

**INFORME ESTUDIO**  
**“DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA MINERA EN AMÉRICA  
LATINA: ESTUDIO DE CASOS”**

**Organismo Ejecutor: Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO)**

**para**

**IDRC – CRDI**  
**Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo**

**Informe Final, Abril de 2006**

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe entrega los resultados del proyecto de investigación “DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA MINERA EN AMÉRICA LATINA: ESTUDIO DE CASOS”, llevado a cabo por un equipo multidisciplinario de profesionales de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), entre los meses de Diciembre 2005 y Marzo 2006, y que contó con el apoyo financiero del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC – CRDI).

Su objetivo principal fue realizar un diagnóstico de la situación actual y potencial del desarrollo minero y la innovación tecnológica ligada a este sector en Chile, México, Perú y Brasil, así como revisar algunas experiencias de otros países mineros (Canadá, Australia, Sudáfrica, Finlandia) que han logrado o están desarrollando estrategias de innovación tecnológica en torno a la industria minera y sus proveedores.

Cabe mencionar que para el desarrollo de este informe, el equipo de trabajo recibió el apoyo de un grupo de colaboradores de los países analizados, lo cual permitió identificar actores claves para construir una red de cooperación que permita el intercambio de información y experiencias, sobre los procesos de políticas y formas de enfrentar el desarrollo científico y tecnológico asociado a la actividad minera.

En base a los hallazgos de esta investigación, el equipo de trabajo ha generado algunas recomendaciones de política sobre el desarrollo de proveedores que contribuya al desarrollo local de las comunidades donde las operaciones mineras están ubicadas, que sin duda requiere un análisis más en detalle por parte de los actores locales claves identificados para cada uno de los países analizados en América Latina.

En general, los cuatro países analizados tienen un importante desarrollo y potencial minero a nivel mundial, principalmente por sus significativas reservas de hierro, bauxita, cobre, plata, zinc, oro, etc. Asimismo, disponen de una buena percepción internacional respecto de otros factores que son relevantes para atraer inversiones en minería (riesgo país, estabilidad legal, entre otros).

Se estima que para el período 2006 – 2010, la inversión minera en los proyectos más relevantes a ser materializados principalmente por empresa de la gran y mediana minería será del orden de US\$ 40.400 millones, en los cuatro países de América Latina, lo cual permite vislumbrar importantes oportunidades de negocios para los proveedores mineros locales.

Para el cumplimiento de lo anterior, es necesario un requisito esencial, el desarrollo futuro del sector minero, que permita aprovechar su dinamismo y oportunidades de negocios, sobretodo en este nuevo ciclo de altos precios de los *commodities* y otros productos mineros producidos en los cuatro países de América Latina.

El rol de la política pública es anticipar esta situación y proporcionar un marco de institucionalidad que permita mantener el dinamismo del sector y generar más y mejor información y condiciones para todos los actores de la minería.

En este sentido, los esfuerzos a nivel país efectuados por el Gobierno de Perú y su programa de innovación BID (Banco Interamericano de Desarrollo) – Perú; la propuesta de un fondo de innovación para la competitividad en Chile, que está proponiendo una nueva institucionalidad para investigación y desarrollo; el fortalecimiento de capacidades a través del fortalecimiento de los Arreglos Productivos Locales en la micro, pequeña y mediana minería en Brasil; o la Política Económica

para la Competitividad en México pueden ser una oportunidad para el sector científico y tecnológico minero en estos países, principalmente para las empresas mineras de pequeña y mediana escala, así como para las empresas proveedoras de bienes, insumos y servicios mineros.

En el plano de las recomendaciones de política, una primera línea de trabajo debiera considerar el fortaleciendo los sistemas locales de innovación tecnológica vinculados al sector minero, que se encuentran en etapas primarias de implementación y desarrollo, comparados con países de un historial más largo en el desarrollo tecnológico minero como son Canadá y Australia.

Algunas deficiencias comunes en los sistemas de innovación pueden ser la baja inversión en tecnología local y en recursos humanos calificados para gestión y fomento; así como la falta de definición de estrategias específicas para el sector minero. Por su parte, las empresas mineras, principalmente extranjeras, que operan en los países en estudio, si bien realizan investigación a nivel local, la mayor parte de ésta es realizada en el exterior, utilizando sus propios centros de investigación o beneficiándose de redes estratégicas para resolver problemas específicos en algunas de sus operaciones alrededor del mundo, y proyectando sus innovaciones tecnológicas hacia sus operaciones en América Latina o hacia una amplia gama de otros sectores productivos.

Son variadas las tareas que deben ser abordadas para mejorar las capacidades locales de innovación tecnológica, que permitan generar una mayor cantidad de emprendimientos tecnológicos de proveedores mineros, con presencia no sólo en el ámbito nacional, sino también en el internacional. Algunas recomendaciones de política para lograr un mayor grado de innovación en minería podrían ser:

- Una mayor coordinación e integración entre los sistemas nacionales de innovación y las políticas sectoriales.
- La generación de políticas para aumentar los niveles de inversión en I&D, principalmente el aporte desde el sector productivo, donde una alternativa a estudiar podrían ser programas de créditos tributarios, como el aplicado por México.
- La creación de un fondo sectorial para la minería o un programa en áreas claves del sector minero, complementario a los fondos concursables del Estado, puede también ser un instrumento a implementar en algunos países. El Fondo Tecnológico Mineral en Brasil es un buen ejemplo a analizar.
- El gasto de la I&D en minería debiera enfocarse más hacia la investigación aplicada, sin descuidar por su puesto a la ciencia básica, permitiendo crear productos tecnológicos que tengan un valor económico atractivo para ser vendido aún en los mercados más exigentes.
- Lo anterior, con una clara definición de la normativa de tramitación de patentes, protección y distribución de derechos de la propiedad intelectual, así como el establecimiento de normas técnicas para los productos desarrollados por los proveedores.
- La formación de consorcios de investigación aplicada con participación de las universidades, empresas mineras y proveedores podría ser útil para el cumplimiento de estos objetivos.

- El trabajo en redes (tipo AMIRA en Australia; CAMIRO en Canadá, etc.), que maximice la utilización de recursos financieros y la gestión de centros tecnológicos es una práctica común en países mineros desarrollados, que debiera ser una práctica a implementar.

Una segunda línea de recomendaciones de política se refiere al fortalecimiento de las actividades relacionadas con la minería, específicamente el desarrollo de proveedores locales mineros.

Lo anterior considerando que existen competencias técnicas locales para consolidar nichos de negocios como la fabricación de partes y piezas, algunos insumos especializados y servicios mineros menos intensivos en conocimiento y requerimientos tecnológicos, que pueden sumarse a la atracción de inversiones hacia América Latina de proveedores globales de equipos mineros de mayor complejidad tecnológica.

La revisión de iniciativas para el desarrollo de la ciencia y tecnología o en torno al fortalecimiento de los encadenamientos productivos (desarrollo de proveedores) a nivel mundial (Canadá, Australia, Finlandia, Sudáfrica), refuerza la importancia de la presencia de todos los actores relevantes de la industria minera en las instancias de diálogo que se generen y que tengan por objetivo el desarrollo de productos y servicios que cumplan las exigencias de las empresas mineras o que generen alternativas de desarrollo sustentable en las locales donde operan.

Algunas recomendaciones en este ámbito podrían ser:

- Generar más y mejor información pública sobre la oferta y demanda por parte de todos los actores involucrados, que permita determinar en forma más precisa las reales oportunidades de negocios para los proveedores locales. El mercado de bienes y servicios ambientales y de las TIC en minería son dos áreas que pudieran ser identificadas con mayor detalle.
- Un especial énfasis debiera darse al mercado de la pequeña y mediana minería en la región, que también representa un sector relevante en la demanda de bienes y servicios mineros, principalmente en el sector productivo de oro y cobre.
- Se requiere seguir fomentando los encuentros regionales de minería donde se analice el potencial minero de América Latina y sus oportunidades de negocios para los proveedores locales, haciendo un esfuerzo por incorporar a otros países de la región.
- La formación de asociaciones nacionales de proveedores mineros locales, que apoyen el crecimiento, difusión de los productos y generación de estrategias comerciales a través del mundo, también parece ser un elemento clave para el desarrollo de proveedores mineros.
- Una mayor producción local de bienes, insumos y servicios para la minería, requiere el desarrollo de programas eficientes con el apoyo de todos los actores de la cadena productiva con un fuerte componente de I&D. En esta línea de trabajo, se requiere seguir fomentando iniciativas como el programa de Arreglos Productivos Locales (APL) en Brasil, que apoya la gestión productiva de las micro, pequeñas y medianas empresas con base mineral, los Programas de Fomento y Desarrollo de Productivo de CORFO en Chile, la Política Económica para la Competitividad que está desarrollando la Secretaría de Economía en México, o el programa Zimele de Anglo American en Sudáfrica,

entre otros, los cuales pueden ayudar a fortalecer las economías locales, a través de la creación de empresas viables y sustentables en el tiempo.

- El mejoramiento de la gestión, la capacitación y asesoría técnica en calidad y propiedad intelectual de productos, el fomento para aplicar normas técnicas y procesos de estandarización en los proveedores locales, o el desarrollo de proveedores estratégicos para las empresas mineras, debieran ser líneas de acción a ser consideradas en los programas descritos anteriormente.
- Por otra parte, se podrían desarrollar programas de atracción de inversiones de grandes proveedores que puedan utilizar a los países de América Latina como una plataforma de negocios en el continente, considerando la posibilidad de insertar a proveedores locales en la cadena de valor de estos proveedores internacionales.
- En el sector de la Ingeniería y Construcción, una estrategia de asociación entre grandes empresas trasnacionales y proveedores locales podría ser fundamental para la transferencia de mejores prácticas y conocimientos hacia éstas últimas.
- En el mercado de los proveedores de servicios mineros, es necesario estudiar en mayor detalle las limitantes y fortalezas que presenta, y de este modo promover estrategias que generen su crecimiento y desarrollo para su consolidación en el mercado local y regional.

El desarrollo de iniciativas en estas áreas requiere un proceso de mediano y largo plazo, que permita generar los espacios de confianza, y así por ejemplo, logrando una mayor participación y colaboración del sector productivo minero en instancias desarrolladas por los gobiernos locales, el impulso de estrategias de política minera para el fortalecimiento y desarrollo de proveedores locales, o el mejoramiento al acceso de financiamiento para las pequeños y medianas empresas proveedoras.

Considerando la gran cantidad de información recopilada, los hallazgos y las recomendaciones de política que pudieran ser analizadas o implementadas para cada uno de los países de América Latina revisados en este estudio, resulta necesario implementar una estrategia de difusión y análisis de los resultados y recomendaciones, ya sea usando medios electrónicos (correo) o páginas Web (COCHILCO, IDRC, etc.) a través de un taller a nivel internacional o talleres locales en los países analizados, que convoque a todos los actores relevantes que fueron identificados durante la investigación, y que podrían formar parte de la red de cooperación creada para el intercambio de información y experiencias sobre la temática de esta investigación

El grupo de trabajo de COCHILCO estima y espera que esta investigación y sus recomendaciones de política puedan contribuir a entregar una mejor visión de cómo fortalecer el desarrollo de proveedores locales con mayor tecnología, y en definitiva permitan lograr un mayor desarrollo local de las comunidades donde las operaciones mineras están ubicadas en los cuatro países analizados.

# INDICE DE CONTENIDOS

## RESUMEN EJECUTIVO

LISTA DE ACRÓNIMOS .....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	14
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....	18
2.1 Objetivos General.....	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
2.3 Equipo de Trabajo .....	18
2.4 Metodología de Trabajo y Actividades Realizadas.....	19
3. DESARROLLO MINERO EN AMÉRICA LATINA: ESTUDIOS DE CASOS .....	25
3.1. Aspectos Económicos.....	25
3.1.1. Introducción .....	25
3.1.2. Principales indicadores económicos - mineros .....	25
3.2. Caracterización Minera .....	27
3.1.1. Estructura de la minería en países en estudio .....	27
3.2.2. Principales productos mineros .....	28
3.3.2.1 Cobre .....	29
3.3.2.2 Molibdeno .....	30
3.3.2.3 Oro .....	31
3.3.2.4 Plata.....	32
3.3.2.5 Estaño.....	32
3.3.2.6 Hierro .....	33
3.3.2.7 Otros productos mineros relevantes .....	33
3.2.3. Reservas y gasto en exploración .....	34
3.2.3.1 Reservas en principales productos mineros .....	34
3.2.3.2 Gastos de exploración .....	35
3.2.4. Potencial minero, otros factores relevantes. ....	36
3.2.5. Empresas mineras mundiales y su presencia en países de estudio .....	37
3.3. Potencial Minero – Inversiones Proyectadas.....	40
3.4. Hallazgos.....	46
3.5. Bibliografía.....	47
4. DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN MINERÍA.....	49
4.1 Indicadores de Investigación y Desarrollo (I&D) .....	49
4.1.1 Patentes de invención y propiedad intelectual.....	51
4.2 Políticas de I&D para el Sector Minero .....	57
4.2.1 Ministerio de ciencia y tecnología de Brasil .....	57
4.2.1.1 Situación del sector minero.....	58

<b>4.2.2</b>	<b>Hacia un nuevo enfoque nacional de innovación en Perú</b> .....	60
4.2.2.1	Plan nacional de ciencia, tecnología e innovación (PNCTI).....	61
4.2.2.2	Programa de ciencia y tecnología – BID / Gobierno Peruano.....	63
<b>4.2.3</b>	<b>Consejo nacional de ciencia y tecnología en México</b> .....	66
4.2.3.1	Incentivos fiscales .....	68
4.2.3.2	Análisis del sector minero .....	68
<b>4.2.4</b>	<b>Desarrollo científico y productivo en Chile</b> .....	70
4.2.4.1	Gestión de la ciencia y tecnología.....	70
4.2.4.2	Desarrollo productivo .....	73
4.2.4.3	Una mirada a la gestión del sector minero .....	74
<b>4.3</b>	<b>Desarrollo Tecnológico en Minería</b> .....	<b>77</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Exploración minera</b> .....	<b>77</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Evolución tecnológica en la industria del cobre</b> .....	<b>79</b>
4.3.2.1	Exploración de yacimientos .....	80
4.3.2.2	Explotación minera.....	81
4.3.2.3	Procesamiento de minerales.....	82
4.3.2.4	Procesos pirometalúrgicos.....	84
4.3.2.5	Procesos hidrometalúrgicos .....	89
<b>4.3.3</b>	<b>Nociones sobre innovación para los minerales industriales</b> .....	<b>93</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Nociones tecnológicas en la pequeña y mediana minería</b> .....	<b>94</b>
<b>4.4</b>	<b>Una Visión desde el sector minero productivo</b> .....	<b>96</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Compañía Vale Do Rio Doce (CVRD)</b> .....	<b>96</b>
<b>4.4.2</b>	<b>La situación del sector productivo peruano</b> .....	<b>97</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Grupo México</b> .....	<b>98</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Grupo Minero Peñoles</b> .....	<b>99</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Codelco Chile</b> .....	<b>100</b>
<b>4.4.6</b>	<b>Empresa Nacional de Minería (ENAMI)</b> .....	<b>103</b>
<b>4.4.7</b>	<b>Sociedad Química y Minera de Chile S.A: (SQM)</b> .....	<b>104</b>
<b>4.4.8</b>	<b>Fundación Chile</b> .....	<b>106</b>
<b>4.5</b>	<b>Hallazgos</b> .....	<b>109</b>
<b>4.6</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>110</b>
<b>5.</b>	<b>EL SECTOR PROVEEDOR PARA LA MINERÍA Y LAS INICIATIVAS PARA SU FORTALECIMIENTO..</b>	<b>114</b>
<b>5.1</b>	<b>El Sector Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios para la Minería</b> .....	<b>114</b>
<b>5.1.1</b>	<b>La importancia del sector proveedor de la minería</b> .....	<b>114</b>
5.1.1.1.	El sector manufacturero brasileño.....	115
5.1.1.2.	Perú y la importancia de las importaciones.....	115
5.1.1.3	México y la industria maquiladora .....	116
5.1.1.4	Los grandes proveedores de la minería en Chile.....	117
<b>5.1.2</b>	<b>Estimación de la demanda de bienes, insumos y servicios mineros</b> .....	<b>117</b>
5.1.2.1	Aproximación de estimación de demanda .....	117
5.1.2.2	La demanda en la industria del cobre y estudios de casos.....	118

5.1.2.3	Bienes e insumos en la industria del oro.....	127
5.1.2.4	Bienes e Insumos en la industria del hierro .....	136
<b>5.1.3</b>	<b>Los proveedores y las necesidades de las empresas mineras .....</b>	<b>141</b>
5.1.3.1	Empresas proveedoras de bienes.....	142
5.1.3.2	Empresas proveedoras de insumos.....	145
5.1.3.3	Empresas prestadoras de servicios mineros .....	148
<b>5.1.4</b>	<b>Demanda por bienes y servicios ambientales .....</b>	<b>157</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Tecnologías de la información y telecomunicaciones (TIC) en minería .....</b>	<b>161</b>
<b>5.1.6</b>	<b>Estrategias y nuevas tendencias de comercialización .....</b>	<b>169</b>
5.1.6.1	Licitaciones globales.....	169
5.1.6.2	Comercio electrónico .....	170
5.1.6.3	Sistemas y normas de gestión .....	172
<b>5.2</b>	<b>Iniciativas para el Fortalecimiento de Encadenamientos Productivos Locales.....</b>	<b>173</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Los arreglos productivos locales (APL) en Brasil.....</b>	<b>173</b>
5.2.1.1	Programa de apoyo a la investigación e innovación en APL .....	176
5.2.1.2	CVRD y su interacción con las empresas proveedoras locales .....	178
<b>5.2.2</b>	<b>El rol de la minería privada en Perú .....</b>	<b>178</b>
5.2.2.1	Programa de desarrollo de proveedores “Articulando al Sur” .....	179
5.2.2.2	Minera Yanacocha y la Asociación Corporativa Los Andes de Cajamarca .....	181
<b>5.2.3</b>	<b>México y el Programa Nacional de Desarrollo Minero 2002-2006.....</b>	<b>184</b>
5.2.3.1	Política económica para la competitividad .....	185
5.2.3.2	Cadena productiva de la joyería y orfebrería de plata y oro.....	186
<b>5.2.4</b>	<b>Chile y los programas regionales de desarrollo de proveedores.....</b>	<b>186</b>
5.2.4.1	El desarrollo de proveedores de la I Región de Tarapacá. ....	187
5.2.4.2	Iniciativas en torno a la II Región de Antofagasta .....	189
5.2.4.3	Iniciativas en torno a la Región de Atacama .....	194
5.2.4.4	Agenda de trabajo para el fortalecimiento de la minería y sus sectores relacionados.....	195
<b>5.3</b>	<b>Hallazgos.....</b>	<b>196</b>
<b>5.4</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>198</b>
<b>6.</b>	<b>EXPERIENCIA INTERNACIONALES.....</b>	<b>202</b>
<b>6.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>202</b>
<b>6.2</b>	<b>La Experiencia Australiana .....</b>	<b>204</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Estrategias de Cooperación en Tecnología .....</b>	<b>204</b>
4.2.1.1	CSIRO (Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization).....	205
4.2.1.2	Centros de Investigación Cooperativos (CRC) y Especiales .....	205
4.2.1.3	Amira (Australian Minerals Industry Research Association).....	205
4.2.1.4	Minerals Council of Australia (MCA) .....	206
<b>6.2.2</b>	<b>Austmine (Asociación de Exportadores Mineros de Australia).....</b>	<b>207</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Agenda de Acción para los Servicios de Tecnología Minera.....</b>	<b>209</b>
<b>6.3</b>	<b>La Experiencia Canadiense.....</b>	<b>210</b>
<b>6.3.1</b>	<b>Políticas para el desarrollo tecnológico .....</b>	<b>211</b>



6.3.2	Centros y clusters tecnológicos .....	213
6.3.3	El aporte de las empresas mineras canadienses .....	215
6.3.4	El sector de bienes y servicios mineros .....	217
6.3.4.1.	CAMESE.....	217
6.3.5	El Cluster Industrial Minero en Ontario .....	218
6.4	La Experiencia de Sudáfrica .....	220
6.4.1	Estrategia tecnológica basada en los recursos .....	221
6.4.2	MINTEK.....	222
6.4.3	El Sector de proveedores mineros.....	222
6.4.3.1.	Consejo Exportador de Bienes de Capital .....	224
6.4.3.2	Iniciativas de Anglo American .....	224
6.5	La Experiencia Finlandesa .....	225
6.5.1	Algunas claves de su modelo.....	226
6.5.2	Consejo de Políticas de Ciencia y Tecnología.....	227
6.5.3	El sector proveedor minero .....	228
6.5.3.1	Outokumpu: Un ejemplo exitoso de proveedor minero global.....	229
6.6	Hallazgos.....	230
6.7	Bibliografía.....	231
7.	RECOMENDACIONES .....	235
7.1	Potenciamiento de la capacidad local de innovación .....	237
7.2	Fortalecimiento de actividades relacionadas con la minería .....	239
7.3	Difusión de Resultados y Red de Cooperación .....	243
ANEXOS.....		248
Anexo II.1.	Equipo de trabajo y red de cooperación .....	249
Anexo II.2.	Contactos realizados y posibles participantes de la Red de Colaboración .....	253
Anexo III.1.	Producción de Principales Metales en Chile, Perú, Brasil, México .....	259
Anexo IV.1.	Observaciones al Sistema Nacional de Innovación de Perú. ....	261
Anexo IV.2.	Fondos y Programas de C&T en Chile .....	264
Anexo IV.3.	Evolución Tecnológica en la Industria del Cobre .....	267
Anexo IV.4.	Análisis del Sector Privado Peruano.....	282
Anexo V.1.	Descripción de las empresas más relevantes de la industria TIC en Minería..	284

## LISTA DE ACRÓNIMOS

### Siglas de Instituciones / Organismos

ACC:	Academia Chilena de Ciencias (Chile)
ACL:	Alliance Copper Ltd. (Chile)
ACTI:	Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías (Chile)
ADEX:	Asociación de Exportadores (Perú)
AIA:	Asociación de Industriales de Antofagasta (Chile)
All:	Asociación de Industriales de Iquique A.G. (Chile)
ALAC:	Asociación Los Andes de Cajamarca (Perú)
AMIRA:	Australian Mining Industry Research Association (Australia)
ANUIES:	Asociación de Universidades e Institutos de Educación Superior (Perú)
APCI:	Agencia de Cooperación Internacional (Perú).
APEC:	Asia Pacific Economic Cooperation
APRIMIN:	Asociación de Grandes Proveedores Industriales Mineros (Chile)
ATC:	Centro de Tecnología del Aluminio (Canadá)
BANCOMEXT:	Banco Nacional de Comercio Exterior de México.
CIT:	Instituto Tecnológico de British Columbia (Canadá)
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CAMESE:	Asociación Canadiense para la Exportación de Servicios y Equipos Mineros (Canadá)
CAMIMEX:	Cámara Minera de México
CAMIRO:	Mining Industry Research Organization (Canadá)
CANMET:	Centro Canadiense de Tecnología Minera y Energética
CAPES:	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior ( <i>coordinación de perfeccionamiento de personal de nivel superior</i> )
CAS:	Chinese Academy of Science
CEIM:	Centro de Entrenamiento Industrial y Minero (Chile)
CEMI:	Centro para la Excelencia en Innovación Tecnológica (Canadá)
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CESEM:	Centro de Servicios Empresariales (Perú)
CETEC	Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC)
CETEM:	Centro de Tecnología Mineral (Brasil)
CICITEM:	Centro de Ciencia y Tecnología para la Minería (Chile)
CIDT:	Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (Servicios Industriales Peñoles).
CIE:	Comité de Inversiones Extranjera (Chile)
CIMM:	Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (Chile)
CITEs:	Centros de Innovación Tecnológica (Brasil)
CMP:	Compañía Minera del Pacífico (Chile)
CNI:	Confederación Nacional de la Industrial (Brasil)
CNPq:	Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Brasil)
COCHILCO:	Comisión Chilena del Cobre (Chile)
CODELCO:	Corporación del Cobre de Chile
COFIDE:	Corporación Financiera de Desarrollo de carácter estatal (Perú)
CONACYT:	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México)
CONAMA:	Comisión Nacional de Medio Ambiente (Chile)
CONCYTEC:	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Brasil)
CONICYT:	Comisión nacional de Investigación Científica y Tecnológica
CORFO:	Corporación de Fomento de la Producción (Chile)
CORPROA:	Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama (Chile)
CPC:	Confederación de la Producción y el Comercio (Chile)
CQRDA:	Centre for Aluminum R&D (Canadá)
CRC AMET:	Cooperative Research Centre for Australian Mineral Exploration Technologies (Australia)
CRC:	Centros de Investigación Cooperativos (Australia)
CRDI (IDRC):	Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
CSIRO:	Australian Commonwealth Scientific and Research Organization
CTM:	Centro Tecnológico Minero (Chile)

