



Tabla de CONVERSIÓN DE UNIDADES

MARGARITA E. PATIÑO JARAMILLO
ÁLVARO MONSALVE HERRERA
CARLOS E. MAYA MONTOYA

Humedad específica kg/kg de aire seco



0.000

0.005

0.010

0.015

0.020

TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

MARGARITA E. PATIÑO JARAMILLO

ÁLVARO MONSALVE HERRERA

CARLOS E. MAYA MONTOYA





Patiño Jaramillo, Margarita E.

Tabla de conversión de unidades / Margarita E. Patiño Jaramillo, Álvaro Monsalve Herrera, Carlos E. Maya Montoya. -- 1ª ed. -- Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2011

83 p. -- (Colección Textos académicos)

ISBN 978-958-8743-07-3

1. Tablas de conversión 2. Mediciones 3. Sistema de unidades 4. Unidades I. Monsalve Herrera, Álvaro II. Maya Montoya, Carlos E. III. Tit. (Serie)
530.81 SCDD 21

Catalogación en la publicación - Biblioteca ITM

COLECCIÓN TEXTOS ACADÉMICOS

Fondo Editorial ITM

TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

© Margarita E. Patiño Jaramillo

© Álvaro Monsalve Herrera

© Carlos E. Maya Montoya

© Instituto Tecnológico Metropolitano

1a. Edición: diciembre de 2011

ISBN: 978-958-8743-07-3

Hechos todos los depósitos legales

Rectora

Luz Mariela Sorza Zapata

Editora

Silvia Inés Jiménez Gómez

Comité Editorial

Olga María Rodríguez Bolufé, Ph. D., Buenos aires

José R. Galo Sánchez, Ph. D., Córdoba

Liliana Saïdon, Ph. D., España

Montserrat Vallverdú Ferrer, Ph. D., España

Gianni Pezzoti, Ph. D. México

Juan Guillermo Rivera Berrío, Ph. D., Colombia

Raúl Domínguez Rendón, Ph. D., Colombia

Paula Andrea Botero Bermúdez, Mgc, Colombia

Silvia Inés Jiménez Gómez, Mgc, Colombia

Viviana Díaz Díaz, Colombia

Corrección de textos

Juan José Arango

Secretaría Técnica

Gladys Marina Gómez Acevedo

Diagramación

Alfonso Tobón Botero

Hecho en Medellín, Colombia

Publicación electrónica

Instituto Tecnológico Metropolitano

Institución Universitaria

Calle 73 No. 76A 354

Tel.: (574) 440 51 97 • Fax: 440 52 52

www.itm.edu.co

Medellín – Colombia

Las opiniones, originales y citas del texto son de la responsabilidad de los autores. El Instituto salva cualquier obligación derivada del libro que se publica. Por lo tanto, ella recaerá única y exclusivamente sobre los autores.

CONTENIDO

1	LAS CONVERSIONES EN LA HISTORIA	17
1.1	Patrones de medida en la antigüedad	19
2	SISTEMAS MÉTRICOS DE UNIDADES	27
2.1	Sistema CGS absoluto.....	27
2.2	Sistema MKS absoluto.....	27
2.3	Sistema MKS técnico.....	28
2.4	Sistemas métricos completos de unidades	28
2.5	Sistema Internacional de Unidades	30
2.6	Sistema anglosajón.....	32
3	DEFINICIONES DE UNIDADES.....	35
3.1	Tablas de conversión de unidades	42
4	TABLAS DE MOLLIER CON UNA VARIABLE CONSTANTE.....	66
	BIBLIOGRAFÍA	81

