

**4. JORNADAS SOBRE MATERIAS PRIMAS EN
SAJONIA**

**“ECONOMIA SUSTENTABLE OPORTUNIDAD DE
NEGOCIO”**

DR. ROBERTO MALLEA.

CIMM, CHILE

ABRIL 2009.

Chile en el contexto mundial

Hace sólo algunos meses la minería en Chile y el mundo pasaba, tal vez, por el mejor periodo de su historia. El Cobre se llegó a cotizar por sobre los 400 centavos de dólar la Libra. Igual situación de alza de precios, se observaba con el Níquel, Plomo y otros productos.

Estos altos precios se tradujeron en ganancias de las compañías mineras, públicas y privadas, por sobre el 30 % de su patrimonio. En Chile por ejemplo, según cifras entregadas por Cochilco (Corporación Chilena del Cobre), las 10 principales compañías mineras extranjeras obtuvieron en el 2006 retornos de 124 % de su patrimonio, en tanto que en el 2007 fue de 107 %. Esto significó una inyección de gran dinamismo a la economía Chilena que se tradujo en un mayor aporte al Producto Interno Bruto (PIB), la recaudación del sector minero Privado alcanzó en el 2007 US\$ 6.192 mill., en tanto el aporte de CODELCO, para igual periodo fue de US\$ 7.927 mill.

En el libro “Bonanza Minera: oportunidades y riesgos” publicado por Cochilco en Agosto del 2008, se señala que durante la última década del siglo XX, la minería y, especialmente, la minería del Cobre vivió un periodo de auge sin precedentes. La producción, fruto de fuertes inversiones creció en un 250 % en el periodo entre los años 1990 y 2007. Esto significó pasar de 1,609 millones de toneladas métricas de Cobre fino en el año 1989 a 4,391 millones en el año 1999. El año 2007 la producción fue de 5,557 millones de toneladas.

Este periodo está caracterizado por una fuerte alza en la inversión privada, lo que generó un cambio en la composición de la producción de Cobre. En el año 1990 Codelco producía el 75 % del Cobre, actualmente las empresas privadas producen el 70 %.

Algo importante de señalar es el hecho que la minería y sobre todo las grandes empresas, son muy intensivas en capital y poco generadoras de empleo, lo cual significa que la relación capital versus mano de obra ha sido tradicionalmente baja. De acuerdo a cifras entregadas por el Servicio Nacional de Geología (SERNAGEMIN), el año 2006 el sector minero empleó directamente a 51.430 personas, lo cual significa un 0,82 % de la fuerza laboral.

En el resto del mundo, al igual que en Chile, se generaron una cantidad importante de proyectos en el sector minero que involucraban grandes sumas de dinero.

Tabla 1.- Resumen de los proyectos mineros de Cobre en el Mundo

Sector o País	Cantidad de proyectos	Inversión esperada Mill. US\$
África	24	4.710
Latinoamérica	69	36.132
Norteamérica	26	5.158
Asia	25	9.707,5
Europa	7	1.936
Oceanía	15	7.398,5
Total mundial	166	65.043

Fuente: Cochilco

De acuerdo a lo que señala la tabla 1, existen en el mundo 166 proyectos de Cobre, de los cuales 139 son proyectos nuevos (Greenfiel) y 27 son proyectos de ampliación de faenas existentes.

La mayor cantidad de los proyectos están en América (69 en Latinoamérica y 26 en Norteamérica), sumando un total de 95 proyectos. Esto significa el 57 % del total mundial. Los proyectos en Latinoamérica alcanzan el 42 % del total mundial. Del total de los proyectos en Latinoamérica el 83% son proyectos nuevos.

Cabe destacar que Chile y Perú concentran la mayor cantidad de proyectos de América y del Mundo. Chile representa el 15,7% y Perú el 11,4% del total de los proyectos a nivel mundial.