CVRD:	Compañía Vale Do Rio Doce (Brasil)
DNPM:	Departamento Nacional de Producción Mineral (Brasil)
DPI:	Departamento de Propiedad Industrial (Chile)
ENAMI:	Empresa Nacional de Minería (Chile)
ESDE:	Extracción por Solventes y Depositación Electrolítica
FINEP:	Agencia Brasileña de Innovación
FINEP:	Financiadora de Estudios y Proyectos (Brasil)
Finnvera:	Agencia de Crédito a las Exportaciones (Finlandia)
Finpro:	Asociación para los Servicios de Internacionalización (Finlandia)
FNDCT:	Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (Brasil)
FONCYC:	Fondo Nacional para la Ciencia y la Competitividad (Perú)
FONDAP:	Fondo de Áreas Prioritarias (Chile)
FONDECYT:	Fondo Nacional de Ciencia y tecnología (Chile)
FONDEF:	Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Chile).
GRADE:	Grupo de Análisis para el Desarrollo (Perú)
High Tech Chile:	Programa de atracción de inversiones de alta tecnología (Chile)
IBRAM:	Instituto Brasileiro de Mineracao
IMMSA:	Industrial Minera México S.A.
IM2:	Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia S.A.
IMPI:	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (México)
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Perú)
INGEMMET:	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Perú)
INN:	Instituto de Normalización (Chile)
INPI:	Instituto Nacional de Propiedad Industrial (Brasil)
INT:	Instituto Nacional de Tecnología (Brasil)
ITESM:	Instituto Tecnológico Superior de Monterrey (México)
JKMRC:	Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre (Australia)
MCA:	Minerals Council of Australia
MCT:	Ministerio de Ciencia y Tecnología (Brasil)
MERC:	Mineral Exploration Research Centre (Canadá)
MINCETUR:	Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Perú)
MME:	Ministerio de Minas y Energía (Brasil)
MNDM:	Ministerio de Desarrollo del Norte y Minas de Ontario (Canadá)
NORCAT:	Northern Centre for Advance Technology (Canadá)
NRC:	Consejo de Investigación Nacional (Canadá)
NTC:	Noranda Inc. Technology Centre
OCDE (OECD):	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OMC:	Organización Mundial de Comercio
OMPI:	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
USPTO	Oficina de Patentes de Estados Unidos
PADCT:	Programa de Apoyo al Desarrollo Científico y Tecnológico (Brasil)
PBCT:	Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (Chile)
Pecyt:	Programa Especial de Ciencia y Tecnología (México)
PROCHILE:	Agencia de Promoción de las Exportaciones de Chile
PRODUCE:	Ministerio de la Producción (Perú)
Prompex:	Comisión para la Promoción de Exportadores (Perú)
PUC – RJ	Pontificia Universidad Católica, Rio de Janeiro, Brasil
PUCP	Pontificia Universidad Católica del Perú
QCAT:	Queensland Centre for Advanced Technologies (Australia)
RBT:	Red Brasileira de tecnología (Brasil)
RICYT:	Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología
SAMSSA:	Sudbury Area Mining Supply and Service Association (Canadá)
SEBRAE:	Servicio Brasileño de Apoyo a la Micro y Pequeña Empresa (Brasil)
SEI:	Software Engineering Institute
SENAI:	Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial (Brasil)
SERNAGEOMIN:	Servicio nacional de Geología y minería (Chile)
SICEP:	Sistema de Calificación de Empresas de Proveedoras y de Servicios (Chile).
SIP SA:	Servicios Industriales Peñoles (México)

Sitra:	Fondo Nacional de Finlandia para la Investigación y el Desarrollo (Finlandia).
SMCV:	Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A (Perú)
SMI	Sustainable Minerals Institute, University of Queensland (Australia)
SMP:	Sociedad Minera Pudahuel (Chile)
SNCT:	Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (México)
SOFOFA:	Sociedad de Fomento Fabril (Chile)
SONAMI:	Sociedad Nacional de Minería (Chile)
SOREDEM:	Sociedad de Investigación y Desarrollo Minero (Société de recherche et développement minier, Canadá).
SPCC:	Southern Peru Copper Corporation
SQM:	Sociedad Química y Minera de Chile
SVA:	Société de la vallée de l'aluminium (Canadá)
Tecsup:	Centro Tecnológico Superior (Perú)
Tekes:	Agencia Tecnológica Nacional (Finlandia)
UASLP:	Universidad Autónoma San Luis Potosí (México)
UE	Unión Europea
UFOP:	Universidad Federal de Ouro Preto, Brasil
UFMG:	Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil
UFPA	Universidad Federal de Pará, Brasil
UFRJ	Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil
UF Sao Carlos	Universidad Federal Sao Carlos, Brasil
UF Viosa	Universidad Federal Viosa, Brasil
UNAM:	Universidad Nacional Autónoma de México
UNAS:	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú
UNI:	Universidad Nacional de Ingeniería, Perú
UNCP	Universidad Nacional del Centro del Perú, de Huancayo-Junín, Perú
UNDAC:	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, de Cerro de Pasco, Perú
UNJBG:	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, Perú
UNMSM:	Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú
UQAC:	Université du Québec à Chicoutimi (Canadá)
USP	Universidad de Sao Paulo, Brasil

### **Otras abreviaturas y unidades de medidas**

A\$:	Dólares australianos
APL:	Arreglos Productivos Locales (Arranjos Produtivos Locais – Brasil))
BAT:	Best Available Technology
BLEG:	Bulk Leach Extractable Gold
Can\$:	Dólares canadienses
CMMI:	Capability Maturity Model Integrated
CRU	Commodity Research Unit
CT:	Convertidor Teniente (Chile)
CTI:	Ciencia, Tecnología e Innovación (Perú)
Cu:	Cobre (símbolo químico)
E&MJ:	Engineering & Mining Journal
EPCM:	Engineering, Procurement, Construction and Management.
EPI:	Estudios Preinversionales
EXPOMIN:	Feria de la Minería Latinoamericana (Chile)
FIM:	Fondo de Investigaciones Mineras, Chile
GTP:	Grupo de Trabajo Permanente para APL (Brasil)
HACCP:	Hazard Analysis and Critical Control Point
HSBM:	Hybrid Blasting Stress Model
HP:	Caballo de Fuerza (horse power)
I&D:	Investigación y desarrollo
I&IT:	Investigación e Innovación Tecnológica
Kg:	Kilogramo
KWh/ton:	Kilowatt hora por tonelada
LIX-SX-EW:	Lixiviación, extracción por solventes y electro obtención.
LOP:	Large Open Pit Mines

m:	metro
MIPyMEs:	Empresas micro, pequeñas y medianas (México)
MMT:	Mass Mining Technology
Mo:	Molibdeno (símbolo químico)
MW:	Megawatts
N.D.:	No disponible
Nm <sup>3</sup> /ton:	Normal metro cúbico por tonelada
NO <sub>x</sub> :	Óxido de Nitrógeno
OEM:	Original Equipment Manufacturer
OMET:	Ontario Mineral Exploration Technologies (Canadá)
OSHA:	Occupational Safety & Health Administration
OTEC:	Organismos Técnicos de Capacitación (Chile)
PDTec:	Plan Director de Tecnología en CVRD
PIB:	Producto Interno Bruto
PNCTI:	Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano (Perú).
PNDM:	Programa Nacional de Desarrollo Minero (México)
PPA:	Plan Plurianual (Brasil)
ppm:	Partes por millón
PRC:	Plan de Relaciones con la Comunidad (Perú)
PVC:	Policloruro de vinilo (PolyVinyl Chloride)
R\$:	Reales brasileños
SGS:	Sistemas de Gestión Ambiental
SIN:	Sistema Nacional de Innovación (Chile)
SO <sub>2</sub> :	Ácido sulfúrico
STM:	servicios tecnológicos mineros
TIC:	Tecnologías de la Información y Comunicaciones
TLC:	Tratados de Libre Comercio
TLCAN:	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
TM:	Toneladas métricas
TMF:	Toneladas métricas finas
Ton:	Tonelada
ton/h:	Toneladas por hora
US\$:	Dólares americanos
\$:	Pesos chilenos

## 1. INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad productiva basada en la utilización de recursos naturales no renovables. Esta situación se traduce en el hecho que el desarrollo futuro de varios países mineros no podrá basarse exclusivamente en la extracción de éstos, situación que plantea un desafío importante que apunta a crear estrategias de desarrollo, que impliquen no sólo el desarrollo de la actividad minera por sí misma, sino que a partir de ella, fortalecer el resto de los sectores, creando “*clusters* mineros” o encadenamientos productivos en torno a la minería.

Lo anterior, permitiría revertir así los argumentos que dicen que la minería no sirve para el desarrollo de un país, debido a que deteriora los términos de intercambios, genera pocos efectos de encadenamientos y poco aumento de productividad. Al respecto, la evidencia empírica no es concluyente, y más bien se señala que el problema no está en la minería sino en la aplicación de políticas inadecuadas.

En este sentido, el enfoque de cluster o encadenamientos productivos permite entender de la evolución hacia actividades de mayor valor, de la incorporación de eslabones, del aprendizaje, innovación y aumento de productividad y competitividad, entre otros factores.

Existe una gran variedad de definiciones de clusters y formas de analizar su desarrollo. Sin embargo, este puede ser definido como la existencia de un vigoroso régimen competitivo y/o la acción conjunta de agentes para diversos fines, tales como, solucionar problemas comunes, innovar, o ingresar a nuevos mercados. Además, se necesita la existencia de una demanda dinámica como catalizador para la continua innovación en el cluster.

Los *clusters* exitosos presentan un gran nivel de especialización entre sus agentes que permite la provisión de insumos y servicios especializados elevando así la eficiencia del cluster. Además, los mejores clusters exhiben una capacidad endógena de innovación, estimulada por presión (demanda exigente, rivalidad) y contenida en una capacidad colectiva de respuesta (colaboración empresarial y desarrollo institucional). Otra característica principal de los clusters exitosos es su alto nivel de competitividad internacional.

Además, es importante señalar que los clusters se encuentran en constante evolución y que la mantención de su competitividad y eficiencia global depende de la manera en que las empresas e instituciones que los conforman reaccionen ante los shocks internos y externos.

En los últimos años, el concepto de *cluster* se ha estado aplicando al análisis del sector minero, a nivel internacional, así como en América Latina. Importantes aportes ha realizado la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) e IDRC a través del estudio “Aglomeraciones Mineras y Desarrollo Local en América Latina”<sup>1</sup>. Algunas lecciones del estudio indican que la minería es intensiva en tecnología, por lo tanto, el fortalecimiento de las capacidades locales de aprendizaje, innovación y mejoramiento es la única manera de compatibilizar ganancias privadas, desarrollo social y preservación ambiental, que permita así atenuar las deficiencias en el funcionamiento de las fuerzas de mercado.

---

<sup>1</sup> Este informe fue resultado del proyecto CEPAL-IDRC “A Natural Resource Cluster Development Strategy: The Case of Mining, CAN/99/47 en la numeración de CEPAL y 98-8755-01 en la numeración IDRC.

Asimismo, en el informe se señaló que la generación de una visión estratégica compartida, la confianza entre agentes, y el fortalecimiento de las instituciones locales son claves para generar capacidades de desarrollo local, principalmente en algunos lugares, que dependen esencialmente de la minería.

En el plano de las recomendaciones, el estudio planteó que se pueden vislumbrar cuatro estrategias posibles para las aglomeraciones mineras en América Latina: a) el mejoramiento de las ventajas competitivas de la actividad existente, es decir, potenciar la capacidad local de innovación; b) la elaboración de productos derivados; c) incursionar en la fabricación de bienes de capital para la minería, y d) el fortalecimiento de actividades relacionadas con la minería<sup>2</sup>. En resumen, se concluye que una combinación de la primera y la cuarta estrategia es la que ofrece mejores expectativas, ya que se debe fortalecer la capacidad local de innovación y aprovechar el dinamismo de la minería para desarrollar competencias en actividades relacionadas pero distintas. Este estudio intenta dar una mirada sobre estas conclusiones en los cuatro países de América Latina, a saber, Chile, Perú, Brasil y México, debido a su importancia como productores de minerales y metales en la región y a nivel mundial.

A nivel internacional, la provincia de Ontario en Canadá, lanzó en el año 2003, su *Cluster Industrial Minero de Ontario*, enfocado principalmente al fortalecimiento y desarrollo de las capacidades de innovación de los actores locales, y a la inserción en los mercados internacionales de sus proveedores mineros. Por otra parte, Australia, a través de una alianza pública – privada ha estado generando una agenda para potenciar la capacidad exportadora de sus empresas mineras de servicios tecnológicos, mientras Sudáfrica también ha comenzado a trabajar en el tema de clusters productivos.

Por su parte, desde el año 2002, COCHILCO, como organismo asesor del Gobierno y del Ministerio de Minería de Chile en materias vinculadas al diseño, fomento e implementación de acciones tendientes a fortalecer los encadenamientos productivos a partir de la actividad minera, ha estado analizando el desarrollo de un *cluster* minero en Chile y de las iniciativas para el fortalecimiento de los encadenamientos productivos en torno a la minería<sup>3</sup>.

De estos análisis, se pudo considerar al sector minero como el centro del complejo productivo o *cluster*, alrededor del cual se situarían las empresas proveedoras de insumos, bienes y servicios mineros, así como las universidades y centro de investigación (encadenamientos hacia atrás), otros sectores productivos que se relacionan con la minería, tales como: energía, agua y gas, telecomunicaciones, construcción, etc. (encadenamientos hacia los lados), y los encadenamientos hacia delante, representados principalmente, por las fundiciones de cobre y las empresas manufactureras.

En este contexto, el sector minero nacional fue reconocido como un eje motor para potenciar el desarrollo de otros sectores económicos y actividades productivas, que signifique mejorar la productividad y estabilidad del sector; es decir, consolidar una red competitiva con sus consecuentes beneficios económicos y sociales para todos los actores involucrados.

---

<sup>2</sup> Hubo una estrategia que se descartó de antemano para el caso de la minería, que fue la diferenciación del producto, ya que prácticamente por definición, la minería produce *commodities* no diferenciables.

<sup>3</sup> Ver estudio "Desarrollo del Cluster Minero en Chile: Estado Actual", solicitado y financiado por el Ministerio de Minería en el año 2003. Ver resumen en: <http://www.cochilco.cl/desarrollo/estudios/cluster.pdf>.

En Chile, el origen de una aglomeración minera o cluster minero nacional se ha favorecido por la existencia de concentración de grandes yacimientos, importantes flujos de inversión extranjera y la existencia de un marco legal estable.

La zona específica es aquella comprendida entre la I y la VI Región de Chile, porque es en ella donde se concentra la principal actividad minera del país, en cuanto a cantidad de faenas mineras y empresas proveedoras de insumos y productos a esta actividad.

Específicamente, en la II Región de Antofagasta, dado sus condiciones geológicas, climáticas y geográficas, se ha configurado un complejo productivo en torno a la actividad minera que se encuentra en pleno desarrollo con múltiples iniciativas llevadas a cabo por los actores regionales, que se han enfocado principalmente en 3 ejes: proveedores regionales, educación técnica profesional y desarrollo científico y tecnológico.

Asimismo, uno de los hallazgos del estudio anterior, fue la falta de información sobre la cadena comprador – proveedor minero. En este sentido, en los últimos años, COCHILCO ha estado generando información sobre las oportunidades de negocios mineros en Chile, específicamente estimar la demanda futura de bienes, insumos y servicios mineros de la industria minera nacional, que sirva como información relevante para la toma de decisiones, tanto para las empresas proveedoras, así como para las empresas mineras y agencias gubernamentales relacionadas con el sector, en cuanto a la generación de política públicas para fortalecer los encadenamientos productivos en torno a la minería<sup>4</sup>.

Ahora, teniendo en cuenta las proyecciones de producción minera para América Latina hacia el 2010, con importantes contribuciones desde Chile, México, Brasil y Perú, es posible prever significativas oportunidades de negocios para las empresas proveedoras locales de bienes, insumos y servicios mineros en estos países.

COCHILCO visualiza este contexto como una especial ventana de oportunidad para reflexionar en torno a cómo aprovechar y capitalizar todos los beneficios potenciales que pueden derivarse del importante desarrollo minero en estos países, a través de un mayor desarrollo e innovación tecnológica en minería.

En este sentido, un equipo de trabajo de COCHILCO con el apoyo financiero de IDRC ha llevado a cabo, entre los meses de diciembre de 2005 y abril de 2006, este proyecto con el objetivo de realizar un diagnóstico de la situación actual y potencial del desarrollo minero y la innovación tecnológica ligada a este sector, en Chile, México, Perú y Brasil, así como revisar algunas experiencias de otros países mineros (Canadá, Australia, Sudáfrica, Finlandia) que han logrado o están desarrollando estrategias de innovación tecnológica en torno a la industria minera.

En base a los hallazgos encontrados en esta investigación, el equipo de trabajo ha generado algunas recomendaciones de política sobre el desarrollo de proveedores locales con mayor tecnología adecuada a los requerimientos de competitividad internacional, que contribuya al desarrollo local de las comunidades donde las operaciones mineras están ubicadas.

---

<sup>4</sup> Estudio “Oportunidades de Negocios en la Minería del Cobre. Potencial Demanda de Bienes e Insumos Mineros”, elaborado el año 2004. Ver [http://www.cochilco.cl/productos/mercado\\_inter/33\\_Oportunidades\\_de\\_negocios.pdf](http://www.cochilco.cl/productos/mercado_inter/33_Oportunidades_de_negocios.pdf), y estudio: “Oportunidades de Negocios Para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile”, elaborado el año 2005. Ver <http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/164-267-317-encademanientos.pdf>



Es importante mencionar que para el desarrollo de este trabajo, COCHILCO recibió el apoyo de un grupo de colaboradores de los países analizados, lo cual permitió construir una red de cooperación entre actores claves, y así generar el intercambio de información y experiencias, y en definitiva conocer otras realidades o procesos de políticas y formas de enfrentar el desarrollo científico y tecnológico asociado a la actividad minera.

A continuación, en el Capítulo 2 se describen los objetivos y metodología de trabajo que permitió llevar a cabo esta investigación, con el detalle de las actividades realizadas y los principales contactos durante las visitas a terreno.

En el Capítulo 3 se realiza un diagnóstico del desarrollo minero en Chile, Perú, México y Brasil, con énfasis en las características del sector minero, sus fortalezas y debilidades, y el potencial de inversión para los próximos años. En el Capítulo 4 se entrega un análisis de los indicadores de Investigación y Desarrollo (I&D), la existencia de políticas de fomento para el desarrollo científico y tecnológico aplicable a la minería, el desarrollo tecnológico minero, principalmente de la industria del cobre y minerales industriales, y la visión y estrategia del sector minero productivo respecto a la I&D en minería, principalmente empresas mineras locales.

En el Capítulo 5 se describe el sector de bienes, insumos y servicios para la minería de los cuatro países de América Latina en análisis, se realiza una estimación de la demanda potencial de algunos productos y servicios mineros, se entregan estudios de casos de demanda en la industria del cobre, oro, hierro, y se analizan las estrategias y nuevas formas de comercialización que están enfrentando los proveedores mineros. Por otra parte, en este mismo capítulo se analizan las principales iniciativas que se están llevando a cabo para el fortalecimiento de los encadenamientos productivos en minería, enfocadas al mejoramiento de la gestión de las micro, pequeñas y medianas empresas, o de los proveedores locales.

Por su parte, en el Capítulo 6 se detallan las experiencias de otros países mineros que han logrado desarrollar o están desarrollando estrategias de innovación tecnológica en torno a la industria minera, como son Canadá, Australia, Finlandia y Sudáfrica, así como el papel de los proveedores mineros.

Cabe señalar que los capítulos 3 al 6 entregan algunos hallazgos relevantes de los tópicos tratados en esta investigación, que puedan servir al lector lograr tener una mirada más en detalle de la situación actual y futura del sector minero, la I&D aplicada en minería, el sector de bienes, insumos y servicios mineros, y el fortalecimiento de los proveedores locales, y finalmente la experiencia de países mineros que han logrado desarrollar una industria exportadora en este sector, respectivamente. Además, cada capítulo entrega abundante información bibliográfica y acceso a páginas Web de interés sobre los tópicos tratados.

Finalmente, en base a los hallazgos encontrados, en el Capítulo 7 se entregan algunas recomendaciones de política sobre el desarrollo del sector minero, el fortalecimiento de los sistemas locales de innovación y el fortalecimiento de las actividades relacionadas con la minería, principalmente para los proveedores de bienes, insumos y servicios locales en la minería, así como propuestas para la difusión de este estudio, y el fortalecimiento de la red de cooperación creada para llevar a cabo esta investigación, entre otros temas.

## **2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

### **2.1 Objetivos General**

El objetivo general de este proyecto fue realizar una investigación que entregara un diagnóstico de la situación actual y potencial sobre el desarrollo minero y la innovación tecnológica ligada a este sector, en Chile, México, Perú y Brasil, utilizando la información pública disponible en las bases de datos de COCHILCO más la información generada a partir de la red de cooperación que se construiría para la ejecución en terreno del proyecto.

Lo anterior, permitió generar un marco de referencia para recomendaciones de política sobre el desarrollo de proveedores locales con mayor tecnología adecuada a los requerimientos de competitividad internacional, en los países a analizar, que contribuya al desarrollo local de las comunidades donde las compañías mineras están operando.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos del proyecto fueron:

- a) Diagnóstico del sector minero en Chile, Perú, México y Brasil, a través de la descripción de sus actores y la investigación de las interrelaciones existentes entre ellos, análisis de los niveles de inversión (período 2005 – 2010).
- b) Análisis del sector de bienes, insumos y servicios mineros, e iniciativas para el fortalecimiento de los encadenamientos productivos en minería en los 4 países.
- c) Análisis de la existencia de políticas de fomento en desarrollo científico y tecnológico aplicable a la minería en los 4 países.
- d) Análisis de algunas experiencias exitosas de otros países mineros que han logrado desarrollar una estrategia de innovación tecnológica en torno a la industria minera.
- e) Generación de un marco de referencia para recomendaciones de política sobre el desarrollo de proveedores locales con mayor tecnología adecuada a los requerimientos de competitividad internacional, en los países a analizar, que contribuya al desarrollo local de las comunidades donde las compañías mineras están operando.
- f) Construcción de una red de cooperación entre los países a analizar (Brasil, México, Perú y Chile) y otros (Canadá, Australia, Finlandia, Sudáfrica, etc.), que permita el intercambio de información y experiencias, y en definitiva conocer otras realidades o procesos de políticas y formas de enfrentar el desarrollo científico y tecnológico asociado a la actividad minera.
- g) Estrategia de disseminación de las actividades del proyecto. Para lo anterior, se publicó una minuta del proyecto usando varios medios de difusión, tales como la página Web de COCHILCO, y su boletín “Minería y Desarrollo Sustentable”. Ver: [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)

### **2.3 Equipo de Trabajo**

Para la realización de este estudio, COCHILCO contó con un equipo de profesionales que acredita experiencia en el área minera, principalmente en áreas relacionadas con la educación, ciencia y tecnología en minería, temas legales, económicos y medioambientales, así como encadenamientos productivos relacionados a la consolidación de clusters mineros. Este equipo de trabajo estuvo integrado por los siguientes profesionales (más detalles en Anexo II.1).

- ✓ Armando Valenzuela, Director del estudio y encargado de temas de desarrollo científico y tecnológico en minería
- ✓ Cristian Muñoz, encargado de temas del análisis del sector minero
- ✓ Guillermo Olivares, encargado de temas de encadenamientos productivos, demanda de bienes, insumos y servicios en minería.
- ✓ Hernán Vives, apoyo en los temas de desarrollo científico y tecnológico en minería.
- ✓ Jorge Villablanca, encargado de administración y finanzas.

- ✓ Marta Miranda, asistente administrativa.

Además, se creó una red de cooperación y apoyo para recopilar información desde los países en análisis. Los principales colaboradores de la red de cooperación se muestran a continuación, mientras en el Anexo II.2 se listan todos los contactos realizados durante el desarrollo del proyecto que aportaron información relevante para el desarrollo de este informe, y que están interesados en ser parte de una red de colaboración sobre la temática.

