

Comportamiento físico – químico del cobre en obras civiles. Una perspectiva desde la química analítica.



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1396>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de revisión

Comportamiento físico – químico del cobre en obras civiles. Una perspectiva desde la química analítica

Physical-chemical behavior of copper in civil works. A perspective from analytical chemistry

Comportamento físico-químico do cobre em obras civis. Uma perspectiva da química analítica

Mirna Geraldine Cevallos-Mina ¹
c_geraldine_1203@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5383-4522>

Correspondencia: c_geraldine_1203@hotmail.com

***Recibido:** 20 de julio de 2020 ***Aceptado:** 20 de agosto de 2020 *** Publicado:** 11 de septiembre de 2020

- I. Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales, Ingeniera Química, Docente Investigador de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.

Resumen

El enfoque del presente trabajo de investigación, se basa en identificar elementos del comportamiento de las propiedades físicas y químicas del cobre aplicando su uso a obras de construcción civil. Donde se hace un pequeño abordaje del como se visualiza dicho comportamiento desde la aplicabilidad de la química analítica. Desde el punto de vista metodológico, el presente documento se centra en una revisión documental o desk research de variada información sobre el proceso de obtención del cobre y de sus aleaciones, para desglosar diversas propiedades físicas que describen la caracterización de dicho material y de las propiedades químicas que de manera analítica fundamentan la composición de la estructura de dicho metal y sus respectivas aleaciones. Es de fundamental importancia destacar que en la construcción civil el cobre es un material metálico ampliamente utilizado e implementado de manera eficiente en los sistemas de distribución de electrificación, los sistemas de gasificación, sistemas de energía solar y una amplia variedad de aplicaciones de obras complementarias en las instalaciones de edificaciones. Por su alta conductividad y por la capacidad de soportar altas temperaturas, le proporciona una larga vida útil, con amplios márgenes de resistencia y del que se pueden obtener aleaciones al ser combinado con otros metales en diferentes proporciones.

Palabras claves: aleaciones; cobre; obras civiles; propiedades; química analítica.

Abstract

The focus of this research work is based on identifying elements of the behavior of the physical and chemical properties of copper applying its use to civil construction works. Where a small approach is made of how said behavior is visualized from the applicability of analytical chemistry. From the methodological point of view, this document focuses on a documentary review or desk research of various information on the process of obtaining copper and its alloys, to break down various physical properties that describe the characterization of said material and its properties. chemicals that analytically base the composition of the structure of said metal and its respective alloys. It is of fundamental importance to note that in civil construction copper is a metal material widely used and efficiently implemented in electrification distribution systems, gasification systems, solar energy systems and a wide variety of complementary works applications in building facilities. Due to its high conductivity and the ability to withstand high temperatures, it provides it

with a long useful life, with wide resistance margins and from which alloys can be obtained when combined with other metals in different proportions.

Keywords: alloys; copper; civil works; properties; analytical chemistry.

Resumo

O foco deste trabalho de pesquisa baseia-se na identificação de elementos do comportamento das propriedades físicas e químicas do cobre aplicando seu uso em obras de construção civil. Onde uma pequena abordagem é feita de como esse comportamento é visualizado a partir da aplicabilidade da química analítica. Do ponto de vista metodológico, este documento centra-se na revisão documental ou na pesquisa documental de várias informações sobre o processo de obtenção do cobre e suas ligas, para decompor várias propriedades físicas que descrevem a caracterização do referido material e das suas propriedades. produtos químicos que fundamentam analiticamente a composição da estrutura do referido metal e suas respectivas ligas. É de fundamental importância notar que na construção civil o cobre é um material metálico amplamente utilizado e eficientemente implementado em sistemas de distribuição de eletrificação, sistemas de gaseificação, sistemas de energia solar e uma grande variedade de aplicações de obras complementares em. construção de instalações. Devido a sua alta condutividade e capacidade de suportar altas temperaturas, proporciona-lhe uma longa vida útil, com amplas margens de resistência e da qual podem ser obtidas ligas quando combinadas com outros metais em diferentes proporções.

Palavras-chave: ligas; cobre; obras civis; propriedades; química analítica.