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Sistemas métricos completos de unidades I	29
TABLA 2	Sistemas métricos completos de unidades II.....	29
TABLA 3	Sistemas métricos completos de unidades III.....	30
TABLA 4	Unidades SI fundamentales	31
TABLA 5	Constantes universales	38
TABLA 6	Constantes electromagnéticas.....	39
TABLA 7	Constantes atómicas y nucleares	39
TABLA 8	Constantes fisico-químicas.....	40
TABLA 9	Factores para la conversión de unidades	58
TABLA 10	Tablas de conversión de temperaturas.....	59
TABLA 11	Prefijos en el Sistema Internacional de Medidas.....	63
TABLA 12	Fracciones de pulgada a milímetros	64
TABLA 13	Tablas de Mollier, a calidad constante.....	66
TABLA 14	Tablas de Mollier, a temperatura constante	69
TABLA 15	Tablas de Mollier, a entropía constante	75
TABLA 16	Tablas de Mollier, a densidad constante	79

INTRODUCCIÓN

La idea de realizar un manual con las tablas de conversión de unidades surge ante la necesidad de unificar y reunir esta información utilizada en los cursos de ciencias básicas y aplicadas, desde el nivel básico secundario hasta los programas de grado y posgrado universitarios.

Los libros de física, química y de otras áreas del saber traen resúmenes de las tablas de conversión de unidades en forma reducida, aunque hoy en día es muy fácil encontrar esa información en otros libros, incluso en la internet; sin embargo, según nuestra visión, es necesario tener esa información de una manera más concreta y completa.

En este manual se han recopilado las constantes universales, electromagnéticas, atómicas y nucleares y físico-químicas más importantes, además de una completa tabla de conversiones en la que se dan las fórmulas para la conversión de temperaturas y un diagrama de Mollier (entalpía-entropía para el vapor de agua), entre otros datos, además, se presenta como producto parcial del proyecto de investigación P09246, producción de jabón y alcohol en gel, mejorados en su poder bactericida para prevenir contagios con posibles virus y/o bacterias en el ITM, bajo responsabilidad de los profesores Álvaro Monsalve Herrera y Margarita Patiño Jaramillo.

AGRADECIMIENTOS

Tenemos una gran deuda de gratitud con los profesores doctor Edilson Delgado Trejos, Ph. D., Camilo Valencia Balvín, MSc. y Diego Hincapié Zuluaga, MSc., de quienes hemos atendido sus sugerencias y nos hemos beneficiado enormemente con sus revisiones y recomendaciones cuidadosas y constructivas. Incluimos, además, a todas aquellas personas que han colaborado en la edición de estas tablas para beneficio académico.

Los autores

1 LAS CONVERSIONES EN LA HISTORIA

*Suelo decir con frecuencia
que cuando se puede medir aquello de lo que se habla
y expresarlo en números,
se sabe algo de ello*

William Thomson (Lord Kelvin), primer barón de Kelvin

Desde la aparición del *Homo sapiens* en la tierra, la necesidad de explorar nuevos territorios en busca de mejores condiciones de vida lo llevó a medir distancias tomando como referencia las jornadas solares y las medidas corporales (pies, brazos, etc.). Se conocen en el Cercano Oriente algunos planos y mapas esbozados que datan de los años 2500 a. C.

De igual modo, en los intercambios comerciales, donde el trueque implicaba el intercambio de unos productos por otros, era necesario conocer la cantidad, el peso o el volumen exactos del producto que se quería comercializar; así comenzaron las mediciones en los productos alimenticios y los objetos de valor como el oro y la plata.

Se ha estimado que las primeras balanzas se remontan al año 5000 a. C. En Mesopotamia Egipto comienzan a utilizarse hacia el año 3000 a. C., siendo sus valores los múltiplos de una unidad común: el peso de un grano de la semilla del algarrobo (1 grano = 0,06479891 g, llamado *karat* o *kilate*). Es posible que el uso de las pesas para la medición fuese posterior al uso del peso del grano. La ciencia de la antigua Grecia, a partir del año 500 a. C., tuvo necesidad de instrumentos de precisión para determinar

la pureza de metales preciosos. Desde el siglo VIII, los árabes mejoraron el diseño de la balanza. En Europa, desde el siglo XII, sus pobladores aprendieron a fabricar balanzas basándose en tratados antiguos, aunque las usadas en la Alta Edad Media (500-1000) fueron bastante más simples. Yendo más atrás en el tiempo, aún es posible encontrar en los mercadillos la «romana»,¹ aunque lo más habitual es que se trate de un simple objeto decorativo. Finalmente, hoy en día se usan las básculas electrónicas.