Las inversiones estimadas son de 14.632 mill.US\$, para Chile y de 10.875 mill.US\$. Aportando reservas de 14.946 mill. Ton en Chile y 9.454 mill.ton para el Perú. Ver tabla 2. -

Tabla 2.- Desglose de los proyectos de Cobre de Latinoamérica

País	Cantidad	Reservas Mill.ton	Inversiones Mill.US\$
Argentina	2	1.241	2.146
Brasil	7	1.992,3	2.460
Chile	26	14.945,73	14.632
Ecuador	1	101,5	195
México	10	1.736,2	2.572
Panamá	3	2.557	2.600
Perú	19	9.454,5	10.875
Venezuela	1	446	552
Total Latinoamérica	69	32.474,23	36.132

Fuente: Cochilco

Tabla 3.- Desglose de principales proyectos de Cobre en Chile

Nombre Proyecto	Reservas, Mill.ton	Inversión Mill. US\$	Inicio operaciones Año
Escondida	1.093	750	2006
Manto de la Luna	41	55	2006
Santa Margarita	13	12	2006
Spence	310	990	2006
Sierra Miranda	30	18	2007
Fortuna de Cobre	470	150	2008
Gabriela Mistral	618	874	2008
Los Pelambres	116	180	2008
Andacollo Sulfuro	421	312	2009
Andina	143	578	2009
Delta	2	30	2009
Esperanza	540	1.100	2010
Franke	34	130	2009
Tugal	15	30	2010
Antucoya	300	300	2010
Delta	1,23	10	2010
El Abra	800	350	2010
Caserones	628	700	2011
Los Bronces	761	1.000	2011
Mansa Mina	614	404	2011
Andina	20	193	2012
Cerro Casale	1.114	2.300	2012
El Morro	479	1.400	2013
Los Pelambres	818	600	2013
Tabaco	2,5	100	2013
Andina Ampliación	5.562	2.166	2014
Total Chile	14.945,73	14.632	

Fuente: Cochilco

Presentación del Cimm

Reseña histórica

El Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, CIMM, fue creado por el Estado de Chile en Agosto de 1970, como una respuesta nacional a la necesidad de transferir y adaptar mejores prácticas internacionales a la Minería de Chile, en el marco del proceso de nacionalización que vivió la Minería del Cobre en esa época.

Las principales empresas y organismos del sector, más la cooperación internacional, aportaron para fundar esta institución de derecho privado. En esa época, el sector carecía de un recinto donde medir sin errores las leyes del mineral y de una masa crítica de profesionales para la conducción de los grandes proyectos mineros.

En 1998 y como parte del proceso de modernización del Centro, se creó la filial CIMM Tecnologías & Servicios S.A., empresa que asumiera el rol de entregar servicios comerciales a la industria minera nacional. Lo anterior permitió desarrollar proyectos que dieron sustentabilidad a la Minería, generando por ejemplo evidencia científica que permitiera la defensa de los mercados del cobre y otros minerales.

Visión

Ser un líder global en la investigación, desarrollo y transferencia tecnológica, aplicados a la innovación productiva y al cuidado del medio ambiente, en la minería y la metalurgia.

Misión

Servir a Chile en la promoción del desarrollo tecnológico y del capital humano del sector minero-metalúrgico nacional, a través de la realización de las siguientes acciones:

- Actuar como asesor científico-tecnológico en la formulación de Políticas Públicas en el ámbito de la minería y la metalurgia de nuestro país.
- Desarrollar investigación y tecnologías para dar sustentabilidad a la industria minera del país, y abordar satisfactoriamente las exigencias de las regulaciones internacionales, ambientales y económicas, que afectan a los mercados del cobre y otros minerales que Chile exporta.
- Desarrollar, y promover el desarrollo de innovaciones tecnológicas de alto impacto en el incremento de la productividad competitiva en el ámbito de la minería y la metalurgia.