- ✓ Roberto Villas Boas, Centro de Tecnología Mineral (CETEM), Brasil
- ✓ Mario Sánchez, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Concepción, Chile
- ✓ José Palacios, Instituto de Derecho de Minas y Aguas, Universidad de Atacama, Chile
- ✓ José Huezo, Universidad Nacional Autónoma de México, México
- ✓ Mario Arroyo, Instituto de Investigación en Desarrollo Sustentable, Universidad Iberoamericana, México
- ✓ Daniel Lovera, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Asimismo, IDRC contrató los servicios de Juana Kuramoto del Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE) de Perú, para ayudar al equipo de COCHILCO en la coordinación de las actividades de búsqueda de información y contactos en Perú, en el análisis de experiencias exitosas a nivel internacional, y en la elaboración de recomendaciones de política.

## **2.4 Metodología de Trabajo y Actividades Realizadas**

Para la realización del estudio, el equipo de trabajo de COCHILCO utilizó como metodología la investigación bibliográfica y la recopilación de información en terreno con entrevistas personales a los principales actores del sector minero en los países en análisis, así como el intercambio de información vía correo electrónico.

Específicamente, se tomó como base los hallazgos logrados por el proyecto de investigación CEPAL – IDRC sobre clusters mineros titulado “A Natural Resource Cluster Development Strategy: The Case of Mining”<sup>5</sup>, y del estudio “Desarrollo del Cluster Minero en Chile: Apoyo y Asistencia Técnica a Autoridades Regionales” llevado a cabo por COCHILCO entre los años 2002 y 2003 para el Ministerio de Minería de Chile.

Desde el proyecto de investigación CEPAL – IDRC resultó interesante considerar los hallazgos y resultados de los estudios sobre Canadá, Perú, Brasil y Chile, respecto al desarrollo de la innovación tecnológica aplicada en minería.

Asimismo, se realizaron visitas a terreno en Chile (I, II, III Región y Región Metropolitana), Perú, Brasil, México y Canadá, para sostener reuniones con los actores locales, desde las agencias de gobierno relacionadas con el sector minero, así como asociaciones gremiales, empresas mineras, proveedores de bienes y servicios mineros, universidades, centros de investigación y desarrollo tecnológico relacionados con la minería. Esta actividad permitió dar a conocer el proyecto, sus objetivos y actividades, recopilar información no disponible en forma pública o accesible vía Internet, e integrar a estos actores a la red de cooperación que se deseaba construir.

En Santiago, Chile, entre los meses de diciembre 2005 y enero de 2006, con el objetivo de recopilar información e involucrar a actores locales en la red de cooperación, el equipo de trabajo hizo una intensa campaña de difusión de los

---

<sup>5</sup> Los resultados de esta investigación fueron compilados por Rudolf M. Buitelaar en “Aglomeraciones Mineras y Desarrollo Local en América Latina”, CEPAL, IDRC, Alfaomega (2001).

objetivos y actividades del proyecto, a través del envío de información vía correo electrónico a instituciones de gobierno: Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Agencia de Promoción de las Exportaciones de Chile (PROCHILE), Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT); Centros de investigación: Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM), Fundación Chile; empresas mineras (CODELCO CHILE, BHP Billiton, Phelps Dodge, Anglo American), asociaciones gremiales: Asociación de Proveedores Industriales de la Minería (APRIMIN) y consorcio Minexport Chile, entre otros actores.

Entre el 19 y 21 de diciembre de 2005, la Sra. Juana Kuramoto visitó las oficinas de COCHILCO en Santiago de Chile, donde se sostuvo reuniones con diferentes miembros del equipo de trabajo de esta investigación. Específicamente, se discutió sobre la formulación del proyecto, temas relacionados con la industria minera peruana, los proveedores mineros en Perú. Asimismo, se discutió sobre la iniciativa de diversificación económica en Sudáfrica, y ella entregó información sobre el proyecto "Intensificación de Conocimiento en Economías Basados en Recursos Naturales" llevado a cabo por el Human Sciences Research Centre de Sudáfrica, el cual se analiza en el capítulo 6, y brindó contacto por medio electrónico a Richard Goode, responsable del programa de Estrategia Tecnológica Basada en Recursos de MINTEK, Sudáfrica. Finalmente, se asistió a una reunión en Fundación Chile donde se presentaron algunos proyectos relacionados con el sector minero que fueron llevados a cabo por esta organización.

A nivel regiones, se sostuvieron encuentros con:

#### **I Región:**

- Programa TODOCHILE, de CORFO
- Asociación de Industriales de Iquique y Zofri A.G.,
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM, y
- Centro Tecnológico Minero (CTM)

#### **II Región:**

- CORFO II Región
- Programa Territorial Integrado Cluster Minero, CORFO II Región
- ProChile Antofagasta, Ministerio de Relaciones Exteriores, y
- Asociación de Industriales Antofagasta
- Minera Escondida (Gerencia de Abastecimiento)
- Universidad Católica del Norte
- Centro de Ciencia y Tecnología para la Minería (CICITEM)

#### **III Región:**

- Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama (CORPROA)
- CORFO III Región
- Servicio Nacional de Geología y Minería, III Región
- Universidad de Atacama
- Empresas mineras: Empresa Minera Mantos Blancos (EMMB), División Manto Verde; División El Salvador de Codelco Chile, Minera Candelaria, Empresa Nacional de Minería (ENAMI), Fundación Paipote.

La actividad anterior permitió obtener información y su visión sobre las principales iniciativas que están desarrollando a nivel nacional y regional con el objetivo de fortalecer los encadenamientos productivos en minería, principalmente el desarrollo productivo de proveedores. Por ejemplo, estas acciones se desarrollan principalmente a través de programas para la creación de centros regionales de I&D, el mejoramiento

de las capacidades de gestión, la atracción de inversiones desde proveedores mineros globales, la atracción de empresas de alta tecnología, la generación de información sobre demanda y oferta de bienes, insumos y servicios en minería. Además, se pudo conocer la visión de BHP Billiton sobre la experiencia de Australiana, el proyecto ZIMELE de creación y fortalecimiento de proveedores locales en Sudáfrica de Anglo American, el trabajo sobre proveedores en Perú realizado por Phelps Dodge, la experiencia de Codelco Chile en la generación de tecnología, la gestión de tecnología desarrollada por Fundación Chile, la experiencia finlandesa y de Outokumpu, entre otras iniciativas de interés.

En la visita a terreno a Brasil, se participó en el seminario de “Política Económica y Mineral de Brasil”, encuentro anual que organizó el Departamento Nacional de Producción Minera (DNPM) del Ministerio de Minas y Energía (MME), entre los días 12 al 16 de diciembre de 2005, en las dependencias del Centro de Tecnología Mineral (CETEM), en Río de Janeiro, Brasil. Este evento permitió tomar contacto con representantes del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), el MME y CETEM, instituciones que están trabajando coordinadamente en el programa de apoyo a los Arreglos Productivos Locales (APL) de la micro, pequeña y mediana minería en Brasil. Otros actores contactados fueron la Secretaría de Ciencia y Tecnología de Minas Gerais, el Instituto Brasileiro de Mineracao (IBRAM), y la Secretaria de Energía, da Indústria Naval e do Petróleo del Departamento de Recursos Minerais de Rio de Janeiro. Además, a través de Roberto Villas Boas de CETEM se contactó a ejecutivos de la Compañía Vale Do Rio Doce (CVRD) para solicitar información sobre su política de investigación y desarrollo (I&D).

Cabe señalar que a través de José Mendo de IBRAM, un resumen de las actividades del proyecto fue enviado a todos sus miembros, permitiendo que algunas empresas interesadas enviaran información sobre sus actividades y proyectos en torno al tema, destacando las consultoras Economía Mineral, BAMBURRA Planejamento e Economía Mineral Ltda., y Consultaría de Empreendimentos Ltda. (ConDet), el Consejo de Integración Internacional de la Federación de las Industrias en Mato Grosso, y las empresas mineras Votorantim Metais y FIDA (productos calcarios de Cal).

Por otra parte, el equipo de COCHILCO realizó una visita entre el 09 y 12 de enero de 2006 a la ciudad de Lima en Perú, y sostuvo reuniones, coordinadas en conjunto con Juana Kuramoto de GRADE; con ejecutivos de:

- Dirección General de Industrias del Ministerio de la Producción (PRODUCE)
- Ministerio de Energía y Minas: Dirección General de Minería y Dirección de Promoción Económica Minera
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
- Centro de Desarrollo Industrial, Sociedad Nacional de Industrias
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía
- Colegio de Ingenieros del Perú
- Bolsa de Valores de Lima

Además, se participó en una mesa redonda sobre “Innovación Tecnológica en Minería” organizada por el ingeniero Daniel Lovera en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en Lima, con los algunos de los actores locales indicadores anteriormente.

A partir de la visita a Perú se pudo conocer las iniciativas que tiene PRODUCE para promocionar proveedores en distintos sectores productivos, aunque se presentan dificultades que enfrentan respecto a la participación y colaboración del sector minero en estas iniciativas, donde destacan los contratos atados a financiamiento para abastecer a los proyectos mineros. Asimismo, se pudo conocer y analizar la política

minera peruana, y de los diferentes temas que afectan a la región, como son los conflictos socio-ambientales. En esta visita también se conoció el nuevo instrumento financiero de la Bolsa de Valores para el levantamiento de fondos para empresas mineras júnior a través, que estaría enfocado principalmente a proyectos de exploración minera.

Entre el 7 y 18 de febrero de 2006, se realizó una visita a Canadá (Toronto y Sudbury de la Provincia de Ontario) y México (Ciudad de México, Sonora).

En Ontario y Sudbury, con el apoyo del *Ontario Mineral Industry Cluster Council* y de la *Mines and Minerals Division* del *Ministry of Northern Development and Mines* de Ontario, se sostuvieron reuniones con:

- Mining and Mineral Sciences Laboratories (CANMET)
- Trade and Investment Marketing, Government of Ontario, Canada
- Development Corporation, Greater Sudbury
- Falconbridge Technology Centre, Falconbridge Limited
- Mining Initiatives, Laurentian University
- Canadian Research Chair in Robotics & Automation, Laurentian University
- Exploration Research Centre Harold Gibson, MERC, Laurentian University
- Northern Centre for Advanced Technology Inc. (NORCAT), Sudbury
- Sudbury Area Mining Suppliers and Service Association (SAMSAA)
- Lassonde Institute, University of Toronto
- Centre for Chemical Process Metallurgy, University of Toronto
- Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO)

El Gobierno de Canadá a través de CANMET y su industria minera (Ontario, Québec, Columbia Británica) enfrentan el desafío de generar las mejores condiciones para lograr que su industria proveedoras de bienes, insumos y servicios mineros pueda desarrollarse y mejorar su competitividad en los mercados internacionales, principalmente en el desarrollo de equipos mineros subterráneos, servicios de exploración y ambientales, donde actualmente, Australia y los países escandinavos y nórdicos parecieran ser sus competidores.

Con el objetivo de mejorar su posición en el mercado mundial de proveedores de bienes, insumos y servicios mineros los sectores públicos y productivos están trabajando en una estrecha cooperación, que se realiza a través de la creación de consejos de trabajo (por ejemplo, el Consejo del Cluster Industrial Minero de Ontario), el accionar de varios consorcios, que además utilizan los centros tecnológicos cobijados, principalmente en universidades provinciales. Las universidades ubicadas en Toronto y Sudbury son un ejemplo de esta estrecha cooperación como se detalla en el capítulo 6. Destaca además el trabajo de cooperación en el área de exploración entre el Servicio de Exploración del *Ministry of Northern Development and Mines* de Ontario y el departamento de exploración de la Laurentian University, ambos ubicados en la ciudad de Sudbury, y que trabajan en un mismo edificio corporativo, que cuenta con modernos laboratorios.

Por su parte en México, con la cooperación de Mario Arroyo del Instituto de Investigación en Desarrollo Sustentable de la Universidad Iberoamericana, José Huevo de la Universidad Nacional Autónoma de México, ambos miembros de la red de cooperación y la Consejería Económica de la Embajada de México en Chile, se sostuvieron encuentros con los siguientes actores:

- Secretaría de Economía: Coordinación General de Minería y sus áreas Dirección General de Promoción Minera, Dirección de Promoción de Proyecto, Dirección de Análisis e Información
- Bancomext, Sector Materiales de Construcción.
- Grupo México: Minera México, Vicepresidencia de Relaciones Internacionales, la Dirección de Planeación y Control de Minas, y la Dirección Corporativa de Ingeniería y Construcción, Mexicana de Cananea (Gerencia de Plantas, Superintendencia de Plantas E.S.D.E).
- Servicios Industriales Peñoles: Gerencia de Asesoría y Normatividad Fiscal, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, proyecto Milpilllas (Compañía Minera La Parreña, Grupo Minero Peñoles),
- Cámara Minera de México, (CAMIMEX).
- Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. (AIMMGM).
- Universidad Nacional Autónoma de México
  - ✓ Departamento de Explotación de Minas y Metalurgia
  - ✓ Comité de Carrera de Ingeniero de Minas y Metalurgista (UNAM)
- Consultoría e Investigación en Medio Ambiente, S.C., México
- Departamento de Ingeniería de Proyectos, Universidad de Guadalajara

Además de los encuentros con los actores mencionados anteriormente, los miembros de la red organizaron una mesa de trabajo en la UNAM, con el objetivo de conversar sobre el trabajo de investigación y el desarrollo minero de Chile y México. Adicionalmente, se realizaron visitas a las operaciones de Mexicana de Cananea del Grupo México, y el proyecto Milpilllas del Grupo Minero Peñoles. Este último evento contó con el apoyo de CYTEC Inc., a través de sus oficinas en Phoenix (Estados Unidos). Esta empresa proveedora de reactivos para la minería mundial, provee a las operaciones mineras indicadas anteriormente, tiene oficinas en Chile, y mantiene una buena colaboración técnica con COCHILCO.

Estas actividades permitieron conocer que la minería en México está experimentando un nuevo proceso de expansión y desarrollo, sustentada por las tareas de exploración que se están desarrollando en el país, con el fomento de la Secretaría de Economía, y sus organismos técnicos mineros. Específicamente sobre los encadenamientos productivos, esta misma secretaría está desarrollando un programa para mejorar la competitividad de sus sectores productivos claves, donde la minería y sus sectores relaciones, necesitan estar representados. Esta misma situación necesita desarrollarse en la estrategia de cooperación entre el sector público, productivo y academia, aunque algunos avances se están produciendo en el área de la educación minera, donde todos los actores se reunieron para estudiar el estado actual, las oportunidades y desafíos de los recursos humanos en este sector, con énfasis en el trabajo desarrollado por las universidades y la formación de profesionales con capacidades adecuadas a los nuevos desafíos tecnológicos que está enfrentado la minería, a nivel local, regional y mundial.

Específicamente, el Grupo México y el Grupo Minero Peñoles, juegan un rol fundamental en la minería mexicana, y pudieran tener un mayor involucramiento en actividades enfocadas a generar un mayor desarrollo científico y tecnológico aplicado a los proveedores locales. Se requieren los espacios de cooperación y las instancias de diálogo, que pudiera fomentar el gobierno a través de la Coordinación General de Minería, y el sector productivo a través de la Cámara Minera de México (CAMIMEX).

En marzo de 2006, un profesional de COCHILCO asistió al 4th World Mines Ministries Forum organizado en el marco de la feria de exploración minera PDAC 2006<sup>6</sup>. En este evento se realizó un panel sobre cluster de recursos naturales titulado “Mining Clusters in the New Economy” con presentaciones sobre la experiencia del Programa Territorial Integrado de la II Región de Antofagasta en Chile, la Red de Servicios Mineros en Australia, el Consejo Exportador de Bienes de Capital en Sudáfrica, el Cluster Industrial Minero de Ontario en Canadá y la evolución de los clusters mineros en Suecia y Finlandia. Estas experiencias se analizan en este estudio.

En resumen, con la información obtenida anteriormente, se ha podido obtener una amplia visión de la gestión de la ciencia y tecnología aplicada en minería, los programas de gestión productiva y desarrollo de proveedores, así como encontrar interesantes hallazgos y recopilar abundante información bibliográfica que permita a los lectores profundizar en cada uno de los temas tratados en los países en análisis. Esta información se presenta en los capítulos 3 al 6.

Finalmente, se entregan algunas recomendaciones de política sobre los principales temas, que se estima, puedan contribuir al desarrollo local de las comunidades donde las compañías mineras están operando, así como algunas acciones para difundir este proyecto de investigación, y potenciar la red de cooperación para intercambio de información y experiencias creada para la ejecución de este proyecto.

En esta última etapa y en la revisión del informe preliminar, COCHILCO tuvo la colaboración de Juana Kuramoto de GRADE, del profesor Carlos Díaz de la Universidad de Toronto en Canadá, de Nuria Fernández de la Coordinación de Apoyo Tecnológico a las Micro y Pequeñas Empresas del Centro de Tecnología Mineral (CETEM) en Brasil, así como de los miembros de la red de colaboración, especialmente del profesor Mario Sánchez de la Universidad de Concepción.

La Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) quisiera también agradecer el apoyo técnico y financiero entregado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC – CRDI) a través de su Director Regional Sr. Federico Burone, y muy especialmente a Patricia González de la Iniciativa de Investigación sobre Políticas Mineras (IIPM) de este centro, quien con su entusiasmo y sugerencias guió este trabajo de investigación, logrando así los resultados esperados, que se presentan a continuación.

---

<sup>6</sup> Más detalles en: <http://www.wmmf.org>



### **3. DESARROLLO MINERO EN AMÉRICA LATINA: ESTUDIOS DE CASOS**

#### **3.1. Aspectos Económicos**

##### **3.1.1. Introducción**

Durante los últimos años, la industria minera se ha desempeñado en un positivo escenario de mercado. La sólida demanda mundial por metales, generada principalmente por la dinámica de los países asiáticos –liderados principalmente por China-, así como la recuperación de las tradicionales economías consumidoras de *commodities* –Estados Unidos y Japón-, ha permitido observar altos precios en la mayoría de los metales, muchos de los cuales, en términos nominales, han alcanzado valores nunca antes observados en la historia.

Producto de lo anterior, así como de las positivas expectativas que se tienen para los años venideros, es que en la actualidad, las empresas mineras se están preparando para materializar nuevos proyectos de inversión, que logren satisfacer el sostenido consumo esperado y así aprovechar la parte expansiva del ciclo de precios de los metales.

En los cuatro países que conforman este estudio la actividad minera tiene relevancia, tanto por los niveles actuales de actividad, como por el potencial, básicamente determinado por sus reservas de metales y minerales. En términos generales, en Perú y Chile el sector minero juega un rol preponderante en cuanto a su contribución al Producto Interno Bruto (PIB) y a las exportaciones, mientras que en el caso de México y Brasil, la actividad minera si bien es considerable en términos absolutos, en términos de participación relativa en la actividad económica es de menor cuantía.

A continuación se presenta una serie de indicadores que permiten configurar la relevancia de la minería, así como la potencialidad del sector para cada uno de los países analizados.

##### **3.1.2. Principales indicadores económicos - mineros**

Los cuatro países elegidos para este estudio constituyen una superficie de más de 12.500 millones de Km<sup>2</sup>, la que sólo es superada a nivel mundial por Rusia. Cabe hacer notar que Brasil, es mayor contribuyente en términos de superficie, ya que a nivel mundial ocupa el 5° lugar. Asimismo, en términos de población estos países aglutinan más de 330 millones de habitantes, siendo nuevamente Brasil el más importante.

En lo relativo a cuentas nacionales y minería, los cuatro países tienen comportamientos disímiles. No obstante todos registran un PIB en minería creciente en el 2004, básicamente influido por las buenas condiciones de los *commodities* metales en los mercados internacionales, la participación del sector minero es muy distinta en los distintos países, propio de sus respectivas realidades económicas.

En Brasil por ejemplo, si bien la contribución del sector minero en el PIB ha crecido en forma importante en los últimos años, pasando de 1,5% en 1999 a 4,2% en el 2004<sup>7</sup>, no se compara con lo observado en Chile, donde la participación del sector minero alcanza a 7,9% del PIB, cifra que se ha mantenido estable en los últimos años. En este último país, sólo la minería del cobre representó 7% del PIB en el año 2004. En el

---

<sup>7</sup> En estos años el sector más dinámico ha sido el petróleo. Si se considera sólo la minería extractiva la participación es sólo a 0,6%, manteniéndose más o menos estable en los últimos años.

caso de Perú la participación de la minería en el PIB alcanzó a 3,7% en el 2004, cifra que también ha sido creciente.

En términos de exportaciones, existe otra diferencia importante, en Chile y Perú la actividad minera está orientada principalmente al mercado externo, y eso se observa directamente al constatar que la participación del sector excede el 50% de las exportaciones totales (2004). Distinta situación se aprecia en México, donde la minería sólo representa 2,5% de los envíos al exterior. En el caso de Brasil, la situación es intermedia, ya que en el 2004, la participación en las exportaciones mineras alcanzó a 24%, básicamente influido por el hierro.

La Tabla 3.1 resume algunos indicadores claves de estas economías y de su sector minero.

**Tabla 3.1. Principales Indicadores Económicos – Mineros**

	<b>Brasil</b>	<b>Chile</b>	<b>México</b>	<b>Perú</b>
% PIB Minería sobre PIB Total	4,2%	7,9%	1,5%	3,7%
Crecimiento PIB Minero (%)	2,7%	6,9%	2,5%	5,4%
Exportaciones Mineras (US\$ millones)	23.245	16.965	4.646	6.953
% de Exportaciones Mineras sobre totales	24,0%	51,3%	2,5%	55,0%
Empleo Directo (N° de trabajadores)	245.500	46.639	257.349	67.000
Área - Superficie (Km <sup>2</sup> )	8.514.215	756.950	1.972.550	1.285.216

**Fuentes:**

**Perú:** Cifras 2004 según información de Ministerio de Energía y Minería. ([www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)). Inversión Extranjera, período 1996-2004.

**Chile:** Cifras 2004 según Anuario del Cobre y otros metales, Cochilco 2005 ([www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)). Inversión extranjera, período 1974-2004. La superficie no incluye el territorio antártico.

**México:** Anuario Estadístico de la Minería mexicana, 2004 (<http://www.coremisgm.gob.mx>).

**Brasil:** Cifras 2004 en Informe Mineral, 1° Semestre 2005, Departamento Nacional de Produção Mineral (<http://www.dnpm.gov.br>) y O Setor Mineral – Sumário Ejecutivo 2005. Empleo cifra 2003, crecimiento del PIB sin petróleo.

Algunas singularidades importantes a destacar son:

- ✓ Chile es un oferente relevante de cobre para Brasil. En el año 2004 las exportaciones alcanzaron US\$ 772 millones (que corresponden a 164.000 TM de concentrados y 129.000 TM de cátodos), transformando a este país en uno de los principales destinos, a la par con Taiwán o Estados Unidos.
- ✓ Otro factor relevante de destacar en cuanto a exportaciones mineras, es que los cuatro países tienen entre sus principales destinos a Asia, y en especial a China, lo que también representa una importante posibilidad de generar sinergias para enfrentar como bloque las necesidades del gigante asiático.
- ✓ La participación de la minería metálica en las exportaciones es la más relevante. En el caso de Perú, el producto más importante exportado dentro de la cartera de productos es el cobre con una participación de 35%, igual situación se aprecia en Chile, donde el cobre representa el 88%. En México, el principal producto exportado es la plata, que representa más del 90% de las exportaciones mineras.

## 3.2. Caracterización Minera

### 3.1.1. Estructura de la minería en países en estudio

La comparación de la estructura de producción minera – en cuanto a escala - de los países del estudio sólo tiene carácter exploratorio, puesto que cada uno autocalifica estos sectores de diferentes maneras en función de diversos parámetros (horas trabajadas, producción, etc.).

En Chile<sup>8</sup>, por ejemplo, la producción de cobre tiene como principal origen la minería de gran escala. En el año 2004 un 92,2% de la producción de mina, provino de dicha fuente. El complemento, se distribuye en 6,7% de mediana y sólo 1,1% de pequeña minería. No obstante, con la mejoría registrada en el precio del metal rojo en los últimos dos años, se debería alcanzar un mayor volumen de producción de estas últimas, aunque en términos de participación no debiera aumentar significativamente.

En la minería del oro<sup>9</sup>, la situación es distinta, la mediana minería juega un rol central, con un porcentaje de participación de 46% del total de producción de oro en Chile. Asimismo, la pequeña minería del oro sólo produjo un 5,5% del la producción total en el año 2004.

En el caso de la minería no metálica en Chile – y utilizando la clasificación propuesta por SERNAGEOMIN - como grandes empresas, se podría también mencionar a SQM y a Punta de Lobos, por su presencia en la Bolsa de Santiago y sus niveles de ventas anuales<sup>10</sup>.