El proceso histórico de la medición da muestra de que gran parte de la existencia y el desarrollo de la humanidad ha dependido significativamente de su capacidad para realizar mediciones. Cuando un ser humano tomó por primera vez una piedra y la lanzó para capturar una presa, tuvo la necesidad inconsciente de conocer la información de varias magnitudes físicas; así nacieron las mediciones. Necesitó, por ejemplo, saber la distancia a la que estaba el objetivo, el peso de la piedra, la fuerza que iba a utilizar para lanzarla, con la velocidad y la dirección apropiadas, y la velocidad del viento.

Cuando una persona va a cruzar una calle y observa un vehículo que se acerca, necesita la información de un número significativo de magnitudes y la capacidad de procesarla antes de tomar la decisión de pasar o esperar, pues de todo ello puede depender su vida. De igual manera, al despertarnos en la mañana empezamos a realizar mediciones del medio que nos rodea para tomar decisiones. Cada paso que damos en la vida depende de muchas mediciones. La existencia y el desarrollo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y toda actividad profesional, tienen una dependencia directa de las mediciones. No existe dato económico,

¹ La romana: es un instrumento que sirve para pesar, compuesto de una palanca de brazos muy desiguales, con el fiel sobre el punto de apoyo. El cuerpo que se ha de pesar se coloca en el extremo del brazo menor, y se equilibra con un pilón o peso constante que se hace correr sobre el brazo mayor, donde se halla trazada la escala de los pesos.

global, ramal, de empresa o de un proceso productivo que no provenga de la ejecución de las mediciones.

Las habilidades competitivas de los profesionales y los obreros dependen en gran medida de sus conocimientos y capacidades para realizar mediciones.

1.1 PATRONES DE MEDIDA EN LA ANTIGÜEDAD

Una de las medidas más antiguas que se conocen es el *codo real*, que equivale a la distancia del codo del ser humano hasta la punta de los dedos extendidos: unos 52 cm. El codo real se divide en 18 *djebas* (dígitos), equivalentes, cada uno, al ancho de un dedo. Cuatro dígitos suman un *shesep*, el ancho de la palma de la mano. Un codo real consta de 7 u 8 palmas; y un *codo corto*, de 6 palmas, unos 45 cm. Para medir distancias más largas, los egipcios empleaban la *khet* (vara), que equivale a 100 codos reales (52 m); y el *iteru* (río), equivalente a 20.000 codos reales (10 km).

Por otra parte, los nómadas del Sahara, donde la exacta apreciación de la distancia entre un pozo de agua y el siguiente tiene una importancia de vida o muerte, poseen una terminología muy rica en cuanto a las medidas de longitud. Allí, el camino se mide en *tiros de bastón*, *tiros con arco*, *alcance de la voz*, *la vista*, *la vista desde la grupa de un camello*, *por la marcha desde el amanecer hasta el ocaso*, *desde la primera hora de la mañana*, *media mañana*, *mediodía*, *la marcha de un hombre cargado y uno sin carga*, *de un asno o un buey cargado*, *la marcha en terreno fácil o difícil*, etc. Estas unidades se utilizan hasta hoy, y hallamos testimonios de su existencia en fuentes históricas que datan por lo menos de hace mil años.

El trasfondo social de cada sistema de medición ha sido el origen de su inercia. Al tomar de los romanos el arte de medir y la institución del catastro, los galos conservaron su unidad

tradicional: el *arepennis*, unidad de terreno arable por un hombre y un arado (*penn – os*: cabeza; de ahí el actual *arpent*).