Desafíos

- Impulsar el desarrollo científico y tecnológico de la Minería de Chile, que considere las características particulares y propias que posee la industria nacional, teniendo presente las experiencias de otros países en la explotación de sus recursos naturales.
- Ser asesor Científico y Tecnológico del Estado de Chile en la generación de conocimientos base para la Innovación y desarrollo Tecnológico de la Minería y la Metalurgia.
- Desarrollar el conocimiento y la tecnología necesaria para apoyar los procesos de exploración y explotación de los recursos geológicos presentes en Chile, considerando la amplia variedad mineralógica que posee el país.
- Contar con las capacidades necesarias para generar: Investigación Aplicada; Desarrollo Tecnológico; Transferencia Tecnológica y, fundamentalmente a través de terceros, Comercialización de Tecnología para la industria.
- Tener una participación activa y, en algunos casos, de liderazgo en Redes Internacionales de Investigación y Desarrollo Tecnológico, con miras a generar procesos productivos más limpios, seguros y competitivos que le permitan a Chile enfrentar las exigencias de los mercados internacionales.
- Tener un compromiso permanente para impulsar el desarrollo científico y tecnológico en el ámbito de la minería y la metalurgia en regiones. Se busca impulsar las capacidades regionales que permitan la generación de tecnología, en interacción permanente entre la industria, las universidades, y los centros regionales de investigación.

AREAS DE TRABAJO

A) Cobre y Medio Ambiente

Desde 1998 y como una de sus prioridades, el CIMM se ha abocado al estudio de los efectos que producen los metales en el medio ambiente, en suelos y aguas superficiales. Su objetivo es recabar información científica que oriente la toma de decisiones que deben adoptar las entidades reguladoras públicas, tanto de Chile como del extranjero.

Objetivo Estratégico

- Generar información científica de punta para la Industria Minera de Cobre y las agencias regulatorias Chilenas en temas tales como: Interacciones de los metales y de los desechos mineros masivos con el Medio Ambiente (suelos y plantas) y aplicación de Tecnologías verdes para la Rehabilitación Ambiental de suelos contaminados con metales y desechos mineros masivos.
- Generar herramientas, metodologías y tecnologías innovativas para la industria minera del cobre, relacionadas con la gestión de residuos mineros masivos, valorización y reciclaje de residuos orgánicos (biosólidos), evaluación de contaminación ambiental con metales, limpieza de suelos contaminados con metales, entre otros

B) Sustentabilidad Industrial

Esta área busca generar conocimiento, capacidades y desarrollos innovativos, que promuevan la incorporación en la minería de herramientas metodológicas con base en el Análisis de Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment, LCA), como forma de apoyar a la industria en la toma de decisiones orientadas hacia la Sustentabilidad Ambiental y económica de sus productos.

Como parte de sus actividades internacionales, el área participa activamente en el Foro Mundial de Expertos en Análisis de Ciclo de Vida de la UNEP-SETAC Life Cycle Initiative, como también en la red Latinoamericana de LCA (ALCALA), y desarrolla en conjunto con Universidades de Brasil, Perú y Argentina, estudios comparativos LCA, tanto en base a modelos de impacto como de inventarios de ciclo de vida, para determinar características genérica en las aplicaciones de LCA en la minería.

C) Metalurgia Ambiental

La Unidad de Metalurgia Ambiental (UMA), fue creada en enero del año 2006 para enfrentar los desafíos que impone la relación Medio Ambiente, Minería y Metalurgia en Chile.

Su objetivo es investigar, estudiar, diseñar y proponer líneas de desarrollo tecnológico, de carácter estratégico, para la competitividad de la industria minera y metalúrgica y, principalmente, del cobre en nuestro país.

Sus líneas de investigación apuntan a realizar estudios prospectivos, generar escenarios relacionados con problemas ambientales de la minería y metalurgia, establecer líneas de investigación y desarrollar soluciones tecnológicas que permitan estabilizar desechos peligrosos y recuperar especies de valor, proporcionando mayor competitividad a los procesos actuales que manejan altos niveles de impurezas

D) Geometalurgia Extractiva

La unidad Geometalurgia Extractiva, creada el año 2009, tiene por finalidad relacionar herramientas de prospección minero-metalúrgica apuntando sus líneas de investigación a estar presente en el desarrollo de estudios y evaluaciones de exploraciones, estudios de factibilidad así como de diseño de procesamiento metalúrgico.

A través de esta Unidad, el CIMM impulsará el desarrollo de iniciativas de trabajo colaborativo, en conjunto con el sector público, privado y mundo académico, que promuevan el uso sustentable y eficiente de los recursos y reservas mineras presentes en Chile, considerando la naturaleza polimetálica de éstos. Propiciando el desarrollo de tecnologías que permitan a las empresas disponer de etapas de procesos metalúrgicos, acordes al tipo de reservas con que cuenta.

