



FISICO-QUIMICA METALURGICA

INTRODUCCIÓN

Clase 01/02

Prof. Dr. Leandro Voisin A.



PART I

*Introducción, unidades temáticas
y estadísticas del curso.*

Unidad Temática I

Introducción, unidades temáticas y estadísticas del curso.

Rutas de procesos de minerales.

Contenidos [2 clases]

- 1.1 Sulfuros, óxidos, carbonatos e hidróxidos.*
 - 1.2 Rutas de proceso para minerales de cobre.*
 - 1.3 Conceptos generales de Piro/Hidro/Electro metalurgia.*
-



Fundamentos Termodinámicos

Contenidos [3 clases]

- 2.1 *Introducción*
 - 2.2 *Entalpía, entropía, energía libre, capacidad calorífica.*
 - 2.3 *Balances de materia y energía.*
 - 2.4 *Equilibrio termodinámico en sistemas de un componente.*
 - 2.5 *Equilibrio termodinámico en sistemas multicomponentes.*
-



Termodinámica de soluciones

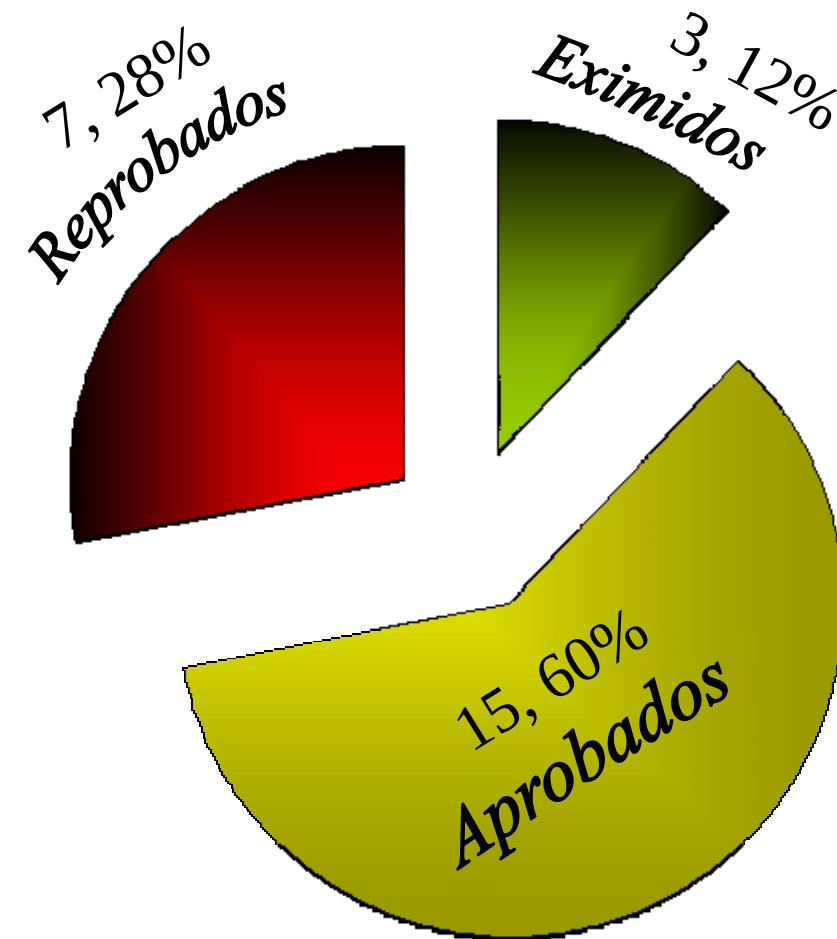
Contenidos [5 clases]