Introducción

De acuerdo con Salas y Banuet en el año 2012 en su trabajo sobre La química y la ciencia e ingeniería de los materiales, la química ha estado íntimamente relacionada a la ciencia e ingeniería. Ambas se originan cuando el hombre adquirió la conciencia de que podía fabricar nuevos materiales, al utilizar y modificar los naturales, a través de procesos que necesitaban del fuego; con ellos, el hombre se transformó, subconscientemente, en el primer químico de materiales. No era un hombre como el actual, su mentalidad, cosmovisión y valores se regían por aspectos religiosos; además, estaba completamente integrado al mundo natural. Con el paso del tiempo, la evolución

de los procesos metalúrgicos y un mejor entendimiento, llevaron al hombre a transmutar, en oro y plata, los metales más fáciles de obtener y de poco valor, como también fomentar la alquimia.

Con la alquimia, se lograron avances tecnológicos y descubrimientos que resultaron útiles a la química moderna. Hoy por hoy, el hombre se ha desarrollado para entender la estructura química y su relación con las propiedades de los materiales que, aunque no es perfecta se continúa trabajando en su mejoramiento.

La mayoría de los materiales, específicamente los metales, se encuentran en la naturaleza combinados químicamente, formando los minerales conocidos con el nombre de menas. Como pueden ser: la bauxita, la austenita, la piritita, la cementita o la sorbita. El cobre, la plata y el oro son tan poco reactivos que, por lo general, se encuentran sin combinar en el estado natural, por estas características se les llama metales nobles. Son densos, duros y tienen un elevado punto de fusión. Son todos sólidos, excepto cuatro: el mercurio, el cesio, el galio y el francio, que se encuentran en estado líquido (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2011)

Asimismo, Ingemecánica (2015) establece que el cobre (Cu) es, después del hierro y el aluminio, de los metales más consumidos en el mundo, fundamentalmente en los sectores de la construcción (tuberías de aguas y gas) para la cual representa el 40% del destino de la producción de cobre y el sector eléctrico (cableado) que representa otro 27%.

El cobre, a través de sistemas de tuberías, conductores eléctricos y uso en colectores solares, tiene virtudes insuperables para instalaciones en construcción. A lo largo de su ciclo de vida, el cobre tiene un impacto mínimo en el consumo de energía y recursos naturales, mientras su uso tiene un valor positivo en eficiencia energética, calidad ambiental interior y sus costos.

El cobre forma parte del mundo que nos rodea. Está en nuestras casas y en los lugares donde trabajamos o estudiamos, en los medios que utilizamos para transportarnos, en artefactos sofisticados y artesanales, en las computadoras y las industrias, en pequeños adornos y en grandes estatuas.

Su presencia puede pasar desapercibida, pero está allí, utilizado como un material resistente, durable, reciclable y con alta conductividad térmica y eléctrica. Son propiedades que garantizan su vigencia como una materia prima esencial para la construcción de la civilización iniciada hace miles de años.

Es un material clave para la generación y distribución eléctrica ya que es un excelente conductor de energía. En el caso de las telecomunicaciones es la materia prima más común en la fabricación de cables telefónicos, y el desarrollo de nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia en la transmisión de datos también posiciona a este material como una opción importante para el desarrollo de conectividad de banda ancha.

Entre las características del cobre destacan su resistencia al fuego, el soporte a cambios de presión y temperatura, su impermeabilidad y resistencia a agentes externos, su carácter universal adecuado para distintas aplicaciones, ya que posee larga durabilidad y resistencia a roturas, debido a que protege la salud, su aspecto reciclable y disponibilidad.

El cobre es un metal de transición rojizo, que se encuentra en la naturaleza en estado puro o combinado con óxidos y azufre. Presenta una conductividad eléctrica y térmica muy alta, solo superada por el oro en conductividad térmica y la plata en conductividad eléctrica. Es posible que el cobre haya sido el metal más antiguo en haber sido empleado, pues se han encontrado objetos de cobre del año 8700 A.C. Además, de poderse encontrar en distintos minerales, se puede encontrar nativo, en la forma metálica, en algunos lugares.

En concordancia, se tiene que la química analítica proporciona métodos y herramientas necesarios para comprender nuestro mundo material, buscando responder a cuatro preguntas básicas acerca de una muestra de material, como lo son el ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuánto? ¿Qué disposición, estructura o forma? (Cammann, 1992).

De igual manera, Balnea en el año 2012 en su documento sobre La química analítica en el mundo, define a la química analítica como la rama de la química que trata de las técnicas que proporcionan cualquier tipo de información referente a los sistemas químicos.