Principales Proyectos en los que trabaja el CIMM

En tabla 4.- se encuentran los 10 principales proyectos en los que trabaja el Cimm. Se trata de proyectos de tipo medioambientales, de diversificación de productos de valor, de creación de evidencia científica, de tratamientos de fuentes secundarias de materias primas, entre otros.

Tabla 4.- Principales Proyectos en los que trabaja el Cimm

Principales (10) Proyectos en que trabaja el CIMM

N°	Nombre del Proyecto	Unidad ejecutora
1	Residuos Mineros: Una oportunidad de mercado, a través de su manejo sustentable	Uni. Metalurgia Ambiental
2	Desarrollo y validación de ensayos para la determinación de peligrosidad para el ambiente y salud humana , de aleaciones de Cobre e intermediarios de la producción de ese metal	Uni Sustentabilidad ambiental
3	Disposición de Relaves de Flotación, en forma de Pastas o Mezclas.	Uni. Geometalurgia
4	Nuevo Tratamiento para concentrados de Oro sin uso de Mercurio	Uni. Sustent. Ambiental
5	Sistema de evaluación del ciclo de vida de la producción primaria de Cobre	Uni. Sustant. Industrial
6	Uso de recursos Fitogenéticos nativos para la fito estabilización de relaves mineros	Uni. Fitoestabilización
7	Planta piloto para tratamiento de polvos de fundiciones	Uni. Desarr. Estratégico
8	Desarrollo de la minería nacional en torno a la innovación tecnológica	Uni. Desarr. Estratégico
9	Validation of chronic BLM under Chilean freshwater Condition for daphnid species Cotoxicological survey of Chilean freshwater	Uni. Sustant. Industrial
10	Recuperación de elementos de valor desde soluciones con HCl	Uni. Geometalurgia

Laboratorios

Forman parte de la infraestructura del CIMM, los siguientes Laboratorios:

- Laboratorio de ecotoxicología y química de los metales
- Laboratorio de modelamiento virtual de proceso mineros metalúrgicos
- Laboratorio para fitotoxicidad y fitoremediación
- Laboratorio de hidrometalurgia.

En ellos se desarrollan, entre otros, los proyectos arriba mencionados.

OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS PARA PROVEEDORES DE BIENES, INSUMOS Y SERVICIOS A LA MINERÍA EN CHILE

Últimas estimaciones realizadas por expertos y analistas indican que a pesar de la crisis la producción de cobre se incrementará entre el período 2007 al 2011, alcanzando volúmenes totales de producción por sobre los seis millones de toneladas de cobre fino.

En este momento la realización de la producción arriba señalada, significa gastos promedios del orden de los 1.400 millones de dólares por año en insumos tales como ácido sulfúrico, reactivos químicos, bolas y revestimientos para molinos, neumáticos, explosivos, etc. Además, se estima en inversiones de sobre 470 millones de dólares anuales en la compra de equipos que permitan las operaciones en yacimientos tanto a rajo abierto como a subterráneos.

Por último, las estimaciones realizadas indican que las compañías mineras demandarán por conceptos de servicios de construcción, de estudios e ingenierías, servicios de mantención entre otros, montos cercanos a los 2.900 millones de dólares al año.

Tabla 5.- Gastos operacionales de la gran Minería (millones de dólares).

	2004	2005	2006
Bienes e Insumos Mineros			
Partes y Piezas	422	538	660
Insumos Planta	466	557	636
Insumos Mina	276	278	312
Reactivos	210	299	348
Total	1.374	1.672	1.956
Servicios Mineros			
Contratistas y Consultores	960	1.009	1.359
Servicios Generales y Mantención	803	1.203	1.238
Total	1.763	2.212	2.597
Combustibles y Lubricantes	350	478	633
Energía	639	407	811
Remuneración Dotación Directa	1.124	1.316	1.655
Otros gastos de Operación	512	347	318
	5.762	6.732	7.970

Fuente: Informe Consejo Minero 2007.

La Tabla 5 muestra un sostenido aumento en los gastos operacionales de la Gran Minería entre el año 2004 al 2006. Así por ejemplo, en bienes e insumos mineros se constata un aumento del 42%. En el sector de servicios mineros el aumento es de sobre 47% y en el gasto total general el aumento es de sobre el 38%.