En Perú se puede encontrar que la pequeña minería tampoco juega un rol central, puesto que los porcentajes son bajos en cuanto a participación. Sólo cabe destacar la situación especial la minería artesanal del oro, que en el año 2004 representó un 8,5% de la producción peruana. Las principales áreas donde se desarrolla la actividad minera aurífera en esta escala son las localidades de Madre de Dios, Puno, Sur Medio y La libertad. En Madre de Dios se realiza específicamente en yacimientos de llanura aluvial; en Puno, se combina los yacimientos filoneanos y aluviales; en el Sur Medio y la Libertad, los yacimientos son filoneanos<sup>11</sup>.

En el caso de México, la participación en la producción de los principales productos no son disímiles a las comentadas anteriormente, puesto que la gran minería es la que domina la producción de los principales metales. En oro hay una participación importante de la pequeña minería.

En el caso de Brasil no se dispuso de mayor información, no obstante si es destacable ampliamente la participación de la pequeña minería del oro, tal como se indicó anteriormente. El 40% de la producción total de este país proviene de los “garimpeiros”, los que principalmente realizan sus operaciones en los Estados de Pará, Mato Grosso y Amapá. En todo caso, cabe hacer notar, que el oro concentra un alto porcentaje del total de “garimpeiros” que existen en Brasil, cerca del 73%.

La Tabla 3.2 resume la información disponible para el año 2004 en los países en estudio.

<sup>8</sup> Fuente: Anuario de la minería de Chile 2004. SERNAGEOMIN. La clasificación entre escalas de producción se realiza según horas hombre trabajadas durante el año.

<sup>9</sup> Responsable del 60% de la producción de Chile, el 40% restante, proviene de la minería del cobre.

<sup>10</sup> Más detalles en [www.sernageomin.cl](http://www.sernageomin.cl)

<sup>11</sup> Información obtenida de “Formalización de la Minería en Pequeña Escala en América Latina y el Caribe: Análisis de Experiencias en el Perú” ([www.cooperaccion.org.pe](http://www.cooperaccion.org.pe)).

**Tabla 3.2. Estructura de Minería, año 2004**

	<b>Cobre (TMF)</b>	<b>Oro (Kg.)</b>	<b>Plata (Kg.)</b>	<b>Plomo (TMF)</b>	<b>Zinc (TMF)</b>
<b>Brasil</b>					
Gran y Mediana Minería	N.D.	28.850,0 (60%)	N.D.	N.D.	N.D.
Garimpeiros		19.088,0 (40%)			
<b>Chile</b>					
Gran Minería	4.997,3 (92,2%)	19.474,6 (48,7%)	923.938,7 (67,9%)	N.D.	N.D.
Mediana Minería	362,5 (6,7%)	18.312,4 (45,8%)	396.461,3 (29,2%)		
Pequeña minería	58,9 (1,1%)	2.198,7 (5,5%)	39.739,6 (2,9%)		
<b>Perú<sup>12</sup></b>					
Gran y Mediana Minería	1.035,1 (99,9%)	158.160.178 (91,3%)	2.992.410 (97,7%)	296.516 (96,8%)	1.194.418 (98,7%)
Pequeña minería	0,5 (0,1%)	275.313 (0,2%)	67.419 (2,3%)	9.695 (3,2%)	14.587 (1,3%)
Artesanales		14.783.205 (8,5%)			
<b>México</b>					
Gran Minería	371,1 (91,5%)	15.450,6 (70,8%)	2.157.812,8 (84,0%)	114,8 (96,9%)	410,2 (96,2%)
Mediana Minería	34,1 (8,4%)	4.648,1 (21,3%)	272.576,4 (10,6%)	1,8 (1,5%)	7,5 (1,7%)
Pequeña minería	0,3 (0,1%)	1.726,2 (7,9%)	139.088,7 (5,4%)	1,9 (1,6%)	8,7 (2,0%)

Fuentes:

Chile: Anuario de la minería Chilena SERNAGEOMIN

Perú: Dirección general de Minería – DPDM – Estadística Minera.

México: información proporcionada por Depto. de Estadística Minera del Servicio Geológico Mexicano

[www.coremisgm.gob.mx/](http://www.coremisgm.gob.mx/).

Brasil: DNPM (Ouro)

Lo anterior confirma que la actividad minera tiende a la búsqueda de las economías de escala por cuanto en la mayoría de los países la gran minería es la mayor responsable de la producción. No obstante, la pequeña minería –y artesanal- juegan un papel de sub-sistencia para importantes sectores de la población, lo que le da una relevancia mucho más allá de lo económico.

Un aspecto común en los países en estudio a destacar, y aún considerando las diferencias de las bases estadísticas, es la importancia de la minería del oro en los segmentos de pequeña minería o minería artesanal. Ello en general genera un importante desafío para los países, puesto que este tipo de minería adolece de problemas importantes, que nacen principalmente de su condición de informalidad y que se traducen en complicaciones para quienes la desarrollan, además de las tecnologías contaminantes que ocupan en su proceso productivo, amalgamación con mercurio, que afecta tanto a los mineros como a los desechos del proceso. Algunos de estos tópicos son analizados con más detalle en las próximas secciones.

Esto, además puede tener hoy una mayor importancia, dada la positiva evolución que ha tenido el precio de los metales preciosos en el último tiempo, llevando a los precios en términos nominales a valores récord.

Para más detalle sobre la realidad de la pequeña minería y artesanal en estos países ver “Organización e Institucionalidad de la Minería Artesanal y en Pequeña Escala” proyecto de investigación financiado por IDRC y que se encuentra disponible en [http://www.iipm-mpri.org/iipm/ev-70781-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://www.iipm-mpri.org/iipm/ev-70781-201-1-DO_TOPIC.html).

### 3.2.2. Principales productos mineros

Los cuatro países tienen un papel sobresaliente en la industria minera a nivel internacional. En el caso de Perú, México y Brasil, destacan ampliamente por su carácter de productores polimetálicos, a diferencia de lo que se aprecia en Chile, que básicamente es cobre, y los metales que se el extraen son como subproductos.

<sup>12</sup> Mas antecedentes sobre la minería artesanal en Perú, consultar “La Minería Artesanal e Informal en el Perú” [http://www.natural-resources.org/minerals/cd/docs/mmsd/asm/asm\\_peru\\_sp.pdf](http://www.natural-resources.org/minerals/cd/docs/mmsd/asm/asm_peru_sp.pdf) (Juana Kuramoto).

Otra diferencia importante, es que la pequeña minería, especialmente de oro, tanto en Brasil como en Perú tiene relevancia a nivel nacional – en términos de producción agregada-, a diferencia de lo acaecido en Chile que la mayoría de la minería se realiza a gran escala.

A continuación, en Tabla 3.3 se detallan algunos de los principales productos mineros de estos cuatro países.

**Tabla 3.3. Producción de Principales Productos Mineros**

Productos Mineros	Brasil	Chile	México	Perú	Producción 4 países		% Producción Mundial 2004
					2004	Crecimiento 1995-2004	
Bauxita (Miles de TM)	20.948,8	-	-	-	20.948,8	8,3%	17%
Cobre (Miles de TM)	103,2	5.412,5	399,3	1.035,6	6.950,6	8,7%	48%
Estaño (miles de TM)	12,5	-	-	41,6	54,1	2,9%	19%
Hierro (miles de TM)	262.029,0	8.003,5	12.000,0	4.247,2	286.279,2	N.D.	23%
Molibdeno (TM)	-	41,9	3,7	14,2	59,8	10,1%	39%
Oro (TM)	47,6	38,5	21,3	173,2	280,6	4,7%	12%
Plata (TM)	130,0	1.329,5	2.531,0	3.059,8	7.050,3	3,0%	38%
Plomo (miles de TM)	21,3	2,3	116,8	306,2	446,6	10,3%	14%
Zinc (miles de TM)	159,0	27,6	423,8	1.209,0	1.819,4	4,0%	20%

**Fuentes:** World Metal Statistics, diciembre 2005. Mayor detalle en Anexo III.1 (todos, con excepción del hierro)

**Hierro:** Estadísticas de Brasil, México y mundial, de Sumario Mineral – 2005 de Brasil. Chile; Anuario del cobre y otros metales Cochilco 2004; y Perú, según estadísticas del [www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe).

**Nota:** N.D.: no disponible

En términos más específicos, considerando la evolución de los últimos años, se tiene que en los principales metales este ha sido el comportamiento:

### 3.3.2.1 Cobre

El conjunto de países alcanzan una producción de casi 7 millones de toneladas métricas finas (TMF)<sup>13</sup>, equivalentes a 48% de la producción mundial de mina (cifra 2004), muy por sobre el 35% que representaban en 1995<sup>14</sup>. Dos países del estudio, ocupan lugares destacados en el contexto internacional: Chile (1°) y Perú (3°)<sup>15</sup>.

En los últimos diez años (1995-2004) la producción mundial de cobre de mina, se incrementó casi 4,4 millones de TMF (creciendo anualmente a una tasa de 4%). Un 84% de este aumento provino de los países en estudio, principalmente de Chile.

En Chile, la producción se incrementó en más de 2,9 millones de TM, creciendo a 9% anual promedio. Específicamente, a partir de la segunda mitad de la década de los '90 entraron en producción las grandes mineras privadas: Collahuasi, Los Pelambres, Candelaria, El Abra, Cerro Colorado y Quebrada Blanca, que se sumaron a las existentes, Escondida, Mantos Blancos y Disputada (hoy Sur Andes). En este país, Codelco-Chile (100% estatal), ha jugado también un rol importante, incrementado su

<sup>13</sup> Indistintamente en el presente capítulo del documento se utiliza TMF: Toneladas métricas finas o TM: Toneladas métricas.

<sup>14</sup> En 1980, sólo participaban de un 21% de la producción mundial.

<sup>15</sup> Perú compite por el 3° lugar en el ranking de producción de cobre de mina con Indonesia. Particularmente, en el 2004 el accidente en Grasberg (Freeport Indonesia) a fines de 2003, significó una caída importante en la producción en 2004 de este último país.

producción de mina en 4,5% anual desde 1995, llegando en el año 2004 a una producción de 1,7 millones de TMF.

En Perú, también se observa un auge de las inversiones en proyectos de cobre, el que comienza a partir del año 2000. Destacan la entrada en producción de Antamina y la explotación de óxidos de Tintaya. También, cabe destacar el aumento de capacidad de Toquepala. En los últimos diez años, este país ha incrementado su producción de cobre en más de 630 mil TMF (equivalente a una tasa anual promedio de 11%), sobrepasando el millón de TMF desde el año 2004.

En el caso de México, destaca la participación del Grupo Minero México en la industria mundial. Específicamente, a mediados de la década de los '90 este holding minero compró la empresa Asarco en Estados Unidos, con lo que amplió su base productiva. Además de hacerse de los activos en Arizona, se hizo de Southern Perú Copper Corp. (actualmente Southern Copper Corp.<sup>16</sup>), una de los principales productores de cobre del Perú. En términos de producción de cobre de mina, México incrementó la producción en 2% anual en los últimos 10 años, ubicándose en un lugar secundario en la producción de este metal (12°).

Brasil siempre ha sido un importador neto de cobre de mina para sus fundiciones (principalmente para Caraíba Metais). Sin embargo, desde hace algunos años, Compañía Vale do Rio Doce (CVRD), la principal empresa minera de ese país y además la mayor empresa productora de hierro del mundo, se ha embarcado en un importante plan de inversiones y de diversificación hacia otros metales, que significó en el sector de cobre, la materialización del proyecto Sossego en el Estado de Pará. Por ello, la producción de mina en Brasil se incrementó en 54.000 TMF, lo que le ha permitido duplicar la producción de 1995, pero aún se mantiene como demandante neto (ocupa el lugar 18° dentro de los productores).

Un factor adicional a destacar, específicamente desde la innovación y de la evolución de la minería, ha sido el aporte que ha significado la introducción en la región de la tecnología de LIX-SX-EW<sup>17</sup>, para el tratamiento de óxidos de cobre. Chile, Perú y México concentraron en 2004 una producción por esta vía de más de 70% (1,9 millones de TMF) en relación a la producción mundial. Lo anterior hace prever que el know-how acumulado en estos países para la explotación bajo esta tecnología sea importante, lo que es abordado en las siguientes secciones.

### **3.3.2.2 Molibdeno**

La explotación de este producto minero está básicamente asociada al cobre, puesto que se obtiene como un subproducto de él. Por ello, es que los países en estudio aglutinan una participación de casi 40% de la producción anual de molibdeno de mina, llegando en 2004 a una producción de casi 60.000 TM. Esto representa un importante incremento sobre la participación que alcanzaba en 1995, sólo un 18%.

Chile, al igual que en cobre, es el principal oferente de molibdeno, le siguen Perú, y mucho más atrás México. En Chile, el principal productor es Codelco, seguido por Minera Los Pelambres y Minera Sur Andes<sup>18</sup>. En el año 2004, la producción alcanzó a 41.900 TM y en los últimos diez años se observado un incremento de 9,9% anual promedio.

<sup>16</sup> Cambio de razón realizado a fines de octubre de 2005, y como parte del proceso de reorganización de activos mineros. En Perú las operaciones contemplan a Cuajone, Toquepala y la Fundición y Refinería de Ilo.

<sup>17</sup> Proceso de Lixiviación con ácido sulfúrico y posteriormente tratamiento de SX/EW (Solvent Extraction/Electrowinning – extracción por solvente y electroobtención), para obtener cátodos de cobre.

<sup>18</sup> Más recientemente, cabe destacar la puesta en marcha de una planta por Collahuasi, que le permitirá producir cerca de 4.000 TMF/año de molibdeno fino contenido en concentrado para el año 2006.

En el caso de Perú, la producción proviene básicamente de Southern Copper (en Toquepala y Cuajone), seguido en un lugar más rezagado por Antamina. La producción de mina en este país llegó a 14.200 TM en 2004, con una tasa de crecimiento promedio anual de 17,2% desde 1995. En tanto en México, la producción en el año 2004 fue de sólo 3.700 TM, y está asociada a la mina La Caridad (yacimiento de Southern Copper).

La creciente participación a nivel mundial de estos países se debe principalmente, tal como se mencionó anteriormente, a que éste se explota como subproducto del cobre. Pero adicionalmente, se debe considerar que a nivel mundial se han producido cierres de un número importante de minas productoras primarias, principalmente en China por problemas de seguridad (también se debe mencionar los bajos precios que registró como un factor inhibitorio de inversión). Ello queda reflejado en que la producción mundial sólo ha crecido en 1% anual promedio en el período 1995-2004.

### 3.3.2.3 Oro

En este metal, los cuatro países concentran una producción de más de 280 TM de oro, lo que se traduce en una participación de 12% a nivel mundial –valor que es creciente si se compara con el 9% que tenían en 1995-. Durante los últimos diez años la producción de estos países ha crecido a una tasa anual de 4,7%, muy por sobre lo observado a nivel mundial (0,8%).

El país preponderante es Perú, puesto que individualmente participa con casi el 8% de la producción mundial, ubicándose en el 5° lugar entre los principales productores del mundo (cifras 2004). Le siguen en importancia Brasil, Chile y México.

Perú produjo 173,2 TM en 2004, lo que se traduce en un crecimiento anual promedio de 13,3% en el período 1995-2004. Si bien la minería del oro en Perú es centenaria, el gran despegue se produce con la puesta en marcha de Minera Yanacocha y las sucesivas ampliaciones que ha registrado desde 1993<sup>19</sup>. Dicha empresa, representa en la actualidad más del 50% de la producción (en 2004 produjo más de 90 TM de oro). Le sigue en orden de importancia Minera Barrick Misquichilca (Pierina) con una producción anual de 20 TM.

Un hecho rescatable, dada las escalas que dominan la industria minera, es que la pequeña minería de los Lavaderos de Madre de Dios aportó con 14 TM a la producción de Perú, situación que no se puede desligar de los altos precios del metal en los últimos años.

En tanto, Brasil produjo 47,6 TM en el 2004, lo que representa una caída de 3,3% promedio anual si se considera lo producido en 1995. La mayoría de la producción de oro de Brasil proviene de empresas mineras establecidas (60%), destacándose entre ellas Anglogold Ashanti Mineração, Rio Paracatu Mineração y Mineração Serra Grande. El 40% de la producción restante, proviene de los “garimpeiros<sup>20</sup>” – minería artesanal - principalmente de los Estados de Pará, Mato Grosso y Amapá.

---

<sup>19</sup> Esta empresa ha materializado más de US\$ 1.600 millones desde 1992 hasta 2004. La producción de oro se incrementó desde 8,5 a 84 TM entre 1993 y 2004.

<sup>20</sup> Garimpo: Organización laboral y social que permite realizar labores extractivas. No es un trabajador solitario, más bien es un espacio de trabajo organizado. Las principales modalidades de trabajo son: cuenta propia, media plaza, porcentaje, destajo y jornales. No obstante este tipo de organización tiene un alto índice de informalidad y consecuentes problemas de Salud. (ver “Organización e Institucionalidad de la Minería Artesanal y en Pequeña Escala” en [http://www.iipm-mpri.org/iipm/ev-70781-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://www.iipm-mpri.org/iipm/ev-70781-201-1-DO_TOPIC.html)).

En el caso de Chile, la producción de oro alcanzó a 38,5 TM en 2004. Proveniendo directamente de la minería del oro un 59%, destacando Minera Meridian (El Peñón) y Mantos de Oro (La Copia). El porcentaje restante tiene como origen, principalmente, la minería del cobre<sup>21</sup>. Entre ellos, destacan las operaciones de Escondida, Candelaria y Codelco-Chile.

La producción de oro en México se ha mantenido sin grandes variaciones, creciendo en los últimos años solo en 0,8% anual. Así en el 2004 la producción de oro alcanzó a 21,3 TM, lo que lo ubica en un lugar secundario en cuanto a producción de este metal. Las principales empresas productoras de oro son: Luismin (Gold Corp.), Grupo Minero Peñoles (con las minas La Herradura y Ciénega), las asociadas a Grupo México (Cananea y La Caridad) y Hecla Mining (San Sebastián).

#### **3.3.2.4 Plata**

Los países en estudio concentran una producción de 7 millones de TM de plata, equivalente a una participación de 38% a nivel mundial –valor que es similar al que tenían en el año 1995 de 37%-. Durante los últimos diez años la producción de estos países ha crecido a una tasa anual promedio de 3%, replicando así la tendencia mundial, la que se ha expandido en 2,9%.

Dos de los países tienen una posición dominante: Perú y México, ubicándose en el 1° y 2° lugar en el ranking de producción, con una participación de 16% y 14% de la producción mundial, respectivamente (cifras 2004)<sup>22</sup>. En un lugar más lejano le siguen en importancia Chile (5°) y Brasil (17°).

En Perú, la producción de plata alcanzó a 3 millones de TM en 2004, cifra que representa un crecimiento de 5,4% anual promedio en los últimos diez años. Las empresas productoras más importantes son varias, entre las cuales destacan: Volcan, Buenaventura, Antamina, Ares, Los Quenualaes, Atacocha y Southern Copper.

La producción de plata en México se ha incrementado en promedio sólo en 0,9% anual desde 1995, llegando a registrar 2,5 millones de TM en el año 2004. La principal empresa productora es Industrias Peñoles, que ocupa el segundo lugar a nivel mundial entre las empresas productoras y cuyo principal yacimiento Fresnillo, es considerado uno de los más grandes a nivel mundial<sup>23</sup>. También destacan en México las minas de Southern Copper –que la producen como subproducto del cobre-.

La plata producida en Chile alcanza a 1,3 millones de TM, según cifras 2004, la producción emana principalmente de la minería del cobre y también de la producción de oro. Entre las empresas de cobre, destacan Codelco-Chile y Escondida, y en un plano más secundario, Collahuasi, Candelaria y Los Pelambres. En el caso de la minería del oro, los principales contribuyentes a la producción de plata son Mantos de Oro y Meridian. En los últimos diez años, la producción de plata en este país se ha incrementado en 2,8% anual promedio.

#### **3.3.2.5 Estaño**

Una participación de 19% es la que concentran los países en estudio respecto a la producción mundial de estaño. Específicamente, produjeron 54.000 TM en el año

<sup>21</sup> Minoritariamente se puede encontrar producción de oro proveniente de la minería de plata, plomo y zinc.

<sup>22</sup> Para la elaboración de este ranking se ha utilizado el World Metal Statistics de diciembre 2005. Hay otras publicaciones como la del Silver Institute que coloca a México en primer lugar, seguido por Perú. Ver [www.silverinstitute.org](http://www.silverinstitute.org)

<sup>23</sup> Solo superada en 2004 por Cannington en Australia (BHP Billiton).



2004. Los dos países productores son Perú y México. La evolución en el período 1995-2004 indica un incremento de 2,9%, cifra que se encuentra por bajo lo observado a nivel mundial de 3,9% en promedio.

Los dos países productores han mostrado un comportamiento disímil en el período 1995-2004. Por una parte, Perú ha aumentado su producción en 7,2% anual promedio, por la única mina de estaño que dispone, San Rafael (Minsur- Brescia Group), que vía expansiones y mejoras operacionales ha incrementado su producción hasta 41.000 TM en 2004. Cabe destacar que Perú se ubica dentro de los tres productores de estaño a nivel mundial, sólo superado por China e Indonesia.

En el caso de Brasil, la producción de estaño se ha reducido a una tasa de 4,8% anual promedio en la última década, aunque cabe destacar que se ha mantenido estable en torno a 12.000 TM durante los últimos años. Las principales empresas son Pitinga, CESBRA y COOPERSANTA.

### **3.3.2.6 Hierro**

En este metal la participación de los cuatro países a nivel mundial alcanza a 23%, no obstante la participación relevante es la de Brasil, que con una producción de 262.029 mil TM de hierro representa el 21%. Este país tiene 26 empresas, que operan 54 minas a rajo abierto. La principal empresa a nivel local –y a nivel mundial- es CVDR, seguida mucho más atrás por la Siderurgica Nacional y otras empresas (Mineração Corumbaenensr Reunida, V&M Mineração Ltda., Mineração Rio Verde, etc.).

En Chile la producción de hierro alcanzó a 8 millones de TM en el 2004, registrado un leve retroceso respecto a 1995, equivalente a una tasa de detrimento de 0.6% anual promedio. Las dos empresas productoras en Chile son Compañía Minera del Pacífico (CMP) y Minera Huasco (filial de la anterior).

En Perú la producción proviene de Marcona, yacimiento que pertenece a Shougang Hierro Perú (del holding chino SHOUGANG GROUP), la que ha aumentado su producción básicamente como respuesta a los mayores requerimientos de China en los últimos años. En el 2004, produjo 4,2 millones de TM de hierro.

### **3.3.2.7 Otros productos mineros relevantes<sup>24</sup>**

Existen otros productos mineros que son relevantes en los cuatro países que conforman el presente estudio, por ejemplo Brasil es productor de bauxita, materia prima del aluminio. Este país, representó en el año 2004 un 17% de la producción mundial, transformándose en el segundo productor a nivel mundial luego de Australia.

El zinc también es un elemento distintivo de los países en estudio, básicamente por la participación de Brasil y Perú. Ambos concentran una producción de 1,8 millones de TM, que equivalen a un 20% de la producción mundial. En el caso de Perú destaca las empresas Antamina y Volcán.

Asimismo, en plomo se registra una participación de 14% en relación a la producción mundial. Perú es el principal productor, y en él se destacan como productores Volcán y Atacocha.

---

<sup>24</sup> Para mayor detalle sobre los minerales industriales en países de América latina, consultar "Fertilizantes y Enmiendas de origen Mineral" Hugo Nelson y Roberto Sarudiansky (editores). Asimismo para Brasil el libro "Rochas & Minerais Industriais" Adão Benvindo da Luz y Fernando Freitas Lins (editores)

México tiene un rol importante en celestita<sup>25</sup> (2° productor mundial), fluorita (2° productor), bismuto y baritina.

Chile por su parte, tiene un papel importante en nitratos naturales, litio y yodo<sup>26</sup>.

Brasil, adicionalmente se destaca como un importante productor de niobio<sup>27</sup>, manganeso, grafito y tantalio.

### 3.2.3. Reservas y gasto en exploración

#### 3.2.3.1 Reservas en principales productos mineros

Respecto de las reservas, se aprecia una importante concentración en especial en los productos mineros analizados en la sección anterior. Destacan ampliamente, la participación de Brasil en bauxita y en hierro, que permiten a estos cuatro países participar en 7,6% de las reservas mundiales.

En el caso del cobre, el concurso de Chile y Perú permiten alcanzar una participación de casi 42% de las reservas mundiales. En plata, la conjunción de México y Perú también hace alcanzar una participación significativa de más de 27%.

La Tabla 3.4 resume la participación en reservas en algunos productos relevantes de estos países.