Análogamente, la *milla romana* (equivalente a 1.000 pasos dobles) no tuvo arraigo en los territorios de Galia, porque esa región, famosa por su cría de caballos, la fabricación de carros de tiro y, en el sentido bélico, su fuerza de caballería, necesitaba manejar unidades más largas. Así, conservó su tradicional *leugae* («legua», antecesora de la *leueu* francesa), que equivale aproximadamente a 4 km.

La administración vial romana debió reconocer oficialmente la medida nativa, y en los monolitos camineros comenzó a grabar las leguas al lado de las millas, y posteriormente solamente leguas, pues los cocheros del correo imperial, los maestros de obras viales y, en general, todos los que en Galia tenían algo que ver con el transporte, eran gentes del lugar (Robinson, 2007).

Y así, la *tafla* (hoja, luna) es la medida del vidrio, y su tamaño viene dictado por las dimensiones de las mesadas aplanadoras en las cristalerías.

El tamaño del *ges* (recipiente con forma de ganso), medida del hierro en bruto, está condicionado por la técnica que a su vez establece la cantidad del metal fundido emitido de una sola colada por el horno. La *sztaba* (barra), por otra parte, que representa la medición del hierro forjado, se ajusta a los tamaños utilizables en la técnica de la forja. Lo mismo se aplica al *horno*, medida para la cal, y al *siag* (carga del horno), unidad para medir el carbón de leña.

Los problemas del transporte corresponden a otro género de fenómenos determinantes de las dimensiones unitarias en las mediciones de diversos productos. Este tipo de unidades ya es propio de sociedades con economía mercantil. Cuando los

artículos son de producción geográficamente diseminada y su comercio se realiza al por mayor, las dimensiones de las unidades son mayores; mientras que cuando los artículos se producen en un territorio limitado y son comerciados al por menor, esas unidades decrecen. Un ejemplo de la primera categoría bien puede ser el trigo, cuya unidad de medición, dictada por las condiciones de su transporte, es muy amplia: el *laszt*. Un ejemplo de la segunda podría ser el *cesto*, para medir el carbón de leña; o el *carro*, tan a menudo utilizado para diversos productos. El transporte determina otras unidades de medición, como por ejemplo el *tódka* (contenido del bote), que rige la venta de arena. Por otra parte, si se comienza a utilizar el *carrito* como unidad de medida para la venta de sal en las salinas rutenas,² consecuentemente se produce cada cierto tiempo la reglamentación de dicha unidad.

Otro dato curioso es la aparición de la medida llamada *surco*, para medir las ventas de repollos y nabos.

Cabe anotar que el hombre primitivo mide el mundo con su propio cuerpo. Para aprehender objetos independientes de sí mismo, se sirve de los miembros de su cuerpo: pie, brazo, dedo, mano, brazos abiertos, paso.

En la antigüedad, las medidas de capacidad eran el *cuartillo*, equivalente a 0,504 L; la *pinta*, equivalente a 1,008 L; el *azumbre*, equivalente a 2,016 L; el *cántar*, equivalente a 16,13 L; el *moyo*, equivalente a 258,05 L; la *pipa*, equivalente a 433,5 L; la *bota*, equivalente a 516,1 L; y el *cahiz*, equivalente a 666 L.

Los sumerios tenían como unidad fundamental para arquitectura el *pie*, que en su sistema equivalía a la mitad de un codo. Los griegos también usaban el pie como unidad de referencia de medida lineal y, según la leyenda, era la medida real del pie de Hércules; sin embargo, no eran exactamente

² Salinas rutenas: salinas ubicadas en la región de la Europa del este.

iguales las medidas del pie en las diversas ciudades de Grecia. Para distancias mayores, los griegos usaban el *paso*, y cada 100 pasos formaban un *estadio* (aproximadamente 183 m), siendo el nombre de esta última unidad la que se aplicó al campo deportivo donde se celebraban las carreras olímpicas.