Respecto de servicios de ingeniería y consultoría, se puede mencionar que de acuerdo a estimaciones de la AIC (Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile) que la realización de proyectos de cobre y oro de los próximos años demandará servicios de ingeniería que se incrementarán de seis a nueve millones de horas/personas. Se incrementará de seis millones de horas/personas en el 2005 a sobre nueve millones de horas/personas para el año 2008. En términos de valor significa montos equivalentes a 270 millones de dólares anuales por concepto de ingeniería.

Respecto de otros insumos y reactivos de acuerdo a la Guía de Operaciones Mineras 2006 Portal Minero indica que la mayor demanda estará centralizada en los reactivos e insumos utilizados en el tratamiento de concentración por flotación en donde el gasto por bolas para molinos llegará a los 247 millones promedio anual estimándose que alcance 298 millones como promedio para el año 2011. El gasto promedio provisto para los aceros de revestimiento de molino, se estima alcanzará los 131 millones para el 2011.

En reactivos (espumantes, colectores, floculantes, cal, etc.), se estima que el gasto llegue a los 147 millones promedio anuales.

Para el caso de tratamientos de minerales vía hidrometalurgia, el mayor gasto corresponde al ácido sulfúrico con un promedio anual de 385 millones de dólares, esperándose un gasto anual promedio 411 millones de dólares para el 2009.

El segundo mayor gasto corresponde a extractantes y diluyentes con gastos promedios anuales de 29 y 14,8 millones de dólares respectivamente.

OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS EN OTROS AMBITOS DE LA MINERÍA CHILENA

El crecimiento proyectado que ha sido señalado más arriba desencadenará inevitablemente el aumento y/o nacimiento de nuevas actividades comerciales, así por ejemplo, habrá un notorio crecimiento en el aumento de la industria de bienes y servicios medioambientales. Dado que este crecimiento económico debe hacerse en un contexto de sustentabilidad y respeto al medio ambiente en el largo plazo. En este sentido destacan las siguientes áreas:

Uso y gestión eficiente del agua y sus efluentes.

La explotación de la inmensa riqueza minera en el norte de Chile requiere de grandes cantidades de agua para su procesamiento. Lamentablemente, el agua es un recurso cada vez más escaso en la zona norte de Chile, lo cual no sólo pone en riesgo el tratamiento y recuperación de esos recursos mineros, sino también crecientemente se está transformando en un foco de conflicto entre diferentes actividades productivas (minería-agricultura; minería-turismo; minería-acuicultura, etc.).

En la segunda Región por ejemplo, existen actualmente severos problemas que permitan asegurar la disposición de agua para consumo humano.

Recientemente, ha sido inaugurada una segunda planta desalinizadora que transformará a la ciudad de Antofagasta en la primera ciudad de Chile que obtenga el total del consumo humano desde el mar, mediante proceso de desalinización.

En general, los temas más relevantes en el uso y gestión eficiente del agua podrían resumirse en los siguientes puntos:

1. Levantar, integrar y sistematizar la información público-privada para apoyar la toma de decisiones.

2. Disminuir el consumo de agua a través del mejoramiento tecnológico de los procesos de tratamiento de minerales.
3. Desarrollar nuevos modelos de gestión y valorización de recursos hídricos.
4. Desalinización de agua de mar para incrementar la oferta de agua.
5. Acondicionamiento y disposición final segura e inocua de efluentes, que garanticen la no contaminación del recurso.

Otra de las áreas de oportunidades de negocios es:

Gestión de residuos

Residuos sólidos industriales:

De acuerdo a varios estudios realizados, se estima que hacia el 2010 las operaciones mineras existentes en Chile, generarán del orden de las 725 mil toneladas de residuos sólidos industriales. Es por lo tanto, necesario la realización de estudios que señalen la forma de tratamiento, el transporte, la disposición segura e inocua de estos residuos, tales como, chatarra, goma, madera, filtros de aceite, etc.

Se estima un volumen de negocios del orden de los 70 millones de dólares anuales.