**Tabla 3.4. Estimación de Reservas de Principales Productos Mineros**

	Brasil	Chile	México	Perú	Total Reservas 4 países	% Reservas Mundiales
Bauxita (Miles de TM)	1.900.000	N.D.	N.D.	N.D.	1.900.000	7.6%
Cobre (Miles de TM)	N.D.	140,000	27,000	30,000	197.000	41.9%
Estaño (miles de TM)	540.000	N.D.	N.D.	710,000	1.250.000	20.5%
Hierro (miles de TM)	26.706	N.D.	1,500	N.D.	28.206	7.6%
Molibdeno (miles de TM)	N.D.	1.100	90	140	1.330	15.5%
Oro (TM)	N.D.	N.D.	N.D.	3.500	3.500	8.3%
Plata (TM)	N.D.	N.D.	37,000	36,000	73.00	27.0%
Plomo (miles de TM)	N.D.	N.D.	1,500	3,500	5.000	7.5%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes de Mineral Commodity Summaries 2005. USGS.  
En hierro: Sumario Mineral – 2005.

**N.D.** No disponible

Respecto a otros productos cabe señalar que estos países tienen participaciones importantes en las reservas, destacan:

- ✓ En el caso de México, las de feldespato (14%) y celestita (estroncio).
- ✓ Brasil, en niobio (98%), yeso, níquel (7%) y titanio.
- ✓ Chile por su parte tiene importantes reservas de yodo (60%), litio (73%), renio (54%) y selenio (20%).
- ✓ Perú, por último, tiene reservas destacadas de selenio (6%), y zinc (7%).

<sup>25</sup> Sulfato de estroncio.

<sup>26</sup> Ver más detalles en Anuario Estadístico del Cobre y Otros Minerales, COCHILCO.

<sup>27</sup> Metal usado principalmente para la producción de aceros inoxidables especiales, en aleaciones de alta temperatura y en aleaciones superconductoras.

### 3.2.3.2 Gastos de exploración

Otro indicador de la potencialidad de esta región en minería es el gasto en exploración, el que si bien atravesó por una declinación en los años 2000-2002, ya en el 2003 se pudo apreciar, junto con la mejora en los precios de los metales, una recuperación, como se muestra en la Tabla 3.5.

América latina es un punto focal de esta actividad, ya que según cifras 2004 concentró un 28% del gasto mundial con US\$ 774 millones. Adicionalmente, los cuatro países concentraron un 76% de esa inversión siendo los países más importantes Perú y México, que registraron US\$ 195 y US\$ 153 millones respectivamente.

**Tabla 3.5. Inversión Mundial en exploración 2003-2004**

	2003	2004	% de gasto exploración Mundial 2004
América Latina	518	774	22%
Australia	339	522	15%
África	374	571	16%
Canadá y Estados Unidos	624	980	28%
Asia Pacifico Sureste	93	156	4%
Otros	94	547	15%
<b>TOTAL (Millones de US\$)</b>	<b>2.190</b>	<b>3.550</b>	<b>100%</b>
<b>Países del Estudio (participación en América Latina 2004)</b>			
Brasil	131	17%	
Chile	109	14%	
México	153	20%	
Perú	195	25%	
<b>TOTAL</b>	<b>588</b>	<b>76%</b>	

Fuente: Informe de la Minería Mexicana 2004 sobre la base de antecedentes de Metals Economics Grop.

Para el año 2005, las empresas mineras a nivel internacional registraron una inversión en exploración de US\$ 4.900 millones (Metal Economics Group: A Special Report for PDAC 2006 International Convention). De este valor, 23% fueron realizados en América Latina, y los cuatro países en estudio representaron un 70%, manteniéndose así la relevancia de estos países como destino de inversión en exploración minera.

#### **Incentivos a la Exploración: la experiencia de Canadá y Australia**

Cabe destacar que a nivel mundial, Canadá y Australia son los países que reciben mayor inversión en exploración minera. Ambos países han implementado programas de incentivos a la exploración que han entregado buenos resultados, y que han permitido el desarrollo de empresas junior de exploración, que son las que captan el mayor gasto, principalmente en las bolsas de Vancouver y Toronto (Canadá), Perth y Sydney (Australia) y Londres (Reino Unido).

En Canadá está implementando desde el año 2000, el programa "Incentivos de Impuestos a la Exploración", a nivel federal y provincial, que han permitido un mayor gasto en exploración en el país, el cual alcanzó los US\$ 820 millones en el año 2004 (20% del total mundial), donde un 50% fue gastado por empresas junior, y que considera beneficios tributarios para las labores de exploración.

Específicamente, el Gobierno Federal de Canadá introdujo un crédito al impuesto de 15% no reembolsable. El crédito es un adicional a la deducción de 100% existente de gastos de exploración elegibles y es deducible desde la porción federal de impuestos. A nivel provincial, ofrecen créditos al impuesto Ontario (5%), Saskatchewan (10%), Manitoba (10%) y British Columbia (20%). El crédito de Ontario es reembolsable, mientras en las otras provincias el crédito es no reembolsable. Por su parte, Québec permite una deducción a los inversionistas de 150% (131,25% antes de marzo de 2004) del costo de ciertos gastos de exploración calificados, realizados en ciertos sitios, para propósitos del impuesto provincial.

En Australia, los programas de incentivos incluyen: facilitación de acceso a la tierra para exploración minera, principalmente en áreas potencialmente afectadas por Títulos de Comunidades Indígenas que incluye acuerdos entre las partes, programas de sondeos entre el gobierno y la industria (50/50); hacer disponible informes de exploración de compañías mineras con una antigüedad de más de 5 años; generación de información geocientífica que ayude la exploración, entre otros. Esto ha permitido que el gasto en exploración alcance los US\$ 522 millones (15% del total mundial, 39% gastados para buscar nuevos depósitos) en el año 2004, donde un 59,2% fue gastado en Western Australia. Se estima, que estos programas permanecerán para los próximos años, lo cual permitirá el desarrollo de más empresas junior de exploración.

En este sentido, la experiencia de Canadá y Australia en el manejo de sistemas de levantamiento de financiamiento, así como en el desarrollo de equipos y software para la exploración es una materia a analizar más en detalle. Algunos de estos tópicos son presentados más adelante en este estudio.

#### **3.2.4. Potencial minero, otros factores relevantes.**

Adicionalmente al potencial minero de estos países, determinado básicamente por la estimación de reservas de metales, existen otros factores que son relevantes para la materialización de la inversión en minería.

Lo anterior, toma especial relevancia al considerar los largos plazos que necesita la industria para concretar las iniciativas de inversión. Sólo cabe considerar en términos generales los períodos asociados a exploración, estudios de pre-factibilidad y factibilidad, levantamiento de capitales, construcción de plantas, *prestripping* o acondicionamiento de la mina, y por último la operación de los yacimientos, la que se lleva a cabo durante muchos años. Por ejemplo, la mina El Teniente, de Codelco-Chile lleva operando más de 100 años.

En este mismo sentido, se debe considerar lo intensivo en capital de la industria minera y la poca flexibilidad y la alta especificidad de la inversión en el sector, lo que hace que los factores de riesgo adicionales a la minería sean de suma importancia para la materialización de inversiones. Destacan dentro de estos factores la estabilidad política y económica, la seguridad para las inversiones y al uso de la tierra, la claridad en los derechos de propiedad, la estabilidad de los regímenes impositivos y legales, etc.

Para analizar lo anterior, existen varios indicadores y ranking que jerarquizan a los países. Así la empresa especialista en *commodities* CRU Internacional Ltda. publicó en noviembre pasado en Copper Studies<sup>28</sup> un estudio sobre la materia que comprende

---

<sup>28</sup> "CRU 2005 World risk survey – the countries to avoid?. Copper Studies November 2005 Vol 33 N°5. CRU International Limited.

60 países con potencial minero en cobre (exploración y operaciones mineras) y con fundiciones y refinerías.

Los aspectos analizados en dicho estudio son: sistema económico y político, riesgo de nacionalización, corrupción, problemas sociales, gobernabilidad, seguridad personal, demora en otorgamiento de permisos, aspectos medioambientales, estabilidad de tipo de cambio e inflación, régimen impositivo, infraestructura, aspectos laborales, etc.

De los cuatro países que componen el presente estudio, Chile es el mejor calificado por CRU, seguido por México, Brasil y Perú. La Tabla 3.6 muestra dicha información, señalando adicionalmente aquellos factores que son distintivos en cada país, ya sea positivos o negativos. Se debe considerar que el puntaje máximo (menos riesgo) lo obtuvo Finlandia con 126 puntos (el peor es Zimbabwe con 48,1; que ocupa el lugar 60°).

**Tabla 3.6. Ranking de países inversión minera**

País	Lugar – Puntaje	Aspectos destacados	Aspectos a mejorar
Chile	13° - 113,3	Sistema económico y político.	Estabilidad de tipo de cambio y régimen de impuestos.
México	26° - 96,0	Facilidad para permisos	Estabilidad de tipo de cambio y régimen de impuestos.
Brasil	29° - 94,7	Acceso a la tierra (certidumbre)	Estabilidad de tipo de cambio y Seguridad personal
Perú	39° - 89,5	Facilidad para permisos, normativa ambiental.	Problemas sociales y laborales.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes de CRU International Limited.

Otra fuente consultada regularmente para este tipo de ranking de atractivo a la inversión es la que realiza el Instituto Fraser de Canadá<sup>29</sup>. En la última encuesta disponible, que da cuenta del período 2005-2004, estos cuatro países también tienen un rol destacado, incluso en el índice de potencial minero mantienen el mismo orden que el estudio del CRU (Tabla 3.7). Cabe señalar, que la encuesta considera 64 países o estados (en el caso de países con organización federal).

**Tabla 3.7. Ranking de países inversión minera**

País	Potencial Minero Actual	Potencial Minero Mejores Prácticas
Chile	2°	13°
México	5°	19°
Brasil	9°	25°
Perú	19°	7°

Fuente: 2044/2005 Survey of Mining Companies. Fraser Institute.

**Potencial minero actual**, incluye regulaciones actuales y restricciones a uso de la tierra.

**Potencial minero mejores prácticas**, considera la adopción de las mejores prácticas por la empresa y sin restricciones en cuanto a legislación.

### 3.2.5. Empresas mineras mundiales y su presencia en países de estudio

Por la relevancia de la minería en los países seleccionados, todas las grandes empresas internacionales tienen presencia a nivel local tanto en exploración como en

<sup>29</sup>Más detalles en: [www.fraserinstitute.ca](http://www.fraserinstitute.ca)

explotación de minerales, apreciándose una concentración en aquellas sustancias que son distintivas del país (cobre, oro, hierro, etc.).

En el caso de Perú, están presentes la mayoría de las principales productoras de oro, destacándose ampliamente las dos líderes mundiales: Newmont y Barrick. En cobre, por su parte, sobresale la empresa Southern Copper, que tiene presencia en Perú y en México, que es uno de los principales productores del metal a nivel internacional.

En Chile, participan las principales empresas internacionales productoras de cobre, destaca BHP-Billiton –la mayor empresa minera del mundo con una capitalización de mercado<sup>30</sup> por sobre los US\$ 100.000 millones- y que tiene Mineras Escondida, Cerro Colorado y en el Proyecto Spence (próximo a entrar en operación). Asimismo en este país, es relevante la presencia de la empresa estatal Codelco-Chile, que es la principal productora de cobre del mundo. En oro, está tomando una posición interesante Barrick Gold, con dos proyectos importantes (Pascua Lama y Cerro Casale).

La Compañía Vale Do Rio Doce es la empresa minera más importante de Brasil y, además, la mayor productora de hierro del mundo. El crecimiento de esta empresa ha sido muy importante en los últimos años, hoy tiene una capitalización de mercado de más de US\$ 50.000 millones, lo que significa haber más que duplicando su valor de mercado en tres años.

La Tabla 3.8 es una revisión de las principales empresas mineras del mundo, ordenadas según capitalización de mercado y su presencia en los cuatro países en estudio.

---

<sup>30</sup> Es una medida del valor de una empresa y se calcula multiplicando el número de acciones comunes en circulación por el precio actual de mercado por acción

**Tabla 3.8. Principales Empresas Mineras Internacionales y su presencia en Países en Estudio**

	Brasil	Chile	México	Perú	Capitalización de Mercado (Miles de US\$)	Principales Yacimientos (Cobre, Oro, Aluminio, hierro, etc.)
BHP Billiton		X	(1)	X	115.800	Escondida, Cerro Colorado, Spence, Tintaya, Antamina, MRN Trombetas,
Rio Tinto	X	X		(13)	75.040	Escondida, Corumbá.
Anglo American	X	X		(2)	57.170	Codemin, Morro Velho, Barro Alto, Serra Grande, Catalão, Copebrás, Collahuasi, Sur Andes, Mantos Blancos, Manto Verde.
Compañía Vale Do Rio Doce (CVRD)	X			(3)	56.260	Sosego, 118, Complejo Itabira, Complejo Mariana, Complejo das Minas Centrais, Complejo das Minas do Oeste.
Newmont			X	X	27.170	Yanacocha,
Phelps Dodge		X		X	16.330	Candelaria, Cerro Verde, Ojos del Salado, El Abra,
Barrick Gold		(4)		X	16.230	Pierina, Laguna Norte, Alto Chicana
Anglo gold Ashanti	X				16.060	Anglogold Ashanti Mineração, Mineração Serra Grande
Teck Cominco			X	X	14.340	Antamina (11)
Southern Copper			X	X	13.015	Toquepala, Cuajone, Cananea, La Caridad, Santa Eulalia, Charcas, Taxco.
Placer Dome		X			10.821	Mantos de Oro (La Coipa),
Goldcorp.	(12)		X		9.200	San Dimas, San Martín, Los Filos, Nukay, Amapari
Antofagasta PLC		X		(3)	7.280	Los Pelambres, El Tesoro, Michilla.
Kinross Gold	X	X			4.000	Rio Paracatu Mineração, Mineração Serra Grande, La Copipa, Refugio,
Meridian Gold		X		(7)	2.670	El Peñón
Industrias Peñoles			X		2.120 (10)	Fresnillo, la Herradura, La Ciénaga, Madero, Sabinas, Naica, Tizapa, Bismark
Pan America Silver Corp			X	X	1.650	Huaron, Quiruvilca, La Colorada (9)
Aur Resources Inc.		X			1.500	Quebrada Blanca, Andacollo
Codelco-Chile	(5)	X	(6)		N.A. (8)	Codelco Norte, Salvador, Andina. El teniente, Las Ventanas (Fundición y Refinería),

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de antecedentes de sitios web de las empresas mineras y de <http://finance.yahoo.com> y [www.stockhouse.com](http://www.stockhouse.com), para capitalización de mercado (Valores vigentes al 2 de febrero de 2006).

- (1) Petróleo en el Golfo de México.
- (2) Quellaveco: proyecto de cobre en el distrito de Moquegua. Estudio de factibilidad terminado. 80% de Anglo American y 20% de International Finance Corporation (IFC).
- (3) Cordillera de las Minas (Join Venture de CVRD y Antofagasta Minerals) y Bayovar (recientemente entregado para exploración y explotación de fosfatos).
- (4) Pascua-Lama: Proyecto de oro en la frontera de Chile y Argentina.
- (5) Exploración en asociación con Barrick Brasil, Minera Vale do Curaca S.A, Minera Cariabas S.A. y minera Santa Elina.
- (6) Exploración en asociación con Industrias Peñoles S.A. de C.V.
- (7) Diversos proyectos de exploración en Perú desde la costa hasta la cordillera
- (8) Según antecedentes de la empresa validados por Golman Sach la capitalización sería entre US\$ 24.000 – 27.000 millones.
- (9) También tiene en México el proyecto Alamo Dorado.
- (10) Capitalización correspondería a 2004 (fin de año), según memoria de la empresa.
- (11) Capitalización de mercado según [www.marketwatch.com](http://www.marketwatch.com)
- (12) Proyecto Amapari
- (13) Adicionalmente, Rio Tinto licito en Perú el proyecto de Cobre La Granja.

### 3.3. Potencial Minero – Inversiones Projectadas

Producto del potencial minero antes analizado y de las positivas expectativas que se tienen para los mercados mineros es que las empresas mineras concretarían importantes inversiones en proyectos productivos en los próximos años, especialmente para satisfacer la creciente demanda de los países asiáticos, especialmente China.

El distrito minero que conforman estos cuatro países en estudio es uno de los destinos de inversión favorecidos por las empresas internacionales. Así, tomando en cuenta los principales proyectos para ser materializados en los próximos cinco años, se puede proyectar que la inversión alcanzará cifras récord, por sobre los US 40.400 millones en el período 2006-2010, según se aprecia en la siguiente Tabla 3.9.

**Tabla 3.9. Inversión Projectada 2006-2010, Principales Proyectos**  
(Millones de US\$)

País	2006-2010
Brasil	15.000
Chile	15.000
México	2.500
Perú	7.900
<b>TOTAL</b>	<b>40.400</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes: Plan referencial de Minería 2005/2014. Ministerio de Energía y Minas de Perú. (Enero 2006). Proyección de Inversión en la Minería Chilena del cobre y del oro, COCHILCO (diciembre 2005). Brasil Mineral "Mining and metallurgy in Brasil. Sitios Web de empresas relevantes en países en estudio.

Los montos han sido proyectados considerando información oficial de los servicios públicos mineros de cada país (Perú y Chile) o en su defecto con los principales proyectos anunciados o en estudio por las más relevantes empresas mineras.

Adicionalmente, cabe hacer notar que los proyectos considerados tienen distintos niveles de certeza puesto que algunos ya están con la decisión de inversión y otros se encuentran en estudio con distintos niveles de información. El principal objetivo de estos valores es mostrar un valor nocional de la inversión con el propósito de destacar lo atractivo que puede llegar a ser el sector minero en cuanto a inversión y sus posibilidades de negocio para otros sectores.

Específicamente, los montos esperados y los principales proyectos en cada país son:

- a) En Chile, se proyecta que se materialicen inversiones en torno a US\$ 15.000 millones en el período 2006-2010. Parte importante de esta la realizaría Codelco-Chile, en torno a US\$ 9.800 millones. Los restantes recursos corresponden a iniciativas de empresas privadas.

Destacan entre los proyectos de inversión de la corporación estatal: Gaby por US\$ 800 millones, que alcanzaría una producción de 150.000 TMF anuales de cátodos de cobre (inversión aprobada en enero 2006); la expansión integrada mina concentradora de Codelco Norte (EMINCO) por US\$ 1.240 millones, que incluye el desarrollo de la Mina Alejandro Hales (ex Mansa Mina), iniciativa que está en estudio; la expansión de El Teniente por más de US\$ 1.500 millones, que incluye



la ampliación de la capacidad de beneficio, la explotación de nuevos sectores y otros proyectos mina (en ejecución) y la ampliación de Andina por US\$ 1.900 millones, la que entraría en producción hacia el 2012 (en estudio).

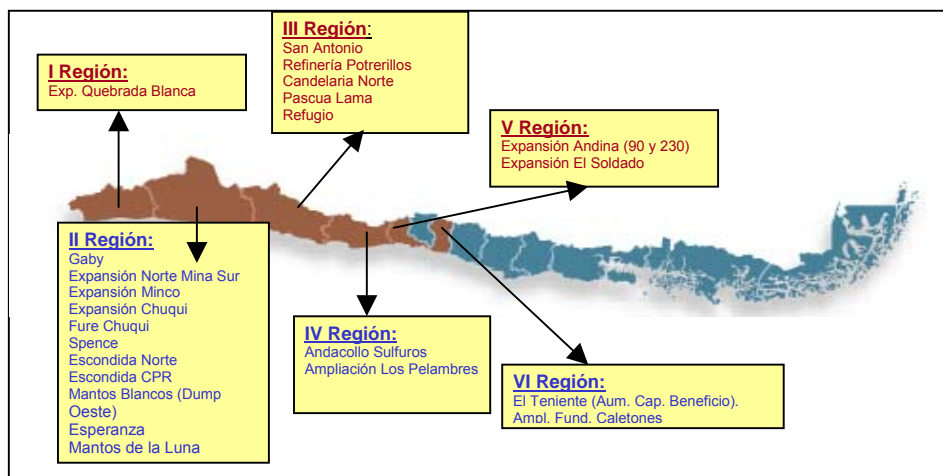
Entre la inversión de minería privada cobre proyectada, sobresalen: la conclusión de Spence (BHP-Billiton), con una inversión total en torno a US\$ 990 millones; el proyecto de Lixiviación de Sulfuros de Baja Ley de Escondida (BHP-Billiton) por aproximadamente US\$ 870 millones, que se está materializándose; y el nuevo tranque de relaves de minera Los Pelambres por US\$ 460 millones.

Asimismo, se debe destacar dentro de la inversión privada la irrupción de 2 proyectos mineros en oro, siendo los más relevantes: Pascua, que corresponde a la parte chilena del proyecto Pascua Lama de la empresa Barrick Gold, que se sitúa en la frontera con Argentina y que significaría una inversión en Chile cercana a de US\$ 840 millones (la inversión total alcanzaría a US\$ 1.400 millones). Esta iniciativa, actualmente se encuentra en proceso de cumplir las exigencias que le impuso la autoridad ambiental en Chile para empezar su construcción.

Otro proyecto importante en oro, es Cerro Casale, de la empresa Placer Dome, la cual fue recientemente adquirida por Barrick Gold<sup>31</sup> y que significaría una inversión de US\$ 1.650 millones.

En siguiente Figura 3.1 se presenta la ubicación (aproximada) de los principales proyectos que se tienen en perspectiva para Chile:

**Figura 3.1. Principales Mineros Proyectos en Chile**



Fuente: COCHILCO<sup>32</sup>

- b) En el caso del Perú, las inversiones proyectadas alcanzan a US\$ 7.900 millones para el período 2006-2010. Dentro de los proyectos destacan la concreción de las inversiones de Southern Copper por US\$ 100 millones (modernización Ilo, principalmente) y de Cerro Verde de US\$ 650 millones (sulfuros primarios).

De los proyectos que están en estudio, sobresalen: Antapaccay de BHPBilliton Tintaya (US\$ 225 millones)<sup>33</sup> que explotaría cobre y oro; Quellaveco (80% de

<sup>31</sup> 20 de enero de 2006 se concretó la toma de control de Barrick, vía adquisición de la acciones (81%).

<sup>32</sup> En base a: Proyección de Inversión en la Minería Chilena del cobre y del oro (actualización diciembre 2005). [http://www.cochilco.cl/inversion/proyecciones/INVERSIONES\\_MIN\\_2005\\_DIC\\_22FEB06.pdf](http://www.cochilco.cl/inversion/proyecciones/INVERSIONES_MIN_2005_DIC_22FEB06.pdf)

<sup>33</sup> BHP-Billiton vendería este activo minero dentro de este año, para ello actualmente estaría en período de "due diligence".

Anglo American, 20% IFC) que produciría cobre, con una inversión que alcanzaría a US\$ 850 millones entre los años 2007 y 2010. Si bien el estudio de factibilidad de este proyecto ya tiene algunos años (2000), el principal inconveniente para decidir su construcción estaría asociado al abastecimiento de agua en la zona de Moquegua.

Adicionalmente, se debe señalar el proyecto Cerro Corona (Gold Fields), un yacimiento de cobre-oro en Cajamarca. Actualmente se estarían afinando los detalles del estudio de factibilidad, y de ser atractivo el resultado, se tomaría la decisión de materialización<sup>34</sup>. La inversión en este proyecto llegaría a US\$ 140 millones en el período 2006-2010.

Parte importante de las inversiones proyectadas en Perú corresponden a proyectos que están en fase de exploración (US\$ 3.980 millones), los más importantes corresponden a: Las Bambas (Xstrata, US\$ 965 millones), La Granja (Rio Tinto, US\$ 782 millones), Toromocho (Peru Copper Inc., US\$ 792 millones) y Minas Conga (Yanacocha, US\$ 980 millones), los cuales por estar en esta etapa de estudio, podrían sufrir un desfase en el tiempo o no realizarse, una vez analizada las bondades técnico económicas de cada iniciativa.

Finalmente, se debe señalar que el desarrollo de la minería en Perú ha tenido que enfrentar una serie de conflictos con las comunidades locales (tanto para iniciativas de inversión como de proyectos en explotación), lo que agrega a los problemas técnicos naturales que se deben solucionar para concretar un proyecto, un nuevo escenario, que obliga a mantener buenas relaciones con las comunidades aledañas a la actividad.

La Figura 3.2 presenta la ubicación (aproximada) de los principales proyectos mineros a desarrollar en Perú:

**Figura 3.2. Principales Proyectos Mineros en Perú**



<sup>34</sup> Según lo informado por la empresa en su web, específicamente en Outlook para 2006 ([www.goldfields.co.za/](http://www.goldfields.co.za/))

- c) En México, para el cobre se espera la concreción del proyecto Milpillitas de Industria Peñoles, que debería estar en funcionamiento en el primer semestre de 2006. La inversión total del proyecto alcanza a US\$ 215 millones.