El sistema de medidas de los romanos fue semejante al de los países del Mediterráneo que conquistaron, con la diferencia de ser duodecimal, por lo que dividían el pie en 12 partes iguales. Tenían el paso, que equivalía a 5 pies, y 1.000 pasos que hacía una *milla romana*. Puesto que los romanos dominaron la mayor parte de Europa, prevaleció el uso de estas unidades hasta la aparición del sistema métrico.

Al igual que en las unidades de longitud, las unidades de capacidad se relacionaron con el cuerpo humano. El *puñado* es considerado la primera de estas unidades, y es la cantidad que cabía en las dos manos juntas. Posteriormente, las unidades de capacidad se basaban en recipientes hechos de cuero de animal, tales como jarros o cántaros, que facilitaban el intercambio entre tribus.

Las medidas de capacidad de los hebreos eran la *fanega*, para productos áridos o secos, y el *jin*, para líquidos, equivalente aproximadamente a 5 L. Otras medidas como el cascarón de huevo y el *log*, equivalente a 6 cascarones, se usaban en tiempos primitivos.

Basado en narraciones del profeta Ezequiel en la Biblia, los judíos usaban una medida de mayor capacidad denominada el *homer* o *gromor*, tanto para líquidos como para áridos. También tenían el *baño*, que era la décima parte del homer y seis veces un *jin*.

Hoy en día se confunde el peso con la masa, y en la antigüedad esto era muy común. Los antiguos hablan de *unidades de peso*,

cuando realmente se trata de *unidades de masa*. El siguiente ejemplo aclarara esta diferencia. Si cualquiera requiere comprar un kilo de azúcar, lo que necesita de esa azúcar es su masa y no su peso; se debe, por lo tanto, tener presente que la *masa* es la cantidad de materia y *peso* es la fuerza con que la Tierra atrae a esta cantidad de materia.

Las unidades de masa más antiguas fueron los granos (actualmente dentro del sistema anglosajón de medidas), principalmente los de trigo o arroz. Incluso el oro y la plata se medían con granos que nivelaban una balanza. Esta forma de pesar era muy imprecisa, pues dependía del peso de los granos elegidos, su tamaño, la humedad que tuviesen, etc.

La unidad de masa más antigua hecha por el hombre es el *siclo*, usada por los fenicios y equivalente a 150 g. Otras son la *mina*, de 746 g, y el *talento*, de 4.000 g. La unidad del antiguo Egipto era el *tabnú*, entre 90 y 99 g; y en Asiria el *talento*, de 30 g. El *siclo*, remontándose a tiempos bíblicos, era la unidad de masa y monetaria en todos los países del Medio Oriente.

Los griegos utilizaban el *estáter*, basado en el siclo de los egipcios, que se dividía en 2 dracmas; 50 estáteres hacían una *mina*. Los romanos, con su sistema duodecimal, adoptaron la *libra*, con equivalencia de 327 g. Sin embargo, tomaron como base de sus unidades el siclo antiguo, denominando *uncia* a dos siclos; 12 uncias equivalían a una libra. También se usó el *óbolo*, de 0,568 g.

Debido a una u otra civilización, hacia el siglo v, en Europa había establecidos varios sistemas de pesas y medidas. Algunos habían sido mezclados con los sistemas de unidades romanos al ser conquistados por estos o por los germanos. Los sistemas carecían de lógica, y contenían unidades procedentes de diversos orígenes sin relación unas con otras. Había, como en la actualidad, cuatro

sistemas de numeración: el sistema *decimal*, atribuido a los chinos y a los egipcios, en el que las unidades se dividían en décimas; el sistema *duodecimal*, de los romanos, que tenía como divisores el número 12 y sus divisores; el *binario*, originario de los indios, con medios y cuartos, entre otros; y el sistema *sexagesimal*, de los sumerios y los babilonios, que dividía las unidades entre 60, como se utiliza en los ángulos y el tiempo.