Metodología, Materiales y Métodos

La metodología que se toma para este ensayo es de revisión documental o desk research, en donde se describe desde el punto de vista de la química analítica, las propiedades físico – químicas de los metales son aquellas que logran cambiar la materia sin alterar su composición. Los metales suelen ser duros y resistentes. Aunque existen ciertas variaciones de uno a otro, en general las principales propiedades de los metales son: dureza o resistencia a ser rayados; resistencia longitudinal o resistencia a la rotura; elasticidad o capacidad de volver a su forma original después de sufrir

deformación; maleabilidad o posibilidad de cambiar de forma por la acción del martillo; resistencia a la fatiga o capacidad de soportar una fuerza o presión continuadas y ductilidad o posibilidad de deformarse sin sufrir roturas.

En consideración, la Federación de Enseñanza de Andalucía en el año 2011, establece que las propiedades químicas de los metales son aquellas propiedades que se hace evidente durante una reacción química (que existe un cambio); es decir, cualquier cualidad que puede ser establecida solamente al cambiar la identidad química de una sustancia.

Los metales son buenos conductores de calor. Cuando los metales están situados en un foco caliente, sus electrones adquieren una gran energía cinética que comunican, mediante colisiones, a los electrones más cercanos de ellos. La capacidad de un metal para conducir la electricidad disminuye al aumentar la temperatura, pues se aumentan las vibraciones de los átomos, tendiendo a romper el flujo de electrones. Son buenos conductores de la electricidad, debido a que sus electrones de valencia se mueven fácilmente cuando el metal se conecta a los terminales de un generador de corriente. Tienen un gran poder reflector y escasa absorción de la luz. Los electrones de los átomos se trasladan continuamente de un átomo a otro, generando una densa nube electrónica. Por eso los metales tienen brillo.

Despiden un olor característico, no muy fuerte y que desaparece con el pulido, o simplemente limpiando la superficie, pero que reaparece en cuanto se humedece. En determinadas condiciones de temperatura suelen dar al agua un sabor metálico característico. El color es también característico en los metales; no es de gran importancia, a menos que sea para usos ornamentales. Por el color pueden clasificarse en blancos: la plata, el platino, el aluminio, el estaño, el níquel; blancos azulados: el plomo, el zinc, el estaño; grises: acero y fundición; amarillos: el oro y las aleaciones, el cobre, etc.

Específicamente, el cobre contiene una serie de propiedades físicas que le aportan:

- **Conductividad eléctrica**

La generación, transmisión y uso de la electricidad han transformado el mundo actual. Esto ha sido posible gracias al cobre, que cuenta con la mejor conductividad eléctrica de todos los metales de uso común, solo superado por la plata.

- **Conductividad térmica**

El cobre es un excelente conductor de calor (cerca de 1000 veces más que la mayoría de materiales plásticos). Por tanto, es el material idóneo para todo tipo de aplicaciones en las que se necesita una rápida transferencia de calor.

- **Facilidad de unión**

Se puede unir fácilmente mediante soldadura (fuerte y blanda), pernos o adhesivos. En la construcción, esto resulta muy útil para los sistemas de tuberías que son elementos esenciales en los sistemas de distribución eléctrica.

El cobre es un metal que pertenece al mismo grupo de la tabla periódica que la plata y el oro. Estos tres metales son resistentes a la corrosión y relativamente inertes. En la mayoría de sus compuestos, el cobre puede tener valencia (estado de oxidación) +1 o valencia +2. Las soluciones acuosas de iones de cobre en estado de oxidación +2 presentan un color azul, mientras que los iones de cobre en estado de oxidación +1, son incoloros. El cobre y los compuestos de cobre le confieren un color verdoso a las llamas.

El cobre y las aleaciones de cobre son especialmente resistentes a la corrosión en comparación a otros metales de uso común, gracias a su capacidad para formar compuestos estables que le ayudan a protegerse contra los ataques de la corrosión. Cuando se expone a la atmósfera, en la superficie del cobre y sus aleaciones se forman capas protectoras de óxido y sales básicas poco solubles. El cobre puede alearse con algunos elementos que influyen de forma positiva en la formación de dichas capas.

Es un metal blando, con un índice de dureza 3 en la escala de Mohs (50 en la escala de Vickers), es resistente al desgaste, y posee una muy alta conductividad térmica y eléctrica. De hecho, es un excelente conductor de la electricidad (la plata, el cobre y el oro, en este orden son los metales mejores conductores) que unido a su buena ductilidad y maleabilidad lo hacen el metal más empleado para la fabricación de cables eléctricos.