Asimismo, está en carpeta el proyecto El Arco de Southern Copper en Baja California con una inversión estimada de US\$ 1.400 millones (estaría en estudio de factibilidad y comprende sulfuros y óxidos), y la entrada en producción sería a partir de 2011. Esta iniciativa estaría evaluando la posibilidad de tratar agua de mar para integrarla a sus procesos productivos, de manera de superar las restricciones de uso del agua (conversaciones con la empresa minera Michilla de Chile).

El mismo grupo minero tiene el proyecto Buenavista, que es principalmente de zinc, pero con producción de cobre, la inversión alcanzaría a US\$ 150 millones. Está en etapa de reevaluación ya que fue postergado por los bajos precios de los metales hace tres años, la producción comercial sería a partir de fines de la presente década.

De igual manera, Boleo, un proyecto de Baja Mining (Vancouver, Canadá), que se explotaría por métodos subterráneos y que permitiría obtener cobre, cobalto y zinc. Tiene asociada una inversión de US\$ 292 millones y estaría en producción en el año 2009.

En proyectos de oro y plata destaca El Alamo Dorado (Pam American), que se empezó a construir en el primer semestre de 2005. La inversión asociada al proyecto es de US\$ 77 millones<sup>35</sup>. La producción empezaría en el año 2007, alcanzando un valor anual promedio de 5 millones de onzas de plata y 12.000 onzas de oro.

Otro proyecto que materializará su inversión en los próximos años es Peñasquito (Western Silver Corporation), un yacimiento de plata que además tiene oro, plomo y zinc. La inversión inicial es de US\$ 334 millones, esperando que la producción comercial se inicie en el año 2008.

Al igual que en el caso de Perú hay varias inversiones que están en estudio y que podrían postergarse, tanto por cambios en temas técnicos y de reservas, así como principalmente por cambios en precios de los metales.

Finalmente, en cobre también cabe mencionar a otros proyectos de cobre que podrían ser relevantes como San Nicolás (Teck Cominco y Western Silver Corp.) en el Estado de Zacatecas.

En la Figura 3.3 se presentan la ubicación (aproximada) de los principales proyectos de México:

---

<sup>35</sup> [www.panamericansilver.com](http://www.panamericansilver.com)

**Figura 3.3. Principales Proyectos Mineros en México**



Fuente: Elaboración propia

- d) Las inversiones de Brasil están principalmente asociadas a iniciativas de la gran empresa minera de ese país, la CVRD. Según la última información entregada por la empresa, sólo para el 2006 tiene un presupuesto de inversión de US\$ 4.600 millones, lo que significa todo un récord considerando que en los últimos 5 años ha invertido US\$ 10.500<sup>36</sup>. De los recursos asignados para el 2006, US\$ 3.070 millones corresponden a desarrollo de proyectos<sup>37</sup>.

En el período de estimación 2006-2010 destacan dentro de los metales no ferrosos el desarrollo de proyectos<sup>38</sup> nuevos como Vermelho (US\$ 1.200 millones) y 118 (US\$ 232 millones). Cabe destacar dentro de la política de diversificación que ha seguido CVRD en los últimos años, la inversión en Vermelho (en la región de Carajás en el estado de Pará), un proyecto de níquel cuya puesta en marcha sería a fines de 2008.

Adicionalmente, la empresa está estudiando otros proyectos de níquel, São João do Piauí y otros depósitos en los estados de Goiás, São Paulo y Pará, lo que le da una papel importante en la industria de este metal.

Específicamente, en Pará, destaca el proyecto Onça Puma el cual fue adquirido recientemente a la junior canadiense Canico (diciembre 2005). La inversión para concretar este proyecto alcanza a US\$ 1.100 millones según información de la empresa y estaría en operación en su primer módulo a principios de 2008.

En el caso de 118, este es un proyecto de cobre con una producción que alcanzara a 36.000 TMF de cobre (cátodos), la puesta en marcha está programada para el primer semestre de 2008. Adicionalmente, en cobre la empresa tiene en carpeta importantes de proyectos como Cristalino (US\$ 490 millones), Alemão (US\$ 550 millones), Salobo (las dos fases alcanzarían a US\$

<sup>36</sup> Información de [www.cvr.com.br](http://www.cvr.com.br) incluye proyectos como Sao Luis, Trombetas, Mo I Rana, Pier III, Funil, Alunorte, etc.

<sup>37</sup> Cabe hacer notar que los proyectos incluyen otros asociados al desarrollo minero, básicamente todo lo que significa el desarrollo de negocios logísticos (transporte, puertos, líneas de tren, etc.).

<sup>38</sup> Los montos de inversión consignados en los proyectos consideran la inversión total programada, algunos de ellos tienen inversión en 2005.

970 millones), los cuales se encuentran con distintos niveles de estudio (ingeniería conceptual, prefactibilidad, etc.) y podrían ser decididos y materializados en los próximos años, para empezar a producir desde el 2010.

No obstante la parte central de la inversión de CVRD se encuentra en los proyectos de ampliación en hierro (principal actividad de la empresa) donde destacan: Carajás 85 Mt/año US\$ 296 millones, Carajás 100 Mt/año por US\$ 366 millones, Brucutu US\$ 856 millones, Itabira US\$ 75 millones, Fazendao US\$ 100 millones y Fábrica US\$ 144 millones. Todos estos proyectos permitirían alcanzar 300 millones ton/año en el 2007. Así también se considera la inversión en plantas de *pellets*, Itabiritos (US\$ 759 millones de inversión) y Tubarão VIII (US\$ 516 millones).

Asimismo, en el aumento de capacidad de plantas de elaboración de *pellets* de hierro destaca la inversión en Samarco (US\$ 1.183 millones), un *join venture* con BHP-Billiton.

En aluminio (y su materia prima la bauxita), CVRD tiene varios proyectos importantes: Alunorte (etapas 4 y 5) por US\$ 583 millones (restante en el período US\$ 187 millones), Alunorte (etapas 6 y 7) por US\$ 846 millones, Paragoimas Bauxita (fase I) por US\$ 352 millones (170 millones restantes) y fase II por US\$ 200 millones.

Respecto de proyectos de otras empresas en Brasil, cabe señalar la iniciativa de Barro Alto (Anglo American) en el Estado de Goiás, otra importante inversión en el desarrollo de minería de níquel. El estudio de factibilidad inicial fue completado en el año 2001, y en la actualidad está siendo actualizado, esperándose que entregue resultado en 2006, potencialmente podría producir 40.000 TM de níquel por año. La inversión asociada a este proyecto alcanza a US\$ 700 millones.

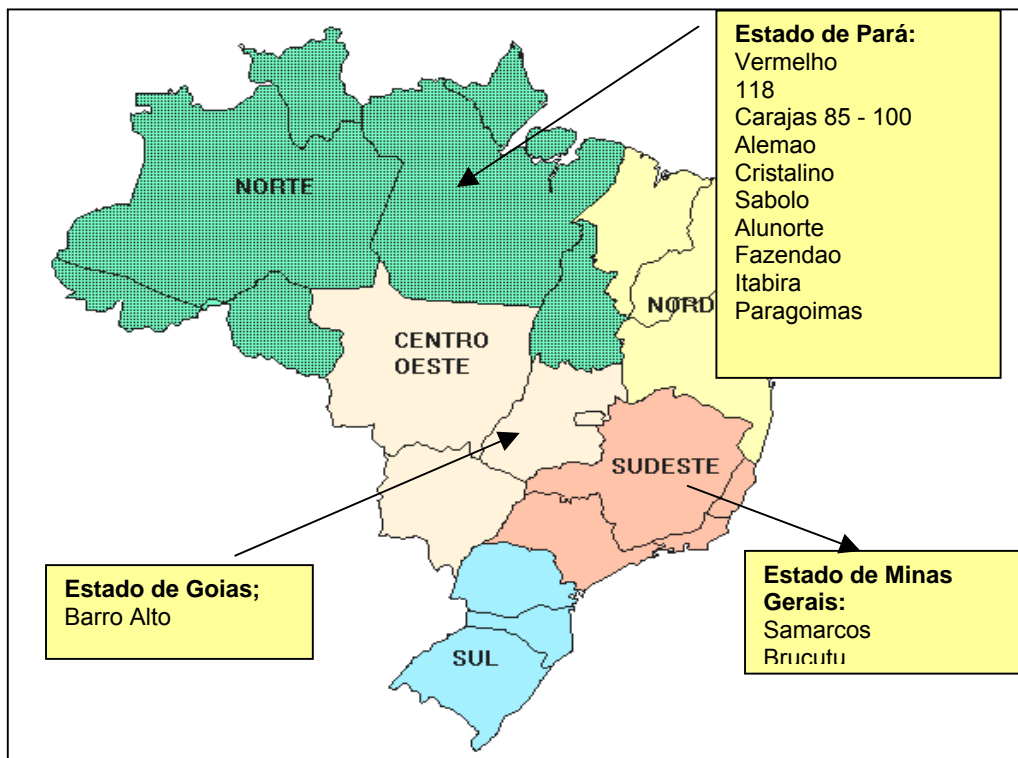
Otros proyectos importantes para Brasil corresponden a los que llevará a cabo la empresa Alcoa, que significará una inversión de US\$ 1.600 millones. Eso considera la expansión de la refinería de Alunar, el desarrollo de la mina de bauxita Juruti y la modernización de la fundición de aluminio de Caldas.

En metales preciosos, también hay planes importantes. Destacan las inversiones de Yamaha Gold que están estudio (Sao Francisco, C1 Santa Luz, São Vicente, etc.), mientras que AngloGold Ashanti, también tiene una cartera de proyectos en estudios (Lamego, ampliación e Cuiba, etc.).

En la Figura 3.4 se presenta la ubicación (aproximada) de los principales proyectos mineros en Brasil.

Cabe señalar que en la sección 5, se muestran los principales bienes e insumos que demandan algunos de estos proyectos, así como faenas en operación, de manera de identificar las oportunidades de negocios que genera la industria minera y que pueden ser aprovechadas por los proveedores locales. Sin duda, estudios de mercado más específicos sobre un producto minero o faena en particular en particular debieran ser realizados para determinar los reales negocios e investigaciones que pueden ser desarrolladas por los actores locales en los cuatro países analizados. Sin duda, la cooperación entre agencias de gobierno de promoción de inversiones, empresas mineras y proveedores locales, permitirá generar más y mejor información sobre el sector minero.

**Figura 3.4. Principales Proyectos Mineros en Brasil**



Fuente: elaboración propia

### 3.4. Hallazgos

El potencial minero de estos cuatro países es de una alta relevancia a nivel mundial. En el principal determinante de este potencial, las reservas, estos países tienen significativas en hierro, bauxita, cobre, plata, zinc, oro, etc. Además, ellos disponen de una buena percepción internacional respecto de otros factores que son relevantes para atraer inversiones en minería (riesgo país, estabilidad legal, etc.).

Estos últimos elementos son fundamentales considerando que la actividad minera es intensiva en capital, el que además, tiene una baja flexibilidad, y es por esencia una actividad de largo plazo.

Las grandes empresas mineras internacionales ya están participando en el desarrollo de la minería local, lo que confirma la atención de estos países en el contexto global. Adicionalmente, cada uno de los países del estudio tiene empresas de clase mundial (Grupo minero México y Southern Copper, Grupo Minero Peñoles, CVRD, Codelco-Chile, etc.).

Considerando una dimensión de futuro de la minería, existen muchas iniciativas de inversión por parte de las empresas en los principales metales que se explotan en la región. Así, tomando en cuenta los principales proyectos para ser materializados en los próximos cinco años, se puede proyectar que la inversión alcanzará cifras récord, por sobre los US\$ 40.400 millones en el período 2006-2010.

El positivo ciclo de precios de los metales que hoy domina al mercado, así como las expectativas sobre una creciente necesidad de metales de países emergentes como China, India, etc., especialmente por el desarrollo de su infraestructura básica y el

mayor poder adquisitivo de sus habitantes, más la recuperación económica de los tradicionales países consumidores de *commodities* (Estados Unidos, Japón, Alemania, etc.) hacen que las empresas se proyecten en un escenario mucho más optimista que lo acaecido a principio de la presente década.

El escenario que dominó entre el año 2000 y 2002, diametralmente opuesto, caracterizado por bajos precios de metales y por una fuerte crítica a la creación de valor de las empresas mineras con sus accionistas. Muchos proyectos de inversión fueron postergados esperando mejores precios y hoy están en reevaluación.

Los problemas particulares que debe enfrentar la minería son comunes a la actividad, puesto que para ser desarrollada necesita de insumos claves, por los que tiene que competir con otras actividades económicas, y del reconocimiento de la comunidad para su desarrollo. Ello aún considerando que pueden tener distintos matices en cada uno de los países en estudio, como es el caso de las relaciones con las comunidades locales en Perú o el abastecimiento de energía eléctrica en el norte de Chile.

Las necesidades de agua en todos los proyectos que están en sectores desérticos (Chile, Perú y México), el uso eficiente de energía y la oferta de ella, el cuidado del medioambiente y la adopción de tecnologías limpias para la explotación y exploración, el manejo adecuado de los pasivos ambientales, las inversiones necesarias para el cierre de faenas, son algunos de temas que no son particulares de un país minero y que significan importantes retos para la actividad y su competitividad en el mediano y largo plazo.

### **3.5. Bibliografía**

Características de la inversión y del mercado mundial de la minería a principios de la década de 2000. División de Recursos Naturales e Infraestructura CEPAL. [www.eclac.cl](http://www.eclac.cl)

Copper Studies November 2005 Vol 33 N°5. CRU International Limited.

Brasil Mineral Magazine. "Mining and Metallurgy in Brasil". Investment plants are expected to exceed US\$ 20 billions in 2008."

Encuesta de Proyectos Mineros 2004, Un análisis detallado de las tendencias globales y regionales de la inversión minera: Magnus Ericsson, Raw Materials Group.

Informe de la Gran Minería Chilena, Consejo Minero 2004. [www.consejominero.cl](http://www.consejominero.cl)

Mercado internacional del oro y minería del oro en Chile, Cochilco 2005. [http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/339-ORO\\_2005.pdf](http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/339-ORO_2005.pdf)

Mercado internacional de la plata y minería de la plata en Chile, Cochilco 2005. [http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/340-plata\\_2005.pdf](http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/340-plata_2005.pdf)

Mercado nacional e internacional del molibdeno, Cochilco 2005. [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl/productos/periodicos/anuario/index.htm)  
<http://www.cochilco.cl/productos/periodicos/anuario/index.htm>

Proyección de Inversión en la Minería Chilena del cobre y del oro (actualización diciembre 2005). [http://www.cochilco.cl/inversion/proyecciones/INVERSIONES\\_MIN\\_2005\\_DIC\\_22FEB06.pdf](http://www.cochilco.cl/inversion/proyecciones/INVERSIONES_MIN_2005_DIC_22FEB06.pdf)

Sumário Mineral – 2005, Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. <http://www.dnpm.gov.br>

Proyección de Inversiones en el Sector Minero en Perú, Plan referencial de Minería 2005/2014, enero 2006. <http://www.minem.gob.pe/archivos/dgm/publicaciones/public08/archivo.pdf>

The Mineral Industry of Mexico. U.S. Geological Survey (USGS)  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2003/mxmyb03.pdf>

The Mineral Industry of Brazil. U.S. Geological Survey (USGS)  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2003/brmyb03.pdf>

World Metal Statistics, diciembre 2005.

Yanacocha: Responsabilidad Social y Ambiental 2005.  
<http://www.yanacocha.com.pe/publicaciones.htm>

### ***Páginas Web:***

- ✓ AngloGold Ashanti Limited, [www.anglogold.com](http://www.anglogold.com)
- ✓ Baja Mining, [www.bajamining.com](http://www.bajamining.com)
- ✓ Banco Central do Brasil, [www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)
- ✓ BHP-Billiton, [www.bhpbilliton.com](http://www.bhpbilliton.com)
- ✓ Compañía de Minas Buena Ventura, [www.buenaventura.com](http://www.buenaventura.com)
- ✓ Compañía de Aceros del Pacífico, [www.cap.cl](http://www.cap.cl)
- ✓ Corporación del Cobre, [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)
- ✓ Comisión Chilena del cobre, [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)
- ✓ Consejo Minero, [www.consejominero.cl](http://www.consejominero.cl)
- ✓ Compañía Vale do Rio Doce, [www.cvdr.com.br](http://www.cvdr.com.br)
- ✓ Departamento Nacional de Produção Mineral, Ministério de Minas e Energia de Brasil, [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br)
- ✓ Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística, [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)
- ✓ Kinross Gold Corporation, [www.kinross.com](http://www.kinross.com)
- ✓ Mercado Electrónico, [www.marketwatch.com](http://www.marketwatch.com)
- ✓ Newmont Mining Corporation, [www.newmont.com](http://www.newmont.com)
- ✓ Pan American Silver Corp., [www.panamericansilver.com](http://www.panamericansilver.com)
- ✓ Industrias Peñoles, S.A. DE C.V., [www.penoles.com.mx](http://www.penoles.com.mx)
- ✓ Silver Institute, [www.silverinstitute.org](http://www.silverinstitute.org)
- ✓ U.S. Geological Survey, [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)



## 4. DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN MINERÍA

Sin duda, el desarrollo y consolidación de un cluster en un determinado país, para cualquier sector o actividad productiva, pasa en gran medida por consolidar el desarrollo científico tecnológico, como un pilar clave de este sistema de desarrollo.

A continuación se analizarán algunos indicadores de Investigación y Desarrollo (I&D) que muestran la posición que presentan los países de América Latina en análisis, para luego detallar algunas iniciativas que se están desarrollando para fomentar el desarrollo científico y tecnológico, y que consideran al sector minero.

### 4.1 Indicadores de Investigación y Desarrollo (I&D)

Un buen indicador a analizar podría ser el Índice Tecnológico que entrega el Informe de Competitividad Global 2005 – 2006 del Foro Económico Mundial<sup>39</sup>, donde se muestra una indicación del avance de los países respecto de su capacidad de innovación. Este índice es calculado en base a información obtenida a través de encuestas y estadísticas (indicadores) a partir de tres subíndices: a) innovación, b) transferencia tecnológica y c) Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)<sup>40</sup>.

Según esta índice, los Estados Unidos lidera el ranking de Innovación, debido a sus fortalezas en la captura de nuevas tecnologías, el registro de patentes, su institucionalidad pública y el gasto en I&D por parte de las empresas. Le siguen países nórdicos (Finlandia, Suecia, Dinamarca, Suiza, Islandia, Holanda) y países del Sudeste Asiático (Taiwán, Corea del Sur, Japón, Singapur), entre otros. Países mineros como Australia y Canadá, también ocupan puestos de avanzada, 14 y 15, respectivamente. Por su parte, los países de América Latina en análisis, se encuentran en lugares rezagados para este índice, como se muestra en la siguiente Tabla 4.1.

**Tabla 4.1. Índice de Innovación del Foro Económico Mundial**

Ranking	País	Puntaje (1 a 7)
1	Estados Unidos	6,19
2	Finlandia	6,02
3	Taiwán	5,85
4	Suecia	5,78
5	Dinamarca	5,30
14	Australia	4,82
15	Canadá	4,79
<b>35</b>	<b>Chile</b>	<b>3,93</b>
46	Sudáfrica	3,62
<b>50</b>	<b>Brasil</b>	<b>3,51</b>
<b>57</b>	<b>México</b>	<b>3,39</b>
<b>75</b>	<b>Perú</b>	<b>3,01</b>

Fuente: Informe de Competitividad Global (2005-2006),  
Foro Económico Mundial

<sup>39</sup> Foro Económico Mundial, "Informe de Competitividad Global 2005-2006".

[http://www.weforum.org/pdf/Global\\_Competitiveness\\_Reports/Reports/GCR\\_05\\_06/Executive\\_Summary](http://www.weforum.org/pdf/Global_Competitiveness_Reports/Reports/GCR_05_06/Executive_Summary)

<sup>40</sup> Cada subíndice está compuesto por los siguientes temas: a) innovación: adopción de tecnologías por las compañías, gastos en I&D, colaboración con universidades locales, patentes en Estados Unidos por cada millón de habitantes, etc.); b) transferencia tecnológica: importancia de la inversión extranjera directa (IED) como fuente de nueva tecnología y del licenciamiento tecnológico extranjero como un medio común para adquirir nueva tecnología; y c) Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC): acceso a internet en los colegios, TIC como prioridad en los colegios, eficiencia de los programas de promoción de TIC; marco regulatorio bien definido, y algunos indicadores: N° de celulares, usuarios y servidores de internet, líneas telefónicas, computadores personales por cada 100 habitantes. Fuente: [http://www.weforum.org/pdf/Global\\_Competitiveness\\_Reports/Reports/GCR\\_05\\_06/Composition\\_of\\_the\\_Growth\\_Competitiveness\\_Index](http://www.weforum.org/pdf/Global_Competitiveness_Reports/Reports/GCR_05_06/Composition_of_the_Growth_Competitiveness_Index)

A continuación se analizan en detalle algunos indicadores de I&D, que pueden explicar la posición que ocupan los países de América Latina en el Índice de Competitividad Global, respecto a otros países. La Tabla 4.2 muestra una comparación de indicadores de Investigación y Desarrollo en los países en análisis con otros países mineros y desarrollados.

**Tabla 4.2. Comparación de algunos Indicadores de I&D**

Año	Chile	Perú	México	Brasil	Canadá	Australia	Finlandia	Sudáfrica	Estados Unidos
<b>Gasto (US\$ millones), Promedio 2000 - 2003</b>	400,0	55,0	3.500	6.000	17.800	10.000	4.500	3.200	300.000
<b>Gasto per capita (US\$ /habitante)</b>	27,82	5,53	36	76,5	530	400	900	24,0	970
<b>% PIB en I&amp;D</b>	0,61	0,10	0,35	0,90	1,90	1,60	3,5	0,62	2,7
<b>Financiamiento por sectores (%)</b>									
<b>Gobierno</b>	50,54	N.D.	59,1	58,6	35,4	42,4	25,7	32,5	31,0
<b>Industria</b>	35,2	N.D.	29,8	41,0	46,2	48,8	70,0	53,3	63,7
<b>Ejecución por Sectores (%)</b>									
<b>Gobierno</b>	12,7	35,4	39,1	18,4	10,5	19,3	9,7	20,0	12,2
<b>Industria</b>	37,8	9,8	30,3	37,4	51,2	51,2	70,5	53,7	70,1
<b>Educación Superior</b>	33,8	44,7	30,4	43,6	38,1	26,7	19,2	25,3	13,6
<b>N° Investigadores (tiempo completo), año 2004</b>	8.658	1.000	21.879	72.872	112.624	73.344	41.724	14.128	1,4 millones

Fuente: OECD (2005); RICYT (2003); CONICYT (2004); Ministerio de Ciencia y Tecnología Brasil (2005)

Nota: N.D.: no disponible

Según la tabla anterior, los países de América Latina aún no han pasado la barrera del 1% de su PIB destinado a I&D, a pesar de un aumento en el gasto, por ejemplo, en el caso de Chile desde aproximadamente US\$ 150 millones en 1990; US\$ 395 millones en el año 2000, y US\$ 440 millones en el año 2003. Destacan el gasto realizado por Brasil y México. Por su parte, Perú es el país que gasta menos en I&D.

Por ende, poder implementar políticas que permitan incrementar los niveles de I&D en estas economías debería ser un objetivo prioritario para sus gobiernos.

Ahora bien, si se toma como referencia a países como Canadá y Australia, entre otros, que son naciones relevantes en la actividad minera mundial, se refleja una importante brecha en la inversión, superando los 2 puntos en algunos casos. En este sentido, un distrito minero mundial debería tener como característica un mayor grado de inversión en innovación y desarrollo tecnológico, como única forma de adquirir factores especializados que permita al país diferenciarse frente a sus competidores.

Además de la apreciable brecha que muestra la asignación del PIB en I&D, otro parámetro importante es el Gasto per Cápita que realizan los países en el ámbito científico, el cual muestra una tendencia similar al análisis anterior. Este indicador elimina las dudas que puedan existir con relación a que países más industrializados gastan más en I&D, sólo por el hecho de tener un mayor PIB.

En esta oportunidad la brecha es mucho mayor que la anterior, ya que cuando los países de América Latina en análisis gastan aproximadamente entre US\$ 6 y US\$ 80 por persona, países como Australia o Canadá lo hacen en valores sobre los US\$ 400.

Un caso similar al de los países de América Latina, lo representa Sudáfrica, pero que aún está muy distante de un país minero como Australia.