- 3.1 *Sistemas ideales y no ideales.*
 - 3.2 *Actividad, ley de Raoult y ley de Henry.*
 - 3.3 *Energía libre, entropía y calor de mezcla.*
 - 3.4 *Propiedades molares parciales y de exceso.*
 - 3.5 *Modelos termodinámicos de soluciones (termales, atermales y reales).*
 - 3.6 *Sistemas diluidos, cambio de estado estándar.*
 - 3.7 *Termodinámica de soluciones acuosas.*
 - 3.8 *Especiación de soluciones.*
 - 3.9 *Diagramas de Fases binarios y ternarios.*
-

Bibliografía General

1. **Gaskell** “Introduction to Metallurgical Thermodynamics”,
2nd Ed., Hemisphere Publishing Corporation, USA, 1981.
 2. **Zemaitis** “Handbook of Aqueous Electrolyte Thermodynamic Design
Institute for Physical Property Data, New York, USA, 1989.
 3. **Prausnitz** “Molecular Thermodynamics of Fluid Phase Equilibria”,
Prentice may International, New Jersey, USA, 1969.
 4. **Richardson** “Physical Chemistry of Melts”, Vol I y II, Academic Press,
London, U.K, 1974.
 5. **Saunders** “CALPHAD, Calculation of phase diagrams”,
Vol. I, Pergamon Materials Series, Elsevier Science Ltd,
University of Cambridge, UK, 1998.
 6. **Bodsworth** “The extraction and refining of metals”,
CRC Press, Inc. Brunel University, UK, 2000.
-

Estadísticas del curso MI4110, otoño 2010



Nº Total de alumnos: 25

	C1	C2	EX
Promedio	4.8	3.0	4.3
Mínimo	3.0	1.0	2.8
Máximo	5.8	5.3	5.9
Desv. St.	0.7	0.9	0.9



PART II

Rutas de procesos de minerales



Generalidades

La preparación y concentración de menas, antes de su reducción a la forma metálica, depende principalmente de las propiedades físicas y mecánicas de los minerales constituyentes.

La reducción de los minerales y la purificación de los metales producidos se relaciona principalmente con procesos químicos que envuelven reacciones químicas.



Depósitos minerales



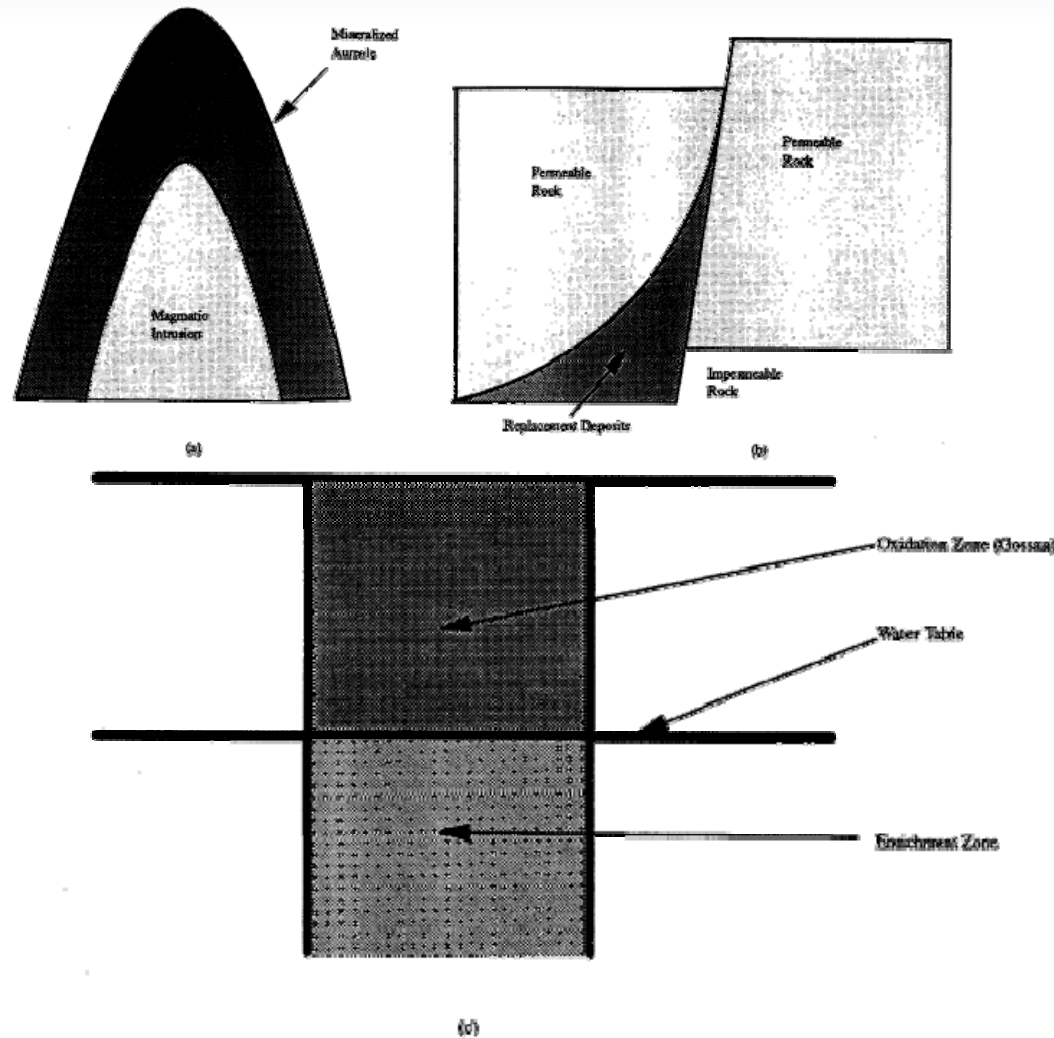
La delgada capa de la corteza continental de nuestro planeta es la principal fuente de la mayoría de los metales utilizados por la humanidad. (ex: Mg producido desde aguas de mar).