Figura 1. Tabla periódica

Nota: Ubicación del cobre en la tabla periódica donde se posiciona como metal de transición.

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII	
Periodo																			
1	1 H																		2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	* La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra	** Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg								
Lantánidos	*		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
Actinidos	**		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

Alcalinos	Alcalinotérreos	Lantánidos	Actinidos	Metales de transición
Metales del bloque p	Metaloides	No metales	Halógenos	Gases nobles

Fuente: Ingemecánica (2015)

Su información atómica es la siguiente:

- Nombre: Cobre
- Símbolo: Cu
- Número atómico: 29
- Grupo del sistema periódico: grupo 11
- Valencias: 1+, 2+
- Estados de oxidación: +1, +2
- Electronegatividad: 1,9
- Radio atómico: 1,28 Å
- Radio covalente: 1,38 Å
- Radio iónico: 0,69 Å

- Estructura cristalina: cúbica centrada en las caras (CCC)
- Configuración electrónica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, o bien, $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^1$
- Primer potencial de ionización: 7,77 eV
- Masa atómica: 63,54 g/mol
- Dureza Mohs: 3,0

En tanto, Copper Alliance deduce que el cobre también puede ser fortificado con la adición de otros metales formando aleaciones con una mayor resistencia y durabilidad. La combinación con otros metales hace que el cobre y sus aleaciones exhiban una variada paleta de colores con tonos metálicos naturales que van del rojo al gris plateado. Entre las aleaciones más conocidas se tienen:

Figura 2. Aleaciones de Cobre.



Nota: Principales aleaciones de cobre utilizadas en la construcción de obras civiles.

Fuente: Copper Alliance (2016)

Análisis y Discusión de resultados

Cuando se extrae un metal de un mineral, también se obtienen otros metales presentes en el mismo; con ello se obtienen distintas aleaciones. Controlar con exactitud la cantidad de elementos aleantes, es de vital importancia ya que determina principalmente las propiedades de la aleación; por ello, la práctica de extracción de los minerales se ha convertido en una experimentación basada en dos procedimientos:

1. La observación de la apariencia de los minerales (color y forma de los componentes) para entender si contienen los metales de interés y en qué cantidad.
2. El proceso de prueba y error, que ha convertido a los talleres metalúrgicos en verdaderos laboratorios, donde el principal objetivo subyacente es controlar la química del material.

El cobre se endurece, cuando se le deforma en frío (sin fracturarse), haciendo posible la fabricación de herramientas cortantes (cuchillos, hachas, etc.), por lo que fue el primer metal de utilidad práctica para el hombre. Además, presenta la posibilidad de someterlo a un tratamiento de recocido conocido como tratamiento térmico a 500°C para relevar tensiones y esfuerzos internos causados por la generación de dislocaciones y otros defectos, debida a la deformación en frío para bajar nuevamente su dureza y seguir deformándolo aún más.

Figura 3. Características del Cobre.



Nota: Características más importantes del metal de cobre.

Fuente: Coper Alliance (2016)

El cobre puro se suele mezclar con otros elementos formando aleaciones que mejoran sus prestaciones en obras civiles, aunque sea a costa de perder algo de su conductividad original.

Tabla 1. Elementos de aleaciones de cobre.

Elemento de Aleación	Efecto
Hierro	Aumenta la resistencia mecánica
Aluminio	Aumenta la resistencia mecánica
	Aumenta la resistencia a la corrosión
	Aumenta la resistencia al desgaste
	Aumenta la dureza
	Disminuye la ductilidad
Manganeso	Aumenta la resistencia a la tracción
	Aumenta la dureza
	Inhibe el crecimiento de grano
	Aumenta la cantidad de hierro que se puede disolver
	Disminuye la ductilidad
Cromo	Aumenta las propiedades mecánicas
Telurio	Aumenta las propiedades mecánicas
Berilio	Aumenta la dureza
Fósforo	Aumenta la resistencia a la tracción
	Aumenta el límite de fatiga
	Disminuye la conductividad

Nota: Influencia que tienen los elementos de aleación empleados en el cobre.

Fuente: Ingemecánica (2015)

Comportamiento físico – químico del cobre en obras civiles. Una perspectiva desde la química analítica.

Tabla 2. Clasificación por calidad de aleaciones de cobre.