Posteriormente hubo en toda Europa gobiernos más firmes, cuyos reyes hicieron esfuerzos para salir de la situación de caos que imperaba en los sistemas de pesas y medidas y trataron de normalizar las unidades en sus respectivos países. No tuvieron gran éxito, pues no trataron de implantar un sistema completo, sino simplemente regularizar las partes de los sistemas que ya existían.

En la Edad Media era incontable el número de unidades existentes; incluso había muchas que teniendo el mismo nombre presentaban valores diferentes. Esta situación continuó hasta el siglo XIX, cuando el estadounidense J. H. Alexander se dedicó a recopilar una relación de las unidades existentes que, aún lejos de ser completa, registraba 4.000 unidades.

En los siglos XVI y XVII, en que el desarrollo de las ciencias comenzó a tomar fuerza, los científicos sintieron la necesidad de tener un mejor sistema de unidades de medida. La ciencia no podía progresar sin uno que fuera exacto, uniforme e invariable. A finales del siglo XVIII, los científicos, basados en esta necesidad, crearon el sistema *métrico*.

Una cantidad física sólo se puede medir comparándola con otra de la misma naturaleza. Aquella tomada como referencia se denomina unidad, y el valor de cualquier cantidad física, de la misma clase, se podrá definir por su relación con la unidad.

La unidad general de una magnitud física se define como su *dimensión*, existiendo para cada magnitud física una única

dimensión si las unidades han de estar relacionadas únicamente por factores numéricos.

Con base en un sistema dimensional, se puede determinar un sistema de unidades, escogiendo para cada dimensión fundamental del sistema una unidad específica. A estas unidades se las denomina *unidades fundamentales*, y las unidades físicas respectivas se conocen como *magnitudes fundamentales*.

Escogiendo las unidades fundamentales, una para cada dimensión y magnitud física, se pueden expresar todas las demás magnitudes físicas en función de las magnitudes fundamentales y de sus unidades. A todas las unidades que no son fundamentales se las denomina *unidades derivadas*.

BIBLIOGRAFÍA

Aplicación web para el conocimiento y conversión de unidades. Sitio web: Meteo. Disponible en: http://meteo.ieec.uned.es/www_Usumeteo2/Memoria/Capitulo2.pdf. Fecha de consulta: 27 julio 2011.

Física TS: Datos. Sitio web: Física TS Datos. Disponible en: <http://www.olivella.org/Rafanell/SIGLO%20XXI/FORMACION%20%20PROFESIONAL/Fisica%20datos%20TS.doc>. Fecha de consulta: 27 julio 2011.

Nava Jaimes, Héctor, Félix Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Gutiérrez (2001). El Sistema Internacional de Unidades (SI). Los Cués, Querétaro. Centro Nacional de Metrología. Publicación Técnica CNN–MMM–PT–003.

Perry, Robert H. y Cecil H. Chilton (1973). Chemical Engineer's Handbook. 5.a.ed. Tokyo. McGraw-Hill Kogakusha ltd.

Pressure–Enthalpy Diagram, based on IAPWS–95 Formulation for General and Scientific Use Mollier Diagrams. Sitio web: Chemical Logic Corporation. Disponible en: <http://www.chemicallogic.com/download/mollier.html>. Fecha de consulta: 1 agosto 2011.

Robinson, Andrew (2007). La historia de las medidas. Barcelona. Paidós.

Serway, A. Raymond y John W. Jewett (2005). Física Para Ciencias e Ingenierías. Vol.I. 6.a ed. México. Thomson.

Witold, Kula (1980). Las medidas y los hombres. 3.a ed. Madrid. Siglo XXI editores.



TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

Las fuentes tipográficas empleadas son Times New Roman 12 puntos, en texto corrido, y Myriad Pro 14 puntos en títulos.