La correlación o tendencia del precio de los metales no en función de su ocurrencia en la corteza terrestre sino de su costo asociado de producción.

Las áreas de enriquecimiento de minerales metálicos son llamadas cuerpos minerales, su formación y ocurrencia son producto de un fenómeno natural.

El enriquecimiento es producto de un transporte selectivo de metales desde el centro del planeta por intrusiones ígneas y por meteorización de la roca superficial para producir acumulaciones selectivas de metales en depósitos sedimentarios.

Depósitos minerales



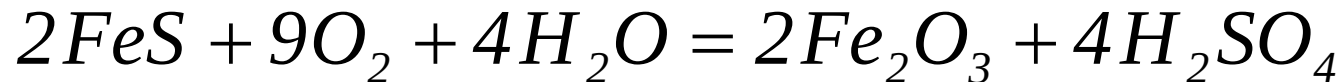
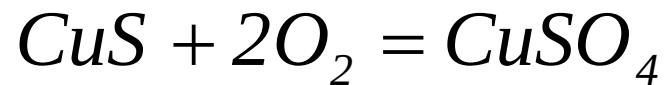
Formación de depósitos minerales: (a) intrusión magmática, (b) reemplazo o depósito sedimentario y (c) meteorización química.



Depósitos minerales

La meteorización química debido a la percolación del agua puede originar el enriquecimiento secundario de algunos cuerpos minerales.

Las aguas y la presencia de oxígeno pueden convertir algunos minerales sulfuros-metalicos en sulfatos solubles mientras que otros sulfuros pueden ser convertidos a óxidos insolubles.