Por otro lado, si se piensa que el desarrollo tecnológico en minería debiera ser generado a través de una alianza pública-privada, inmediatamente se tendría que analizar el papel que están ocupando ambos sectores en la I&D.

Al igual que en los casos anteriores, los resultados muestran una clara diferencia con otras economías, como Finlandia o Estados Unidos, donde el sector privado es el mayor contribuyente en el gasto de I&D. Un dato interesante, es que en los cuatro países de América Latina, el Estado es la principal fuente de recursos, pero son la industria y las universidades quienes ejecutan en mayor parte estos recursos. En este sentido, el Estado debiera generar políticas que incentiven un rol más importante por parte del empresariado de América Latina en una actividad tan importante para un país, que contribuya al aumento de la productividad y competencia de sus propias empresas.

Por otra parte, en los últimos años, la aplicación del gasto se ha realizado básicamente en ciencia básica y aplicada, como se muestra en la Tabla 4.3, destinándose a desarrollo tecnológico solamente un bajo porcentaje, a diferencia de países desarrollados, como es el caso de Estados Unidos<sup>41</sup>. Aunque, todo indica que la investigación aplicada favorece más al crecimiento que la investigación básica<sup>42</sup>.

**Tabla 4.3. Gasto de I&D por Área (%)**

Gasto por área (%)	Chile	Perú	México	Estados Unidos
Básica	55,3	38,6	34,5	19,1
Aplicada	32,1	48,3	40,2	23,9
Desarrollo Tecnológico	12,6	13,4	25,2	57,1

Fuente: RICYT (2003);

Nota. Información de Brasil no disponible

#### 4.1.1 Patentes de invención y propiedad intelectual

El desempeño o productividad científica de un país puede ser medido, entre otros, de acuerdo a la cantidad de patentes solicitadas y concedidas en diferentes disciplinas. De este modo, con la finalidad de analizar la situación de Brasil, Chile, México y Perú se realizó una comparación del número de patentes solicitadas y concedidas presentadas por residentes y no residentes, que se muestra en la Tabla 4.4.

**Tabla 4.4. N° de Patentes Solicitadas y Otorgadas  
Período 2000 - 2003 (promedio)**

Patentes		Chile	Perú	México	Brasil
Solicitadas	Residentes	500	35	470	9.440
	No Residentes	2.500	922	12.484	14.471
	<b>Total</b>	<b>3.000</b>	<b>957</b>	<b>12.950</b>	<b>23.911</b>
Otorgadas	Residentes	43	15	124	3.456
	No Residentes	545	470	5.780	5.110
	<b>Total</b>	<b>588</b>	<b>485</b>	<b>5.904</b>	<b>8.566</b>

Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), [www.ricyt.org](http://www.ricyt.org)

Cabe señalar la escasa cantidad de patentes que solicitan investigadores locales respecto a sus pares extranjeros, ya sea empresas o universidades. Esta situación se repite también en el número de patentes otorgadas por los respectivos departamentos de Protección Industrial. Lo anterior, es preocupante, considerando que la innovación es una de las variables que permite el desarrollo de un país, y contrasta por la situación a nivel mundial de países como Estados Unidos, Japón y Alemania que lideran el ranking de presentación de solicitudes para registro internacional de patentes que maneja la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) que

<sup>41</sup> Cabe señalar que el 50% del gasto en Estados Unidos es destinado a Defensa y otro 10% a investigación espacial.

<sup>42</sup> Columna de opinión "Innovación: Tareas para Marzo", Felipe Larraín, Sección Economía y Negocios, El Mercurio, 07 de Febrero de 2005; [www.emol.cl](http://www.emol.cl)

en el año 2005 recibió 134.073 peticiones, y que permite patentar inventos en el extranjero<sup>43</sup>.

Cabe señalar que la OMPI es la organización internacional cuyo objetivo es velar por la protección de los derechos de los creadores y los titulares de propiedad intelectual a nivel mundial y, por consiguiente, contribuir a que se reconozca y se recompense el ingenio de los inventores, autores y artistas.

Por otra parte, de acuerdo a lo señalado en el informe “Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena 2005”<sup>44</sup> de la Academia Chilena de Ciencias (ACC), el número de solicitudes de patentes de invención presentadas a la Oficina de Patentes de Estados Unidos (USPTO) es uno de los indicadores más relevantes del nivel de competitividad en esta área para todos los investigadores a nivel mundial.

En la Tabla 4.5 se muestra el número de patentes presentadas al USPTO por los países latinoamericanos del análisis y los países mineros líderes en innovación tecnológica. De manera de comparar y cuantificar la amplia brecha que existe entre los ocho países, se consideró la suma de la totalidad de las patentes solicitadas y concedidas, para determinar el porcentaje o peso relativo de cada de ellos.

**Tabla 4.5. Solicitudes y Registros de Patentes de Invención Oficina de Patentes de Estados Unidos (USPTO)<sup>45</sup>**

País	Solicitudes de Patentes			Patentes de Invención Concedidas			
	1993	2003	2004	1993	2003	2004	Total 1963-2004
Australia	781	2.310	3.000	378	900	953	15.679
Brasil	105	259	287	57	130	106	1.705
Canadá	3.910	7.750	8.202	1.944	3.425	3.374	71.127
Chile	11	33	51	9	11	15	230
Finlandia	568	1.935	2.096	293	865	918	10.926
México	82	185	179	45	84	86	2.252
Perú	5	8	5	2	4	6	120
Sudáfrica	246	224	246	93	112	100	3.607
<b>Total</b>	<b>174.743</b>	<b>342.441</b>	<b>356.943</b>	<b>98.342</b>	<b>169.026</b>	<b>164.293</b>	<b>3.748.103</b>

Fuente: Informe “Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena 2005”, Academia Chilena de Ciencias.

A modo de comparación, en el año 2004 destaca ampliamente la cantidad de patentes solicitadas por Canadá, que representó el 58% de la suma de patentes de los ocho países de la muestra, seguido por Australia con 21% y Finlandia 15%.

En este contexto, el panorama de los países latinoamericanos es poco alentador, puesto que Brasil ostenta solamente un 2%, seguido por México con 1,27% y 0,36% de Chile. Sin embargo cabe consignar, en el período 1993-2004 el crecimiento experimentado por estos países en el número de patentes ha sido muy significativo, destacando a Chile con 364%, seguido de Brasil con 173% y 118% México. Mientras que en Perú ha habido un descenso.

En relación al número de patentes otorgadas a los países analizados, nuevamente destaca Canadá con el 60% del total de patentes otorgadas, seguido por el 17% de Australia y 16% de Finlandia. Entre los países latinoamericanos Brasil lidera la

<sup>43</sup> Más detalles en: <http://www.wipo.int/portal/index.html.es>

<sup>44</sup> Más información en: <http://www.academia-ciencias.cl/docs/noticias/estudio.pdf>

<sup>45</sup> Entre los años 1993 y 2003 la información fue recogida del informe citado, sin embargo para el año 2004 fueron actualizados de la páginas: [http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst\\_utl.pdf](http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_utl.pdf) y [http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/appl\\_yr.pdf](http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/appl_yr.pdf)

cantidad de patentes concedidas con 1,9%, incluso sobre Sudáfrica, no obstante la cifra es poco significativa respecto de la muestra. Le sigue México con 1,54% y Chile con 0.27%.

Entre los años 1993 y 2004, considerando el crecimiento del número de patentes otorgadas a los países latinoamericanos, destaca Perú con 200%, aunque sólo desde 2 a 6 patentes de invención, seguido de México con 91%, Brasil y Chile con 86% y 67%, respectivamente.

Por otro lado, de acuerdo al informe “Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena 2005”, otro indicador importante de analizar es el “índice de patentamiento” definido como el número de solicitudes presentadas o de patentes concedidas en Estados Unidos por año de presentación o concesión y por millón de habitantes del país de origen del inventor. La información para los países analizados se determinó para el período 1993-2004, como se muestra en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6. Índice de Patentamiento**  
(Por millón de habitantes del país de origen)<sup>46</sup>

País	Solicitudes de Patentes por millón de habitantes			Patentes de Invención Concedidas por millón de habitantes		
	1993	2003	2004	1993	2003	2004
<b>Australia</b>	44,4	117,3	152	21,5	45,7	48,3
<b>Brasil</b>	0,7	1,4	1,5	0,4	0,7	0,5
<b>Canadá</b>	142,7	240,6	252,3	70,9	106,4	103,8
<b>Chile</b>	0,8	2,1	3,2	0,7	0,7	0,9
<b>Finlandia</b>	113,6	372,1	401,26	58,6	166,3	175,7
<b>México</b>	0,9	1,8	1,7	0,5	0,8	0,8
<b>Perú</b>	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2
<b>Sudáfrica</b>	5,9	5,2	5,5	2,2	2,6	2,3

Fuente: “Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena 2005”, Academia Chilena de Ciencias.

Al considerar este índice para el año 2004, tal como se consigna en la tabla anterior, el país más sobresaliente es Finlandia con 401,26 solicitudes de patentes por millón de habitantes, seguido por Canadá y Australia. En efecto, entre el período 1993-2004, Finlandia creció 253%. En tanto, Australia y Canadá crecieron 244% y 76%, respectivamente. En cuanto al número de patentes concedidas por millón de habitantes, se repite las posiciones anteriores, Finlandia con 176, seguida de Canadá y Australia. Asimismo, el crecimiento en el citado período, lo lidera Finlandia con 200%.

En relación a los países latinoamericanos, a pesar de que Brasil se posiciona en el primer lugar de la región en el número de patentes solicitadas y concedidas, tal situación no se reitera si se analiza el índice de patentamiento. En este sentido, Chile ostenta ese liderazgo con 3,2 solicitudes de patentes y 0,9 patentes concedidas por millón de habitantes en el año 2004, en comparación al 1,5 y 0,5 de Brasil, respectivamente. Por otra parte, Perú tiene solamente un 0,1 solicitudes de patentes y 0,2 patentes concedidas por millón de habitantes.

La información de las patentes reviste mucha importancia para las empresas, ya que de esta forma se evitan que se pierda tiempo y recursos en investigar áreas respecto de las que ya existe protección<sup>47</sup>. Además, la obtención de patentes industriales no es sólo un procedimiento para tomar resguardos frente a posibles copias que impliquen pérdidas de recursos en I&D, y es esencial para poder exportar los resultados de

<sup>46</sup> Información de la población actualizada en: <http://www.theodora.com/wfb/>

<sup>47</sup> Fuente: “Chilenos presentan sólo 573 patentes de invención en 2005”, sección Economía y Negocios, El Mercurio, jueves 06 de abril de 2006.

procesos y obtener retornos que permitan seguir desarrollando futuras investigaciones. En este sentido, a continuación se analiza información sobre la situación y procedimientos de la propiedad intelectual en los cuatro países de América Latina.

En Perú, el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI)<sup>48</sup> es el organismo público que promueve una cultura de leal y honesta competencia, para proteger todas las formas de propiedad intelectual: desde los signos distintivos y los derechos de autor hasta las patentes y la biotecnología. Dentro de las funciones de este organismo destacan las siguientes:

- ✓ Orientación al usuario.
- ✓ Servicio de búsqueda de información tecnológica.
- ✓ Suministro de copia de documento completo de patente.
- ✓ Certificado de Antecedentes.

Mientras en Brasil es el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INPI)<sup>49</sup>. Este organismo tiene como propósito principal, según la Ley de Propiedad Industrial, ejecutar las normas que regulan la propiedad industrial, en vista de su función social, económica, legal y técnica. Asimismo se pronuncia en cuanto a la conveniencia de la firma, ratificación y denuncia de convenciones, tratado, acuerdos y acuerdos en relación a propiedad industrial.

En México, el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI)<sup>50</sup>, de acuerdo a la facultada que le confiere la Ley de Propiedad Industrial, es el organismo público que administra el sistema de propiedad industrial. Las atribuciones del instituto son las siguientes:

- ✓ Otorgar protección a toda materia relacionada con propiedad industrial.
- ✓ Prevenir y combatir los actos que atenten contra la propiedad industrial y constituyan competencia desleal, así como aplicar las sanciones correspondientes.
- ✓ Promover y fomentar la actividad inventiva de aplicación industrial, las mejores técnicas y la difusión de los conocimientos tecnológicos dentro de los sectores productivos, fomentando la transferencia de tecnología para contribuir a la actualización tecnológica de las empresas, mediante la divulgación de acervos documentales de información tecnológica contenidos en medios electrónicos, microfilmes y papel, así como de la situación que guardan los derechos de propiedad industrial en el extranjero.
- ✓ Promover la cooperación internacional mediante el intercambio de experiencias administrativas y jurídicas con instituciones encargadas del registro y protección legal de la propiedad industrial en otros países.

En Chile, el ente que desarrolla la actividad administrativa en materia de propiedad industrial es el Departamento de Propiedad Industrial (DPI)<sup>51</sup>, perteneciente al Ministerio de Economía. El DPI tiene como función principal administrar y atender los servicios de Propiedad Industrial de acuerdo a lo establecido en la Ley de Propiedad Industrial y su Reglamento. Las funciones del organismo son las siguientes:

- ✓ Atender la tramitación de solicitudes de marcas y patentes de invención.
- ✓ Resolver los juicios relativos al otorgamiento o nulidad de registros de marcas y patentes de invención.
- ✓ Otorgar títulos y certificados relativos a marcas y patentes de invención.
- ✓ Mantener y custodiar los registros de marcas y patentes.
- ✓ Ofrecer servicios de información tecnológica a través de su Oficina de Información Tecnológica.

---

<sup>48</sup> Más información en: <http://www.indecopi.gob.pe/>

<sup>49</sup> Más información en: <http://www.inpi.gov.br>

<sup>50</sup> Más información en: <http://www.impi.gob.mx/impi/jsp/indice.jsp>

<sup>51</sup> Más información en: <http://www.dpi.cl>

Cabe consignar que, los cuatro países son miembros de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

En relación al plazo de protección de las patentes, para estos cuatro países el período exclusivo de explotación que tiene el titular es de 20 años. En tanto, para los modelos de utilidad es de 10 años. En ambos casos la duración se cuenta desde la fecha de presentación de la solicitud. Estos plazos no son renovables.

A modo de comparación, de acuerdo a la encuesta “Análisis Comparativo de Algunos Aspectos de los Sistemas de Patente”<sup>52</sup> de la OMPI, en relación a los países mineros líderes en innovación tecnológica, se indica lo siguiente:

- ✓ En Australia se establece un plazo de protección de las patentes de innovación y estándar de 8 y 20 años, respectivamente<sup>53</sup>. Por otra parte, la información relacionada con la solicitud de patentes es publicada a los 18 meses siguientes a la fecha de presentación.
- ✓ En tanto, Finlandia fija como plazo de protección 20 años en el caso de las patentes y 10 años a los modelos de utilidad, desde la fecha de presentación<sup>54</sup>. En cuanto al tiempo de la publicación de las solicitudes de patentes, se realiza a los 18 meses siguientes a la fecha de presentación y al momento de conceder la patente.
- ✓ En Sudáfrica, al igual que Finlandia, el plazo de protección concedido a las patentes es de 20 años<sup>55</sup>. La información relacionada a la aplicación es publicada en el momento que la patente es concedida.

Por su parte, en los países de América Latina, la publicación de solicitud de patente puede tardar entre 1 y 6 años, lo cual, sin duda, desincentiva la presentación de solicitudes, y facilita el uso de tecnologías sin el debido resguardo de propiedad, e impide que sus creadores puedan generar negocios con ella.

Por otra parte, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 4.7, los países de América Latina analizados tienen valores de tramitación de patentes de invención mucho más bajos en comparación a la Comisión Europea (US\$ 38.000), Estados Unidos (US\$ 13.000), Australia (US\$ 12.000) y Canadá (US\$ 11.500).

**Tabla 4.7. Valores de Tramitación de Patentes de Invención (US\$)<sup>56</sup>**

Servicio	País			
	Brasil	Chile	México	Perú
Solicitud	66	60	1.525	185
Publicación	66	73	106	
Examen	189	618	248	149
Concesión	44	172 <sup>57</sup>	430	
Renovación	1720	229 <sup>58</sup>	641	1.332 <sup>59</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>2.085<sup>60</sup></b>	<b>1.152</b>	<b>2.950</b>	<b>1.666</b>

Fuente: Páginas Web de las instituciones administradoras de la propiedad industrial

<sup>52</sup> Encuesta realizada en marzo de 2005 sobre los sistemas nacionales de patentes de todos sus Estados miembros de dicha organización. Más Información en: [http://www.wipo.int/ipstats/es/data\\_collection/](http://www.wipo.int/ipstats/es/data_collection/)

<sup>53</sup> La legislación de este país posibilita la extensión del plazo de los productos farmacéuticos.

<sup>54</sup> Se permite, mediante autorización reglamentaria, la extensión de plazo de la protección de las patentes para los productos farmacéuticos y químicos para la agricultura.

<sup>55</sup> En ningún caso se permite la extensión de plazos de protección.

<sup>56</sup> Valores referenciales y expresados en tipo de cambio actual por país.

<sup>57</sup> Tasa para correspondiente para el primer decenio.

<sup>58</sup> Corresponde al pago del segundo decenio de la patente.

<sup>59</sup> Tasa estimada considerando un plazo de protección de la patente de 20 años. Cabe consignar que, el INDECOPI establece una anualidad de US\$ 67 aprox., a partir del 3° año después de presentada la patente.

<sup>60</sup> Sin embargo, este valor se reduce a aprox. US\$ 1050 para microempresarios y sociedades sin fines de lucros.

Sin embargo, la suma de factores como plazos, valores y otros temas relacionados como la desinformación sobre el tema, sin duda pueden afectar la aplicación de la propiedad intelectual en los países analizados, principales para los pequeños y medianos proveedores locales de bienes, insumos y servicios mineros de América Latina.

Estos tópicos deberían ser más fáciles de enfrentar por las grandes empresas proveedoras o empresas mineras. Por ejemplo, el Grupo México, a través de sus subsidiarias, tiene diversas marcas en México y en el extranjero, que amparan productos químicos, metales comunes y metales preciosos, respectivamente. De igual forma, la empresa, a través de IMMSA, Asarco y SPCC, cuenta con diversos registros en México, Estados Unidos, Perú y diversas partes del mundo de patentes e invenciones respecto a distintos procesos mineros. En la división ferroviaria se tienen registradas, marcas que corresponden a la identificación de las líneas ferroviarias que opera y a los servicios que presta. Las marcas registradas dan al Grupo México y a sus subsidiarias la oportunidad de vender productos de mayor valor agregado y con un mejor reconocimiento en los mercados de los metales en cuanto a su pureza y calidad<sup>61</sup>.

En el plano del fortalecimiento de esta materia, el informe del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad del Gobierno de Chile, entregado en febrero de 2006 y que se analiza en detalle más adelante, está proponiendo fortalecer la institucionalidad de apoyo a los derechos de propiedad industrial a través de la creación de un Instituto de Propiedad Industrial, como una entidad pública de funcionamiento descentralizado, que entregue capacitación al mundo de los innovadores sobre la utilización de las herramientas de la propiedad industrial para incorporarse a los mercados de la tecnología (patentamiento y licenciamiento de tecnologías), así como difundir las abundantes fuentes de información internacional sobre la materia.

Sin duda, este es un tema que tiene que ser estudiado en más detalle, que permita identificar áreas de interés para el sector minero, que permita por un lado una mayor inversión en I&D y por otro, un fortalecimiento de las capacidades para proteger los derechos de propiedad intelectual. Por ejemplo, es necesario saber qué tipo de conocimiento es susceptible o viable de ser patentado y qué otras formas de protección pueden utilizarse por los proveedores locales, así como generar programas de capacitación sobre solicitud de patentes en las oficinas nacionales e internacionales, asesorías en litigios de propiedad intelectual, entre otros temas de interés.

Además, de los indicadores científicos analizados anteriormente, que muestran la posición que ocupa el país dentro del contexto mundial, existen otras estadísticas como el gasto por investigador (US\$), gasto en I&D de las universidades, número de investigadores por cada 1.000 empleados en una empresa, entre otras, que no serán analizadas en este documento, y a continuación se describirán otras aristas del quehacer científico nacional aplicado específicamente al sector minero, dejando al lector la invitación a revisar con más detalle esta información en las referencias indicadas en las Tablas 4.2 a 4.7.

---

<sup>61</sup> Fuente: Informe Anual 2004, Grupo México, [www.gmexico.com.mx](http://www.gmexico.com.mx)



## 4.2 Políticas de I&D para el Sector Minero

Una primera aproximación para analizar el desarrollo tecnológico en minería, podría ser a través de la participación del gasto (en %) que se realiza en algunos sectores económicos, donde el sector minero pueda estar incluido, considerando que no existen estadísticas disponibles que muestren el gasto específico de I&D en minería.

La Tabla 4.8 muestra que la situación que viven algunas áreas ligadas al desarrollo del sector minero, dentro de la distribución de recursos, es relativamente baja respecto a otras actividades, sobre todo considerando que la actividad minera juega un papel preponderante dentro del desarrollo de estos países, y seguirá haciéndolo en las próximas décadas.

**Tabla 4.8. Participación (%) del Gasto en I&D en Áreas relacionadas a la Minería**

Áreas relacionadas con el sector minero	Chile		Brasil		Perú		México	
	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003
Exploración de la tierra	13,5	2,5	2,5	1,0	1,9	N.D.	3,7	5,6
Tecnología industrial	6,2	2,7	5,3	1,5	29,0 (*)	N.D.	8,9	5,4

Fuente: RICYT (2003)

Nota. N. D.: no disponible; (\*) dato puntual debido a un fuerte aumento en la inversión minera para ese año.

En este sentido, se debe hacer que esta actividad se transforme en una locomotora que integre y potencie el sector económico no sólo de la minería, sino de todas aquellas actividades suplementarias que giran en torno a tal actividad, generando una red de proveedores que satisfagan las necesidades a nivel del país, del continente y por último, a nivel mundial.

A continuación, se analizan los sistemas nacionales de ciencia y tecnología, así como algunas iniciativas públicas para el desarrollo científico y tecnológico, con énfasis en el sector minero para los cuatro países de América Latina.

### 4.2.1 Ministerio de ciencia y tecnología de Brasil

El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) es el órgano responsable a nivel del Gobierno Federal para definir las políticas nacionales de investigación científica y tecnológica. Las directrices del MCT contemplan inversiones para promover la sustitución competitiva de importaciones en áreas estratégicas y en las fronteras del conocimiento, aplicación de programas de perfeccionamiento de recursos humanos para la ciencia, desarrollo y difusión de tecnologías que contribuyan a la generación de empleo, inclusión social y combate del hambre.

Sus prioridades de acción se han definido a partir de 4 ejes estratégicos: una nueva política industrial, tecnológica y de comercio exterior; los objetivos estratégicos nacionales, la inclusión social, y el desarrollo de ciencia básica, con especial énfasis en la formación y capacitación de recursos humanos. El primer eje, tiene como puntos más relevantes la Ley de innovación y los programas específicos para las áreas de software y servicios, de semiconductores y de electrónica, de fármacos y medicamentos, y de bienes de capital, entre ellos los del sector minero. Los objetivos de la Ley de Innovación son: incentivar la interacción de las universidades e institutos con las empresas, estimular la participación de los institutos de I&D en el proceso de innovación y crear mecanismos de subvención e incentivos fiscales para la innovación en las empresas.

El desarrollo de la ciencia básica, se realiza a través del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FNDCT), mientras FINEP (Agencia Brasileña de Innovación) es la

principal institución del ámbito federal responsable del financiamiento de la ciencia y tecnología en el país, y como articulador de los actores esenciales del proceso: empresas, universidades, institutos tecnológicos, centros de investigación y otras instituciones públicas y privadas, a través de 14 fondos sectoriales que existen desde 1999, entre ellos el fondo sectorial CT-Mineral. Cada fondo es coordinado por un comité gestor, que reúne a representantes del sector productivo, académico, y de diversas instancias de gobierno. Además, se han creado programas transversales, con recursos de varios fondos.

Por su parte, el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) estimula la formación de recursos humanos. Con más de 53 años de experiencia, el CNPQ ha formado más de 26.000 doctores y 81.000 profesionales con maestrías.

El Instituto Nacional de Tecnología (INT), fundado en 1921 con el nombre de Estación de Minerales y Combustibles, fue la primera institución de investigación tecnológica pública federal de Brasil. Concentra sus actividades en las áreas de la química industrial, tecnología de materiales, ingeniería industrial, energía, medio ambiente e información y prospección tecnológica.