RWMA Clase	Condición	Composición Química	Número de Aleación	Dureza Rockwell	Conductividad Eléctrica %I.A.C.S ⁽¹⁾	Resistencia a la Tracción (psi)	Elongación % in 2"	Temperatura de Recocido	
								°C	°F
1	Estirado	Cobre, Zirconio	15000	70 B	90	66.000	10	500	930
	Fundición			70 B					
2		Cobre, Cromo	18200		85	75.000	15	500	930
	Estirado								
2	Estirado	Cobre, Cromo, Zirconio	18150	83 B	85	75.000	15	500	930
	Fundición								
3		Cobre, Níquel, Silicio, Cromo	18000		48	85.000	10	455	850
	Estirado								
3	Estirado	Cobre, Níquel, Berilio	17510	100 B	48	110.000	10	455	850
	Fundición								
4		Cobre, Berilio	17200		23	170.000	4	375	710
	Estirado								
5		Cobre, Aluminio	953		13	85.000	15	620	1150
	Estirado								
---		Cobre puro	11000		95	25.000	50	200	390
	Fundición								
---		Cobre puro	11000		100	40.000			
	Estirado								
20	Estirado	Cobre, Al ₂ O ₃	---	75 B	85	54.000	25	800	1475

Nota: Calidad de las propiedades de las aleaciones de cobre.

Fuente: Ingemecánica (2015)

La conductividad eléctrica del cobre puro fue adoptada por la Comisión Electrotécnica Internacional en 1913 como la referencia estándar para esta magnitud, estableciendo el I.A.C.S. o International Annealed Copper Standard (Estándar Internacional del Cobre Recocido). La conductividad del cobre recocido medida a 20 °C es igual a $58,108 \cdot 10^6$ S/m. A este valor de conductividad se le asigna un índice 100% IACS y la conductividad del resto de los materiales se expresa en porcentaje de IACS. La mayoría de los metales tienen valores de conductividad inferiores a 100% IACS pero existen excepciones como la plata o los cobres especiales de muy alta conductividad designados C-103 y C-110.

- **Clase 1:** son aleaciones de Cobre-Zirconio (15000) endurecidas por deformación plástica para así conseguir sus máximas propiedades mecánicas (dureza) y eléctricas (conductividad). Se recomienda su uso en electrodos para soldar aleaciones de magnesio, aluminio, latones, bronce y materiales recubiertos.

- **Clase 2:** son aleaciones muy usadas en electrodos para soldar por resistencia. Son especialmente recomendadas para la soldadura por proyección y costura de aceros de bajo y medio contenido de carbono, así como latones y bronce de baja conductividad. Las aleaciones de cobre clase 2 son aleaciones de Cobre-Cromo (18200) y de Cobre-Cromo-Zirconio (18150), y son materiales tratables térmicamente. La aleación Cobre-Cromo-Zirconio muestra una menor adherencia y una mayor resistencia a la deformación que la de Cobre-Cromo.

- **Clase 3:** son un tipo de aleaciones que por su alta dureza se recomiendan en electrodos empleados para soldar materiales gruesos y aceros que conserven una alta resistencia a altas temperaturas, tales como aceros inoxidables y monel. Las aleaciones de esta clase pueden ser usadas en la fabricación de porta electrodos, bujes y partes estructurales de los equipos de soldadura. En este grupo se pueden encontrar la aleación de Cobre-Níquel-Berilio (17510) y la aleación de Cobre-Cromo-Níquel-Silicio (18000) que es una aleación libre de Berilio. Son aleaciones tratables térmicamente, que combinan una alta resistencia mecánica con una aceptable conductividad eléctrica y térmica. Estas aleaciones también pueden ser usadas como fundición ya que mantienen sus propiedades mecánicas y eléctricas.

- **Clase 4:** son aleaciones con contenido de Berilio extremadamente duras y con una conductividad menor que las de la clase 3. Se recomiendan para electrodos que estén sujetos a altas presiones y

desgastes severos y que el calor generado no sea excesivo. Se usa en forma de insertos y su maquinado sólo es posible en estado recocido. La aleación de clase 4 Cobre-Berilio (17200) es una aleación tratable térmicamente y se encuentra disponible en varios temple, además de ser ampliamente empleada cuando se requiere alta resistencia y buena conductividad. Los usos más comunes son en conectores eléctricos/electrónicos, resortes, conductores de corriente, bujes, moldes de plástico y en general, en componentes que requieren resistencia a la corrosión.