Metales y minerales

<i>Metal</i>	<i>Densidad Ton/m³</i>	<i>Punto de fusión °C</i>	<i>Minerales principales</i>	<i>Dens. mineral Ton/m³</i>	<i>Metales asociados</i>
Al	2.7	660	Bauxite $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2.6	Ti, Fe, Ga
			Gibbsite $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	2.4	
Cr	7.1	1850	Chromite FeCr_2O_4	4.6	
Cu	8.9	1083	Chalcopyrite $(\text{CuFe})\text{S}_2$	4.2	Ag, Au, Ni,
			Chalcocite Cu_2S	5.6	Pt, Pd, Re,
			Bornite Cu_5FeS_4	5.1	As, Bi, Se
Fe	7.9	1537	Hematite Fe_2O_3	5.3	
			Magnetite Fe_3O_4	5.8	
			Limonite $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	4.0	
			Goethite $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	4.2	
			Siderite FeCO_3	3.8	
Pb	11.3	327	Galena PbS	7.5	Zn, Ag, Cu,
			Anglesite PbSO_4	6.3	Fe, Sn, As,
			Cerussite PbCO_3	6.6	Bi, In, Sb



Metales y minerales

<i>Metal</i>	<i>Densidad Ton/m³</i>	<i>Punto de fusión °C</i>	<i>Minerales principales</i>	<i>Dens. mineral Ton/m³</i>	<i>Metales asociados</i>
Mg	1.7	650	Sea water Dolomite $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$	2.8	
Ni	8.9	1454	Pentlandite $(\text{NiFe})_9\text{S}_8$ Pyrrhotite $(\text{NiFe})_7\text{S}_8$	5.0 5.2	Co, Cu, Fe,
Sn	7.3	232	Cassiterite SnO_2 Stannite $\text{Cu}_2\text{SnFeS}_4$	6.9 4.4	
Ti	4.5	1660	Rutile TiO_2 Ilmenite FeTiO_3	4.2 4.8	Fe
Zn	7.1	420	Zinc blende ZnS Calamine ZnCO_3	4.1 4.4	Pb, Ag, Cu As, Cd, Ga

Generalidades metales

<i>Metal</i>	<i>Precio promedio US\$</i>	<i>Concentración en la corteza terrestre % masa</i>	<i>Mínimo grado o ley rentable, %</i>
<i>Al</i>	2210	8	30
<i>Fe</i>	466	5	25
<i>Mn</i>		0.1	15
<i>Cr</i>		0.096	15
<i>Zn</i>	2077	0.008	2.5
<i>Ni</i>	22000	0.007	1
<i>Cu</i>	(3.35)	0.0055	0.4
<i>Pb</i>	(0.99)	0.0013	2
<i>Sn</i>	14700	0.0002	0.5
<i>W</i>		0.0001	1.35
<i>Ag</i>	[18.45]	0.0000007	0.01
<i>Pt</i>	[1571]	0.0000004	0.0001
<i>Au</i>	[1203]	0.0000002	0.0008

(): precio por libra

[]: precio por onza troy

Generalidades metales

La mayoría de los minerales metálicos ocurren como óxidos, sulfuros, carbonatos e hidróxidos. Dependiendo de su naturaleza y de los metales asociados será el proceso a definir para la generación del metal puro.

Los carbonatos y los hidróxidos liberan dióxido de carbono (CO_2) y agua al ser calentados dejando un óxido o un sulfuro como residuo, por lo tanto la generación metal mediante la reducción del mineral base se limita principalmente al estudio de los óxidos y los sulfuros.