Residuos peligrosos:

De un catastro realizado a 134 faenas mineras con capacidad de procesamientos mayores a 10 toneladas por día, se concluye que alrededor del 20% de los residuos que generan estas faenas, caen dentro de la categoría de residuos peligrosos.

Al tratamiento y disposición final de estos residuos se le considera un costo asociado dependiente de la distancia de transporte, dificultad de tratamiento, de 400 a 500 dólares por tonelada.

Residuos masivos:

La producción en Chile de cada tonelada de cobre fino genera entre otros los siguientes residuos en las siguientes cantidades promedio: 90 toneladas de relaves, 1,8 tonelada de escoria, 190,5 toneladas de ripio y 137 toneladas de estériles. Considerando que la producción de cobre fino en el año 2007 alcanzó la cifra de 5,5 millones de toneladas, queda en evidencia la magnitud de los residuos generados.

Importante en el tratamiento de estos residuos es el hecho que la mayoría de ellos (relaves, escoria, rípios, polvos de fundición, etc.) contienen varios otros elementos de alto valor comercial (oro, plata, molibdeno, germanio, cobalto, plomo, etc.), que deben ser recuperados, para entre otras cosas. ayuden a mejorar la economía global de los procesos.

Emisiones atmosféricas y calidad del aire

La recuperación de azufre y su conversión en ácido sulfúrico es uno de los negocios importantes asociados a las actividades pirometalúrgicas mediante las cuales se obtiene cobre y molibdeno entre otros.

La producción del ácido sulfúrico esta evidentemente ligada a emisiones hacia la atmósfera, por lo tanto, la mayor generación de concentrados minerales sulfurados de cobre significará inevitablemente un aumento de las emisiones de gases. Muchas de las plantas procesadoras de concentrado se encuentran en zonas que han sido declaradas con alta saturación de emisiones de gases y material particulado, que obstaculizan la realización de nuevos proyectos y ponen en riesgo la sustentabilidad de los existentes.

En consecuencia, algunas de las posibilidades en este ámbito son:

- Desarrollar tecnologías para evitar o disminuir emisiones.
- Desarrollar tecnologías que permitan mejorar la eficiencia del uso de combustibles.
- Impulsar y desarrollar tecnologías que reemplacen el uso de tecnologías tradicionales.
- Por último, implementar sistemas de monitoreo y controles permanentes que sean transparentes y accesibles a la comunidad.

Eficiencia energética y energías renovables

La actual situación económica junto con el calentamiento global del planeta ha planteado serios desafíos a la comunidad internacional. En Chile me parece pertinente y urgente, preguntarnos qué tipo de matriz energética queremos para los próximos 10, 20, o más años.

Al respecto, me parece que una de las medidas más importante, eficiente e inmediata debe ser el uso de la actual energía generada en el país. Fomentando fuertemente el ahorro, tanto en el sector industrial público-privado como en el consumo doméstico.

Se debe potenciar los estudios e investigaciones tendientes a desarrollar nuevas formas de energías como por ejemplo, biomasas, geotermia de alta y media entalpía, eólica, solar, etc.

Algunas iniciativas que podrían contribuir a fortalecer la investigación y estudios señalados serían:

- Diseño de nuevos equipos
- Optimización y rediseño de procesos
- Generación y uso de fuentes alternativas

Cierre de Faenas Mineras, Evaluación de Riesgos y Gestión de Pasivos.

La elaboración de planes de cierre de faenas mineras o evaluación de riesgos y gestión de pasivos significarán una gran demanda de servicios especializados tales como, hidrología, hidrogeología, contaminación de suelos, mecánica (estabilidad de taludes), servicios de ingeniería de varias especialidades (geofísico, hidráulica, eléctrica, etc.), que permitan planificar, coordinar y desarrollar las actividades de: Desmantelamiento de equipos e instalaciones, movimientos de tierra, estabilización de taludes, remediación de suelos, descontaminación de aguas y control y monitoreo permanente.

CIMM llama a los centros de investigación, universidades, industrias y a todos los miembros del centro de Geocompetencia para que pongan sus ojos en Chile. La tarea es desarrollar tecnologías que nos ayuden a solucionar problemas y hagan más competitiva la industria minero-metalúrgica en Chile y desde aquí seguramente de otros países de la región.