- **Clase 5:** es una aleación de Cobre-Aluminio de altas propiedades mecánicas y baja conductividad. No es una aleación tratable térmicamente y adquiere sus máximas propiedades por trabajo mecánico. Se usa principalmente en forma de fundición y se recomienda por su alta resistencia y bajo coste para soportes y porta electrodos, partes estructurales, barras conectoras, aditamentos y herramientas para soldar.

- **Clase 20:** Es un tipo de aleación endurecida por dispersión, producido por metalurgia de polvos. Consiste en Cobre-Óxido de Aluminio, y se endurece por deformación mecánica. Sus propiedades mecánicas no son muy diferentes a las aleaciones de cobre Clase 2, pero muestra una resistencia a la adherencia muy superior a éstas. Se recomienda para el soldado de materiales recubiertos, tal como el acero galvanizado, pero debido a su alto costo se suele reservar su uso en aplicaciones especiales.

Aleaciones base cobre (latón, bronce)

Las principales aleaciones de base cobre son los latones y las aleaciones de bronce.

- **Latones (Cu-Zn):** los latones son un tipo de aleación de base cobre con zinc, cuyo porcentaje en cobre varía del 45 al 95%, siendo el resto de cinc. Además, puede contener la adición de cantidades relativamente pequeñas de otros elementos (estaño, plomo, manganeso, níquel, aluminio y silicio). Debe tenerse en cuenta que los latones con más de un 50% en contenido de cinc son muy frágiles, por lo que su uso industrial es escaso.

- **Bronces (Cu-Sn):** los bronce son genéricamente aleaciones de cobre y estaño (Cu-Sn), con un contenido en estaño que varía del 2 al 22%, a los cuales se les puede añadir otros elementos aleantes, que permiten obtener unas propiedades específicas al material.

Consideraciones finales

Con este conocimiento físico – químico, se concibe una amplia gama de aplicaciones del cobre en la construcción de obras civiles:

- Las tuberías de cobre se utilizan desde hace muchos años en las instalaciones de agua potable, obteniendo instalaciones seguras, duraderas y confiables.
- Son ideales para calefacciones gracias a su fiabilidad, seguridad, durabilidad y conductividad térmica. Con un punto de fusión de 1083°C, el agua caliente o el vapor no afectan las tuberías y las altas temperaturas no acortan la vida útil de la tubería.
- Las tuberías de cobre se pueden utilizar tanto en interiores como exteriores como en ciertos tramos de tubería empotrada o enterrada. Por su impermeabilidad al oxígeno y su resistencia a las altas temperaturas y a los rayos ultravioletas son idóneas para montajes en exteriores.
- Su conductividad térmica, representa la mejor de todos los metales utilizados en la construcción, junto con su resistencia a la corrosión atmosférica y acuosa, la fiabilidad y sencillez de montaje mediante uniones, su capacidad para soportar altas temperaturas y su longevidad, hacen que el cobre sea un material idóneo para las instalaciones solares térmicas.
- El cobre, gracias a sus características físico – químicas, es un material particularmente indicado para tuberías utilizadas en la conducción de gases en áreas hospitalarias, dirigiendo de manera eficiente el oxígeno, el óxido nitroso o el aire comprimido, así como para las instalaciones al vacío.
- Es esencial para la producción, transporte y uso de la energía de manera eficiente, siendo considerado el mejor conductor de electricidad y de calor, con excepción de la plata, pero al ser mucho más económico resulta más adecuado para usos industriales y civiles. Sus propiedades lo hacen indispensable en la construcción de instalaciones de alta tecnología con un rendimiento que resulta inalcanzable con otros materiales.

Referencias

1. Balnea, C. (2012). La química analítica en el mundo.
2. Cammann, K. (1992). Química analítica: importancia y alcances.
3. CODELCO (2011). Usos del cobre. Guía referencial de Codelco.
4. Copper Alliance (2016). Los muchos usos del cobre. International Copper Association Latin America.

5. Federación de Enseñanza de Andalucía (2011). Propiedades de los metales. Revista digital para profesionales de la enseñanza.
6. Ingemecánica (2015). Generalidades del cobre. Tutorial semanal.
7. Nueva Minería (2016). Los beneficios de usar cobre en la construcción. Revista digital.
8. Puertos del Estado (2015). Introducción a la competencia definida como infraestructuras. Ministerio de Fomento.
9. Salas y Banuet (2012). La química y la ciencia e ingeniería de los materiales. Universidad Nacional de Colombia.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).