Producción de cobre a partir de sulfuros

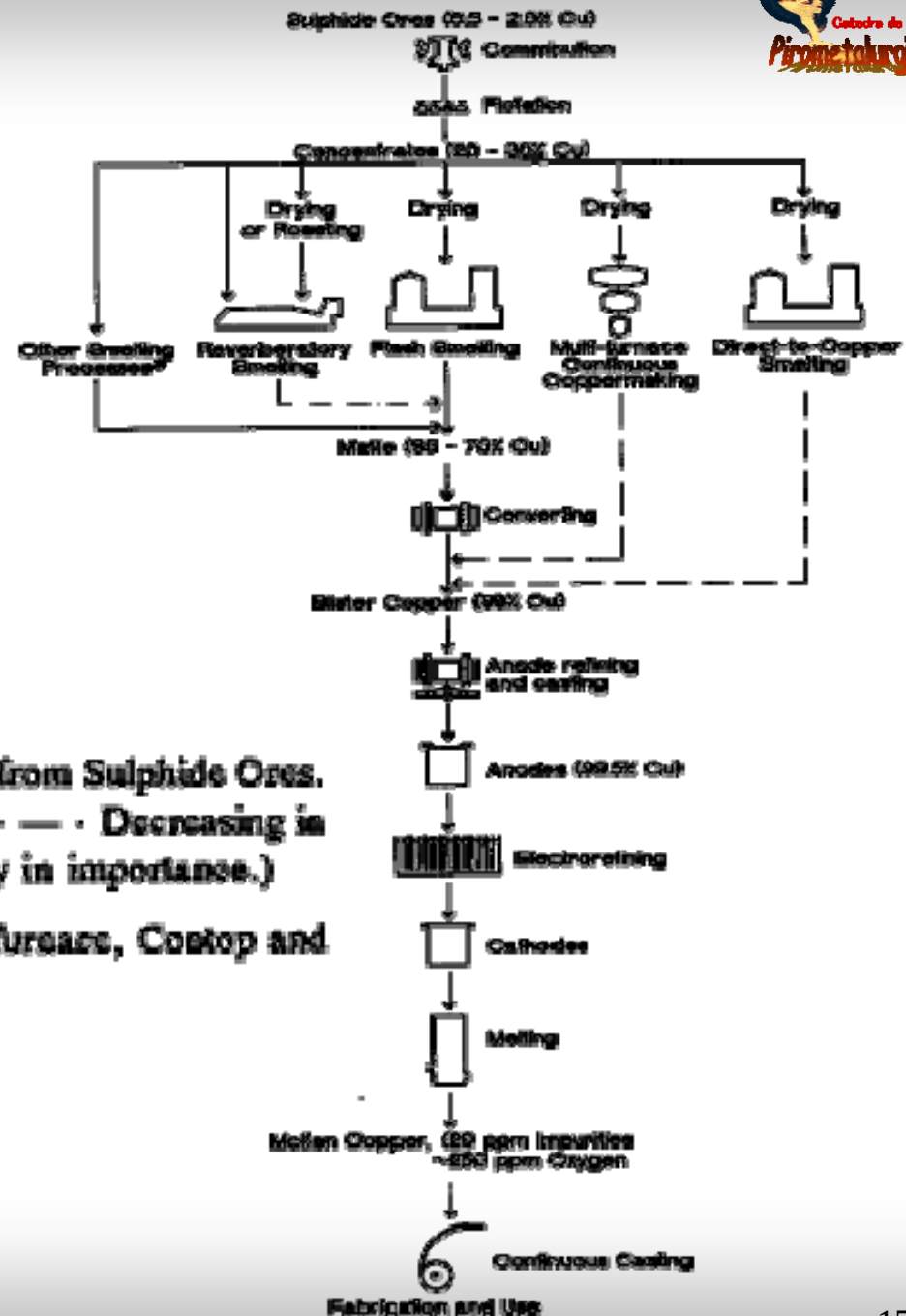


FIG. 1.1. Principal Processes for Extracting Copper from Sulphide Ores. Parallel lines indicate alternative processes. (— · — · — · Decreasing in importance. — — — — Rare but growing slowly in importance.)

