMPAQUES DE COLUMNAS

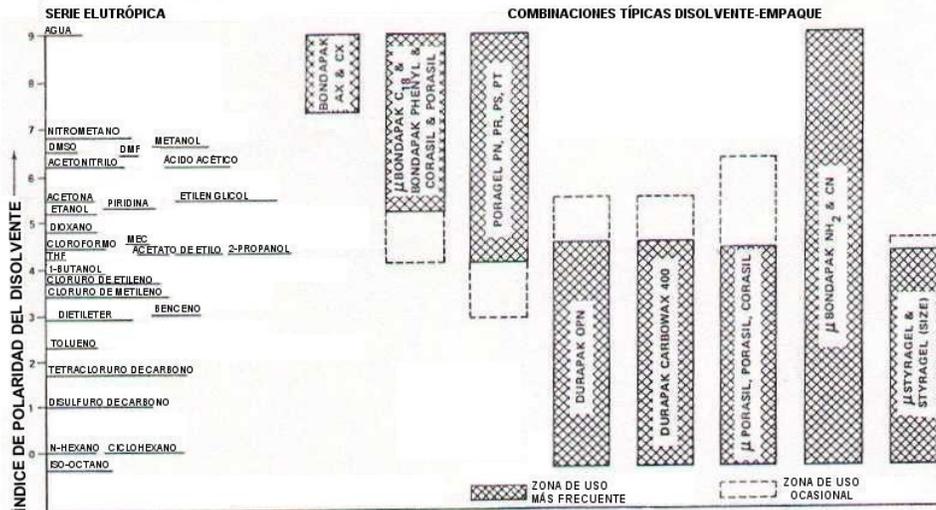


TABLA DE CONSTANTES DIELECTRICAS DE VARIOS DISOLVENTES			
DISOLVENTE	$\epsilon$	DISOLVENTE	$\epsilon$
<i>n</i> -Pentano	1,84	1,2-Dicloroetano	10,1
<i>n</i> - Hexano	1,89	Piridina (py)	12,3
<i>n</i> -Heptano	1,92	Salicil-aldehido	13,9
<i>n</i> -Octano	1,95	Oxicloruro Fosforoso	14,0
<i>n</i> -Decano	1,991	Etilen-diamina	14,2
Ciclohexano	2,02	Ciclohexanol	15,0
Ciclohexeno	2,20	Acetoacetato de Etilo	15,7
1,4-Dioxano	2,209	Cloruro de Acetilo	15,8
Tetracloruro de Carbono	2,238	Amoniaco	17,0
Benceno	2,3	<i>n</i> -Butanol	17,5
Etil Benceno	2,41	Benzaldehido	17,8
Trietilamina	2,42	<i>iso</i> -Propanol	18,3
Tolueno	2,568	Cianuro de Bencilo	18,4
<i>o</i> -Xileno	2,57	<i>n</i> -Propanol	20,3
Disulfuro de Carbono	2,64	<i>n</i> -Butironitrilo	20,3
Tiofeno	2,73	<i>iso</i> -Butironitrilo	20,4
Furano	2,95	Trimetil Fosfato (TMP)	20,6
Eter Dietílico	4,3	Acetona (AC)	20,7
Anisol	4,33	Anhídrido Acético	20,7
Bromoformo	4,39	Cloruro de Benzoilo	23,0
<i>o</i> -Clorotolueno	4,45	Fluoruro de Benzoilo (BF)	23,0
Cloroformo	4,80	Etanol	24,55
Clorobenceno	5,62 (25°C)	Benzonitrilo (BN)	25,2
<i>iso</i> -Propilamina	6,0	Dicloruro Fenil Fosfórico	26,0
<i>ter</i> -Butilamina	6,0	Propionitrilo	27,7
Acetato de Etilo	6,02	Difloruro Fenil Fosfónico	27,9
<i>p</i> -Clorotolueno	6,06	Hexa-metil-fosforo-amida (HMPA)	30,0
Acido Acético	6,15	Carbonato de Dicloroetileno (DEC)	31,6
Acetato de Metilo	6,7	Metanol	32,65
Tributil Fosfato (TBP)	6,8	Nitrobenceno (NB)	34,82
Anilina	6,89	Nitrometano (NM)	35,9
Etil Amina	6,9	<i>N,N'</i> Dimetilformamida (DMF)	36,1
Cloruro de Bencilo	7,0 (13°C)	<i>N,N'</i> Dimetilacetamida (DMA)	37,8
1,2-Dimetoxietano	7,0	Acetonitrilo (AN)	38,0
Ioduro de Metilo	7,0	Etilen-Glicol	38,66
Dimetoxietano (DME)	7,2	Sulfito de Etileno (ES)	41,0
Cloruro de <i>n</i> -Butilo	7,39	Sulfolano (Tetrametilen Sulfona-TMS)	42,0
Tetrahidrofurano (THF)	7,6	Dimetil Sulfoxido (DMSO)	45,0
Tricloro Etano	7,52	Oxicloruro de Selenio	46,0
Cloruro de Metileno	9,0	Hidracina	51,7
Cloruro de Tionilo	9,2	Carbonato de 1,2-Propanodiol (pdc)	69,0
Cloruro de Sulfurilo	10,0	Agua	81,0
1,1-Dicloroetano	10,0 (25°C)	Carbonato de Etileno (EC)	89,1

BIBLIOGRAFIA:

Admed Wasi, J. Chem. Ed., 56, 795(1985)  
 Dean John A., Lange's Handbook of Chemistry, Thirteenth Ed. (1985)  
 Jensen William B., Chem. Reviews, 78, No. 1, pags. 1-22.(1978)