



**Universidad de Concepción  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Graduados**

**Tesis de Doctorado**

**Modelo Termo-Mecanístico de la Eliminación de Arsénico  
por Tostación Controlada de Concentrados de Cobre en  
Régimen de Lecho Fluidizado**

**Manuel Devia Pérez  
Ingeniero Civil Metalurgista, M. Sc.**

**Profesor Guía: Dr. Igor Wilkomirsky Fuica**

**Co Tutor: Dr. Roberto Parra Figueroa**

Tesis Doctoral presentada en conformidad con los requisitos exigidos por el Programa de Graduados de la Universidad de Concepción, para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias de la Ingeniería con mención en Metalurgia Extractiva.

**Concepción, Chile**

**Enero, 2012**

## RESUMEN

El propósito de esta Tesis Doctoral es la estructuración de un modelo matemático termo-mecánico usando una aplicación de la plataforma ANSYS FLUENT 13.0, que permita la simulación del proceso de tostación de concentrados de cobre con contenidos de arsénico en un reactor de lecho fluidizado en régimen burbujeante a 700 °C. Se estructuró un modelo en un simulador FLUENT 2D de manera unificar los fenómenos de transferencia de momento, masa y calor de un proceso a alta temperatura, empleando un sistema gas-sólido con amplia distribución de tamaño de partículas y compleja diversidad mineralógica del concentrado, lo que incluye efectos cinéticos y termodinámicos para determinar el equilibrio de fases. Para las simulaciones se utilizó 400 g de concentrado arsenical de cobre de composición conocida, una velocidad espacial de aire como medio de fluidización (aire estequiométrico respecto del azufre pirítico) de 0,7 m/s y un reactor de lecho fluidizado simulado de 10 cm de diámetro y 1,5 m de altura.

## REVISION BIBLIOGRÁFICA

A partir de antecedentes recopilados de la literatura técnica publicada sobre el tema en el último cuarto de siglo, se ha efectuado una revisión del estado del arte y análisis del proceso de tostación de materiales base cobre con altos contenidos de arsénico. Aunque se ha dado preferencia al análisis en régimen de lecho fluidizado, se ha considerado también otros procesos, a las temperaturas y condiciones de atmósfera (reductora, neutra u oxidante) indicadas en los estudios revisados. Los materiales aludidos, van desde componentes mineralógicos puros (naturales o artificiales), materiales provenientes de procesos de fundición (polvos) y concentrados de cobre (naturales o artificiales), todos ellos cubriendo una variedad de contenidos de arsénico desde 0%, contenidos de arsénico estequiométricos de los componentes mineralógicos puros (arsenopirita,  $\text{FeAsS}$ , y enargita  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) y altos contenidos de arsénico de concentrados de cobre. En relación con el nivel para el cual se han desarrollado los diversos estudios, se han considerado aquellos con pruebas de laboratorio, piloto e industrial.

La revisión bibliográfica ha permitido obtener información para la formulación del modelo matemático termo-mecánico de esta Tesis Doctoral, que corresponden a la base de conocimiento actual del estado del arte en aspectos termodinámicos, cinéticos, fluidodinámicos y de modelamiento fluidodinámico, que se resumen a continuación.

### Análisis Termodinámico

Las bases termodinámicas del proceso de tostación, efectuando un análisis del equilibrio de fases del sistema  $\text{Cu-S-As-O}$ , incluyendo la estabilidad del arsénico en fase gaseosa y la termodinámica de los sistemas  $\text{As-S}$ ,  $\text{As-O}$ ,  $\text{As-S-O}$ ,  $\text{Cu-S-As}$  y  $\text{Cu-S-As-O}$  a 700 °C. También, se efectuó un análisis termodinámico del equilibrio de fases del sistema  $\text{Fe-S-As-O}$ , incluyendo la termodinámica de los sistemas  $\text{Fe-S-As}$  y  $\text{Fe-S-As-O}$  a 700 °C. Se concluye con un análisis de la estabilidad termodinámica del sistema  $\text{Cu-Fe-S-As-O}$ , incluyendo los diagramas de estabilidad de fases de Kellogg de los sistemas  $\text{Cu-S-O}$ ,  $\text{Cu-S-As}$ ,  $\text{Fe-S-O}$ ,  $\text{As-S-O}$  y  $\text{Fe-S-As}$ .

Siendo la enargita el componente que contiene el arsénico en los concentrados de arsenicales de cobre, se puede considerar el sistema  $\text{Cu-S-As}$  como base para el análisis termodinámico.