*** Principally Teniente, Noranda, Isasmelt, electric furnace, Constop and Vanyukov processes.**



Producción de cobre a partir de óxidos

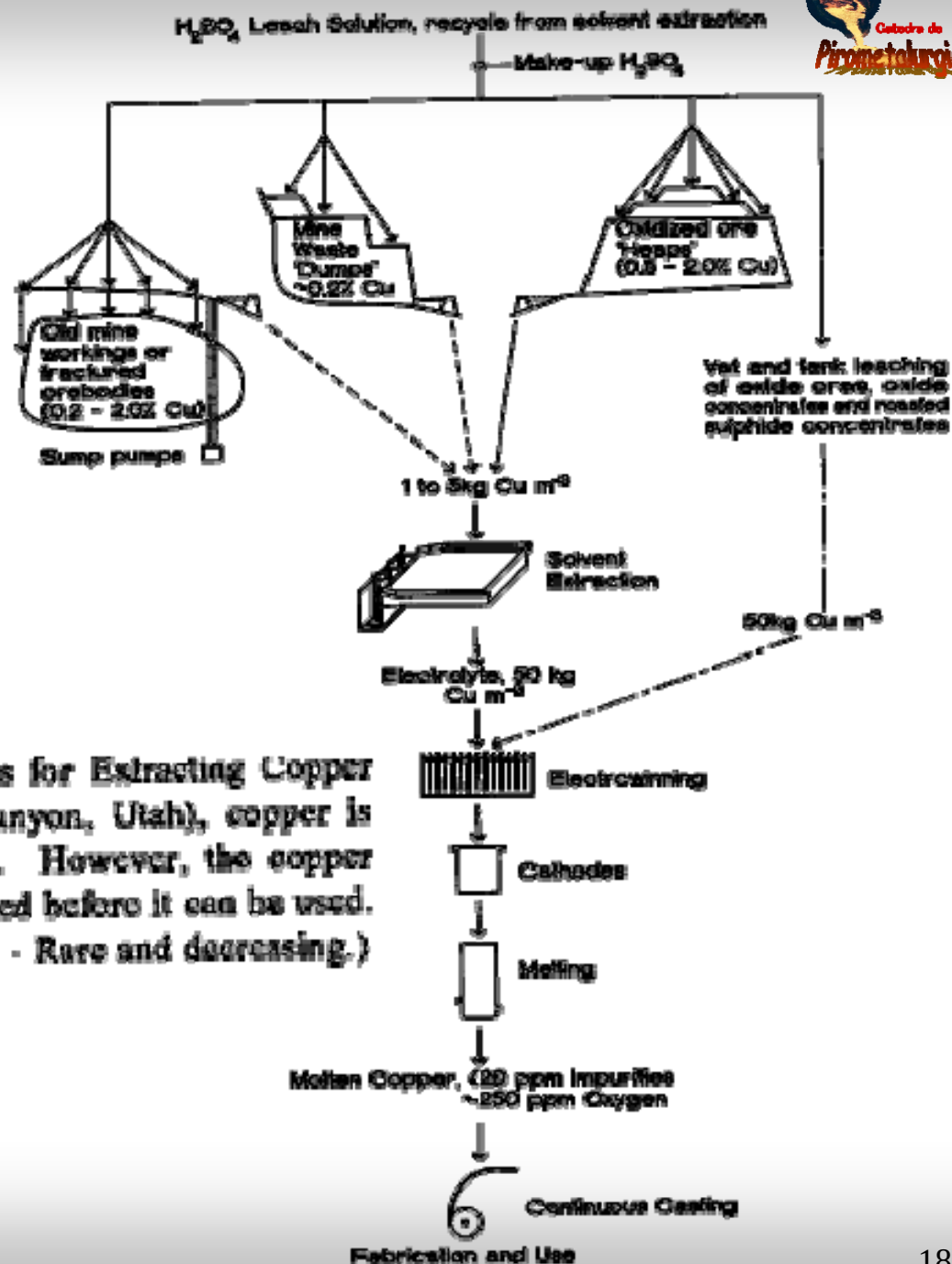


FIG. 1.2. Principal Hydrometallurgical Methods for Extracting Copper from Ore. In a few places (e.g. Bingham Canyon, Utah), copper is removed from solution by cementation on iron. However, the copper metal is impure and it must be smelted and refined before it can be used. (— — — — Rare and increasing. - - - - - Rare and decreasing.)