En el ámbito minero, juega un rol clave el Centro de Tecnología Mineral (CETEM) ligado al MCT, fundado en el año 1978, y cuya misión es la investigación, adaptación y difusión de tecnologías en las áreas minero – metalúrgico, de materiales y de medioambiente. Cuenta con 15 laboratorios, 3 plantas pilotos, una biblioteca especializada, y un equipo técnico de más de 245 colaboradores, siendo 65 investigadores, la mayoría con doctorados. El centro ha realizado más de 720 proyectos tecnológicos y ha prestado más de 100 servicios a la comunidad y al sector público y privado de Brasil<sup>62</sup>.

Según Arruda (2005), en base a indicadores internacionales<sup>63</sup>, el país está perdiendo competitividad en el ámbito del desarrollo científico y tecnológico, principalmente debido a su baja inversión y a la escasa participación del sector privado en innovación tecnológica, por lo cual es necesario fomentar fuentes alternativas de financiamiento, tales como: aportes directos, medidas fiscales indirectas (subsidios), medidas de capital de riesgo (capital semilla, incubadoras) y medidas de garantía. En este sentido, Arruda (2005) señala que existe un desafío con el objetivo de definir metas nacionales para aumentar la inversión, y la colaboración pública – privada, así como definir estrategias de financiamiento que consideren el apoyo a:

- ✓ La atracción de empresas multinacionales enfocadas en la I&D del país.
- ✓ Empresas operando en el país con inversiones en I&D.
- ✓ Centros de investigación y desarrollo
- ✓ Pequeñas empresas de base tecnológica, y
- ✓ Desarrollo de nuevas empresas de base tecnológica.

#### **4.2.1.1 Situación del sector minero**

Un estudio de Pinto y Chieregati (2002), señaló las siguientes consideraciones sobre el sector minero, algunas de las cuales se mantienen actualmente:

- ✓ Todas las instituciones de enseñanza e investigación han atravesado por sucesivas crisis financieras.
- ✓ La estructura de las empresas de ingeniería, que durante los años 60 y 80 fue una reserva de competencia tecnológica y de conocimiento brasileño está desmantelada. Por ejemplo, Paulo Abib Engenharia, la más tradicional de todas fue cerrada. Las demás funcionan con equipos reducidos, recurriendo siempre a terceros, lo cual

<sup>62</sup> Más detalles en: <http://www.cetem.gov.br/>

<sup>63</sup> IMD World Competitiveness Yearbook; WEF The Global Competitiveness Report, entre otros.

significa profesionales autónomos, frecuentemente trabajando en casa y sin control de calidad de su producción.

- ✓ Existe un desempleo o sub-empleo muy grande en el sector, afectando principalmente a profesionales de 50 años o más.
- ✓ Existe un exceso de mano de obra disponible en el mercado, especialmente de geólogos y químicos (bachilleres), aunque actualmente, se observa en el país un gran crecimiento de inversiones en minería que, no sólo está ocupando a esos profesionales sino que la demanda que genera está comenzando a superar la oferta de mano de obra especializada (geólogos, ingenieros, químicos).
- ✓ La principal fuente de sustento de las instituciones de investigación han sido los recursos del CNPq, Capes, PADCT y de fundaciones estatales de apoyo a la investigación, por lo tanto la investigación se ha enfocado a escribir artículos científicos para su posterior publicación, en vez de generar desarrollo tecnológico.
- ✓ Muchos centros de investigación se reestructuraron y constituyeron equipos a partir de proyectos para temas específicos por una vida limitada.
- ✓ De lo anterior, muchos equipos de trabajo se disolvieron y ahora existe exceso de equipamiento o equipamiento ocioso en un gran número de instituciones. Actualmente, debido a los nuevos proyectos mineros, en el caso de la minería, están volviendo a ser utilizados y, nuevamente, la demanda supera la oferta para servicios de caracterización y procesos de tratamiento de minerales<sup>64</sup>.

Finalmente, el estudio señala que existe una discusión sobre qué es más importante para el país: ingeniería o ciencias de ingeniería. Al respecto, existen grupos que hacen investigación pura desvinculada de la realidad industrial o de los intereses nacionales y grupos que sólo se dedican a la solución de problemas industriales reales, realizando poca investigación básica, y que está totalmente enfocado en los problemas encontrados en la actividad industrial. Por lo tanto, existe un antagonismo entre estos dos propósitos, que disputan los mismos recursos escasos.

En el caso específico de la producción de bauxita en el Estado de Pará, un estudio de (Batista, 2001) encontró que las principales etapas de la cadena de aluminio, aunque tengan una importante y fuerte relación proveedor/cliente, poco o nada se benefician de esa relación en términos de aprendizaje<sup>65</sup>, y que las empresas de CVRD localizadas en este Estado tienden a beneficiarse de interacciones con empresas internacionales para la generación y difusión de conocimiento específicos e innovación, con las cuales son socias, o también son productoras de aluminio en Brasil o en el exterior, así como proveedoras de bienes e insumos mineros.

Sin embargo, el mismo estudio señala que hay dos grandes áreas que deben ser generadoras de externalidades positivas locales e involucrar políticas dentro de los ámbitos estatales y municipales. La primera se refiere a una política de educación y entrenamiento de personal, y la segunda a políticas de protección del medio ambiente.

Otro tema de interés a desarrollar en Brasil, y que ha venido discutiéndose en la región de Mato Grosso es la cultura de practicar el “comercio exterior”, con el objetivo de facilitar la inserción de las medianas, pequeñas y micro empresas en el comercio internacional. Por ejemplo, según Carvalho Melo (2005) es común encontrar en las ciudades del interior de los países vecinos a Mato Grosso (Bolivia; Paraguay, Argentina, entre otros), cámaras de comercio exterior, situación que no ocurre en

---

<sup>64</sup> De acuerdo a conversaciones en CETEM, este centro tiene 3 plantas piloto distribuidas por Brasil y en los próximos meses serán 7, cosa inédita en este centro (todo eso con equipos reacondicionados). El problema es que no hay gente para trabajar, así que empresas grandes están haciendo ensayos de caracterización en el extranjero, por ejemplo en Canadá, porque en el país no hay capacidad para la actual demanda (la situación en 2002 era exactamente como describen Pinto y Chierigati).

<sup>65</sup> La razón fundamental está en el hecho que los procesos de producción de cada etapa se caracterizan por bases técnicas totalmente distintas.

Brasil, a excepción de la región sureste de la costa atlántica brasileña y con raras excepciones en otros Estados brasileños.

En este sentido, el gobierno de Brasil ha considerado como una de sus prioridades la inserción de la ciencia, desarrollo tecnológico e innovación en micros y pequeñas empresas de la minería, principalmente del sector de rocas y minerales industriales organizadas en APL (Arreglos Productivos Locales) y la formalización de la producción mineral en rocas ornamentales y de revestimiento, minerales para cerámica, agregados para construcción civil, gemas y joyas. Este programa es analizado en detalle en el Capítulo 5

#### **4.2.2 Hacia un nuevo enfoque nacional de innovación en Perú**

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), creado el año 1981<sup>66</sup>, ha tenido la responsabilidad de promover y liderar el desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en Perú.

Sin embargo, en los últimos años, la promoción de la (CTI) se ha fundado sobre un conjunto de normas regulatorias, pero no en una política integral asociada con un plan de desarrollo y en un consenso nacional básico, lo cual ha generado las siguientes falencias (CONCYTEC, 2005):

- ✓ Débil formación de redes e instancias regionales de CTI<sup>67</sup>.
- ✓ Líneas de crédito, públicas y privadas, insuficientes y orientadas por una política promotora desde los organismos pertinentes del Estado.
- ✓ Falta de un mercado nacional de capitales para el desarrollo de empresas de base tecnológica.
- ✓ Insuficiencia de capacidades humanas<sup>68</sup>.
- ✓ Falta de infraestructura y equipamiento.
- ✓ Insuficientes servicios de certificación de calidad y metrología en las empresas y organismos del estado (fundamentales para una economía orientada hacia la exportación)
- ✓ Insuficiente marco legal para el desarrollo de la infraestructura de laboratorios y talleres para la CTI.
- ✓ La transferencia de tecnología es incorrectamente entendida por una parte del empresariado peruano como limitada a la adquisición de equipamiento y procesos desarrollados en otros países, con poca valoración del esfuerzo innovador nacional<sup>69</sup>.
- ✓ Escasa interacción entre las empresas y los proveedores nacionales de servicios de CTI, por lo que la demanda de aquéllas, viene siendo satisfecha por empresas proveedoras extranjeras.
- ✓ Los Centros de Innovación Tecnológica (CITEs) no han logrado aun el impacto esperado, debido a limitaciones en la institucionalidad nacional asociada.
- ✓ Limitado aprovechamiento del potencial de cooperación internacional<sup>70</sup>.

---

<sup>66</sup> El CONCYTEC reemplazó al Consejo Nacional de Investigaciones (CONI) creado en 1968.

<sup>67</sup> Aunque con las limitaciones propias de esta condición, el CONCYTEC ha promovido la formación de instancias de coordinación regional de CTI en doce regiones del Perú.

<sup>68</sup> Se estima en un número no mayor a 1.000, los investigadores peruanos activos y calificados internacionalmente, con títulos de doctor, en todos los campos de la CyT, tanto en el país como en el extranjero. Un 40% de estos investigadores trabaja fuera del país y muchos de ellos lideran investigaciones en países más desarrollados.

<sup>69</sup> Se estima que sólo un 10% de las empresas invierte en servicios técnicos, licencias tecnológicas, marcas de comercio, metrología, normalización y control de calidad. En cuanto a la transferencia tecnológica, la actividad de incubación de empresas de base tecnológica es reciente. Las principales incubadoras son las de INICTEL, la PUCP y la UDEP, las que están agrupadas en la Asociación Peruana de Incubadoras de Empresas (PERUINCUBA), de reciente formación.

<sup>70</sup> Cabe destacar que, en los últimos años, la Agencia Peruana de Cooperación Internacional, APCI, ha tenido una presencia notable como intermediadora de las relaciones internacionales de cooperación en CTI de los organismos del SINACYT. Finalmente, las múltiples posibilidades de cooperación internacional están siendo potenciadas, y podrán estarlo aun más, con la participación de los investigadores peruanos en el exterior, quienes son socios estratégicos para ese fin.

- ✓ Un gran número de programas de ciencias básicas, no cuentan con la debida fortaleza académica y de infraestructura.
- ✓ Los productos de la investigación en ciencias sociales no se encuentran debidamente incorporados en los planes de gobierno ni en los programas de desarrollo<sup>71</sup>.
- ✓ Las actividades de I&D y de servicios técnicos de los institutos públicos de investigación están mal articuladas con la demanda del sector productivo, a pesar de que destinan el 92% de su gasto total a actividades de ciencia y tecnología (ACT) en el ámbito de la prestación de servicios científicos y tecnológicos (SCT)<sup>72</sup>.

Considerando lo anterior y como una manera de mejorar sus índices de ciencia, desarrollo e innovación tecnológica, en junio del 2002, CONCYTEC elaboró el Plan Nacional de Emergencia en Apoyo de la Ciencia, Tecnología e Innovación, contando con el apoyo de diversos sectores del gobierno, empresa privada, universidades, instituciones científicas y colegios profesionales. Este plan fue más tarde modificado, como se describe a continuación:

#### **4.2.2.1 Plan nacional de ciencia, tecnología e innovación (PNCTI)**

En marzo del año 2003, CONCYTEC formó una comisión para formular un Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) con una proyección temporal mayor a la del Plan de Emergencia. Se preparó también una propuesta de una nueva ley de CTI que, con algunas modificaciones del Congreso de la República, se aprobó en julio del 2004 (Ley 28303). Esta ley incorporó enfoques modernos y dio preeminencia a la vinculación entre la academia, la empresa, el Estado y la sociedad en su conjunto para responder de manera directa a las exigencias del desarrollo económico, social y cultural de Perú.

La Ley 28.303, mandató al Ejecutivo para la elaboración y presentación de otras dos propuestas: la Ley de Adecuación del CONCYTEC y la Ley de Incentivos, Promoción de la Inversión, Exoneraciones y Régimen Tributario Especial para las Actividades de CTI; así como la formulación de un proyecto piloto de *Parques Tecnológicos*<sup>73</sup>.

El 16 de Junio del 2005 y teniendo en cuenta la necesidad y el mandato legal de formular el primer PNCTI con proyección de largo plazo, el CONCYTEC aprobó la conformación de un Grupo de Gestión, encargado de integrar los avances logrados hasta esa fecha en la formulación del Plan y someterlos a consulta y validación con la participación de diferentes actores involucrados en el tema.

El 28 de octubre de 2005, el Comité Directivo del CONCYTEC, revisó y aprobó el "Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano 2006-2021"<sup>74</sup>.

<sup>71</sup> Uno de los indicadores más comúnmente utilizados sobre la producción científica de un país es el número de publicaciones de resultados de investigación en revistas internacionales indizadas. En el 2003, se registraron 423 publicaciones de autores peruanos en el SCI (Science Citation Index) y 252 en Pascal. La información de RICYT expresa un interesante crecimiento de publicaciones científicas peruana en el periodo 2000-2003. Sin embargo, continúa siendo una muy pequeña contribución a los avances mundiales.

<sup>72</sup> Los SCT provistos por estos institutos representan, en conjunto, el 60% del gasto nacional en SCT. De nueve institutos públicos de investigación estudiados en el 2003, tres daban algún tipo de apoyo técnico a servicios públicos, cuatro daban apoyo técnico a funciones regulatorias y seis promovían el cambio técnico en la economía, aunque con mucha dificultad. Por su parte, sólo tres universidades han establecido, aunque con escasos resultados, servicios de apoyo tecnológico para las empresas.

<sup>73</sup> A ello se suma la obligación de articular el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, PNCTI, con otros planes estratégicos como el Plan de Competitividad, los Planes de los Gobiernos Regionales, los planes de desarrollo social y los de sostenibilidad ambiental.

<sup>74</sup> El documento fue elaborado mediante un proceso con actividades de análisis de información, consulta a expertos nacionales e internacionales y consulta y validación con instituciones vinculadas con la CTI en el Perú.

El 04 de noviembre de 2005 el documento del PNCTI fue remitido a la Presidencia del Consejo de Ministros y al Ministerio de Educación, el día 17 de Enero de 2006 fue publicado en el diario oficial de Perú<sup>75</sup>.

El PNCTI 2006 – 2021 se ejecutará sobre la base de los siguientes principios rectores: Enfoque de demanda sociales y económicas, nacionales y regionales y desarrollo humano integral; vinculación academia – empresa; ventajas comparativas existentes y alcanzar competitividad y liderazgo en plazos razonables, y sustentabilidad ambiental

Los criterios para establecer prioridades de desarrollo científico y tecnológico para el Perú son: impacto económico, social y ambiental; ventajas comparativas; condiciones institucionales favorables; e importancia estratégica del sector. Sobre la base de estos criterios se han identificado un conjunto de sectores productivos, sociales y ambientales prioritarios y sus rubros más destacados, hacia los cuales deben orientarse mayores esfuerzos de CTI.

Entre ellos se encuentra el sector de la minería y metalurgia, que incluye los siguientes tópicos: minerales no metálicos, nano-materiales, recuperación de metales a partir de relaves y escorias antiguas, metalurgia extractiva de metales estratégicos, desarrollo de tecnología avanzada de fundición y refinación, materiales compuestos.

Considerando que los productos mineros y metalúrgicos peruanos constituyen más del 50% de las exportaciones nacionales, pero sin embargo, dados sus reducidos encadenamientos productivos y sus escasos requerimientos de mano de obra, representa el 6.6% del PBI nacional, se propuso trabajar en las siguientes líneas de investigación<sup>76</sup>:

- ✓ Desarrollo de nuevos materiales industriales.
- ✓ Gestión de residuos de la actividad minera, particularmente de los relaves.
- ✓ Caracterización y aprovechamiento económico de metales estratégicos (Cd, Mo, As, Sb, Bi, In, Ga, Ge, Pd, TI, entre otros)
- ✓ Introducción de tecnologías avanzadas de fundición y refinamiento.

Otro sector productivo estratégico definido fue el energético, principalmente en los siguientes líneas de investigación: tecnologías de gas natural, bio-combustibles (biodiesel, alcoholes, dendrotermia), hidroenergía, eficiencia energética.

En el PNCTI 2006 – 2021 se han planteado las siguientes metas generales de largo plazo<sup>77</sup>:

- ✓ Situar al Perú en el tercio superior del ranking mundial del Índice Tecnológico -IT del Foro Económico Mundial.
- ✓ Incrementar el número de empresas innovadoras a nivel nacional a una tasa promedio no menor a 10% anual.
- ✓ Incrementar la participación de las exportaciones de bienes y servicios de alta y media tecnología en las exportaciones totales a 10% en el año 2015 y a 15% en el año 2021.
- ✓ Incrementar la inversión nacional en Investigación y Desarrollo (I+D), a por lo menos el 0,5% del PBI en el año 2015 y a 0,7% en el año 2021.
- ✓ Incrementar el número de alianzas estratégicas entre centros de investigación y empresas, llegando a triplicar dicho número al año 2015 y a quintuplicarlo en el 2021.
- ✓ Incrementar el número de profesionales con postgrado que se desempeñan en el país en las áreas prioritarias de CTI, llegando a triplicar dicho número en el año 2015 y a quintuplicarlo en el 2021.

<sup>75</sup> Más detalles en: <http://ap.concytec.gob.pe/planctei/archivo/PNCTIDecretoSupremo.pdf>

<sup>76</sup> INEI (2004) "Compendio Estadístico 2004", p.503

<sup>77</sup> Estos indicadores y metas, así como su línea de base, deberán ser refinados en la medida que se cuenten con nuevos estudios como el análisis de los resultados de la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ENCYT) 2005.

- ✓ Incrementar el número de artículos científicos anuales en revistas indexadas, por cada 100.000 habitantes, hasta 3,8 en el año 2015 y a 5,2 en el año 2021.
- ✓ Incrementar el coeficiente de invención nacional a 1,0 por cada 100.000 habitantes en el año 2015 y a 1,5 por cada 100.000 habitantes en el 2021.

Para la ejecución del PNCTI 2006<sup>78</sup>, cada una de las instituciones que participaron en el proceso de formulación del PNCTI 2006-2021 y otras que se han venido incorporando, recibieron una matriz para identificar las actividades, proyectos y programas que realizarían durante el 2006, los resultados esperados al cierre del 2006 para cada una de las actividades, proyectos o programas, las metas financieras, la especificación sobre la forma en que estas actividades se vinculan o dan cumplimiento a los criterios rectores del PNCTI, entre otra información.

Sobre la base de los aportes de cada institución, el CONCYTEC está formulando un documento base, identificando un conjunto de actividades prioritarias para el 2006, tomando como base los principios rectores y las prioridades que establece el plan. Esta propuesta será luego concertada con todos los actores con el objeto de perfeccionarla y validarla. Se espera que en Abril 2006, se apruebe este plan anual.

En materia de financiamiento de la CTI, se han creado dos instrumentos:

- ✓ El Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, FONDECYT, como una unidad de ejecución presupuestal del CONCYTEC, encargada de captar, gestionar, administrar y canalizar recursos de fuente nacional y extranjera, y
- ✓ El *Programa de Ciencia y Tecnología* con un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo y una contrapartida del Tesoro Público peruano, prevista para el año 2006. El monto total de este Programa es de US\$ 36 millones (préstamo de US\$ 25 millones del BID) y está destinado a financiar proyectos de innovación, investigación y capacitación que contribuyan a elevar la competitividad del país, sobre la base de la asociatividad entre empresas y centros de investigación<sup>79</sup>, como se detalla a continuación.

#### **4.2.2.2 Programa de ciencia y tecnología – BID / Gobierno Peruano**

El Estado peruano, a través de un consorcio conformado por el CONCYTEC, la Presidencia del Consejo de Ministros, el Ministerio de la Producción y el Ministerio de Economía y Finanzas, ha formulado un Estudio de Factibilidad para el establecimiento del "*Programa de Ciencia y Tecnología en el Perú*", con el objetivo de mejorar los niveles de competitividad del país a través del fortalecimiento de las capacidades de investigación y de innovación tecnológica.

La fase preparatoria del Programa, realizada entre los años 2002 y 2004, fue financiada por el Fondo Especial Japonés que administra el BID, y condujo a la realización de un conjunto de estudios claves para establecer tanto el diagnóstico del sistema nacional de innovación en el Perú, como los criterios para el diseño detallado del Programa<sup>80</sup>.

Sobre el Sistema Nacional de Innovación de Perú, se realizó un diagnóstico similar a aquel planteado por CONCYTEC anteriormente<sup>81</sup>, aunque además se encontraron debilidades, algunas de ellas severas, en el desempeño de las instituciones responsables de implementar casi todas las funciones del sistema peruano de

<sup>78</sup> Más detalles en: <http://ap.concytec.gob.pe/planctei/consulta.htm>; <http://www.concytec.gob.pe/planctei/>

<sup>79</sup> Más detalles del programa Perú – BID sobre Ciencia y Tecnología.

<http://www.concytec.gob.pe/ProgramaCyT/FONCYC/>

<sup>80</sup> Estos estudios pueden ser consultados en: <http://www.concytec.gob.pe/ProgramaCyT/FONCYC/>

<sup>81</sup> Donde destacan: Bajo gasto en I&D: 0,2% del PBI en la última década, reducido número de patentes, publicaciones, postgraduados; sistema de Innovación fragmentado y sin interrelaciones; falta de confianza entre los distintos actores; no hay políticas explícitas integradas para el apoyo a la ciencia y tecnología; las empresas no consideran a la innovación como una actividad prioritaria, y la infraestructura y la institucionalidad tecnológica es débil.

innovación. El problema más significativo en el sistema peruano es la debilidad de las vinculaciones entre socios en diferentes sectores y la ausencia de vinculaciones dentro de los sectores. Las únicas excepciones alentadoras a este hallazgo general radican en la reciente creación de una Red de Centros de Innovación Tecnológica (Red de CITEs) y en la iniciativa del CONCYTEC de crear Foros de Innovación Tecnológica y Descentralización en las regiones del Perú, fuera de Lima (Mullin, 2002).

Esta desarticulación también se ve en la formulación de políticas. Por ejemplo, no hay una política general de transferencia de tecnología y se tienen políticas sectoriales que lo único que hacen es promover la importación de equipos, pero no hay una guía para indicar que tipo de tecnología sería preferible importar o si se debe promover el licenciamiento, entre otros. En el Anexo IV.1, se muestran las principales observaciones del estudio al Sistema Nacional de Innovación de Perú.

Lo anterior también se traspasa al sector de geología y minería. En el contexto del mismo programa, se realizó un estudio que indicó los siguientes problemas existentes en ciencia y tecnología para el sector minero Artega (2003)<sup>82</sup>:

- ✓ Deficiencia en la homogeneidad de la información básica sobre la realidad del área de Geología y Minería. Los datos están dispersos, atomizados y falta la articulación de los sistemas de información de las diferentes entidades públicas y privadas. Esto es más notorio en algunas universidades, donde hay ausencia de base de datos organizada y sistematizada.
- ✓ Poca atención y prioridad por parte del Estado y del sector privado sobre el rol que cumple la investigación científica y tecnológica en el desarrollo nacional.
- ✓ Falta intensificar la coordinación e intercambio de información en materia de cooperación técnica internacional (CTI) para ciencia y tecnología.
- ✓ Falta de financiamiento y otras opciones para dar relieve a las actividades científicas y tecnológicas en el sector geología y minería.

Como fortalezas se destacan los recursos humanos capacitados que se tienen, los recursos naturales que se disponen, la enorme biodiversidad en su entorno, y la tradición e historia minera. Otra de las fortalezas de la investigación científica en el Perú, radica en que a pesar de la falta de apoyo económico, existen docentes y estudiantes de postgrado que con sus propios recursos, se agencian para llevar a cabo sus investigaciones tanto en la experimentación, como en la práctica; pero éstos son pocos casos.

En Perú, hay 9 entidades ligadas al sector minero, ocho son entidades universitarias y uno es instituto (INGEMMET)<sup>83</sup>, algunas de las cuales cuentan con la infraestructura básica y un mínimo de recursos humanos calificados que permiten desarrollar trabajos de investigación, prestación de servicios y actividades de proyección social acerca de las áreas de geología y minería. Sin embargo precisan de modernizar, repotenciar y ampliar sus equipos y laboratorios. Cabe señalar que INGEMMET es financiado en su totalidad por el Estado al recibir el 10% de todo el ingreso procedente de los derechos de minería colocados por el gobierno.

---

<sup>82</sup> El Programa desarrolló otros estudios en las siguientes áreas: Matemáticas-Física-Química, Ingenierías y Ciencias de los Materiales; Ciencias Biológicas, Ciencias Agrarias, TICs y Ciencias Sociales; Ciencias Hidrobiológicas, Ciencias Ambientales, Ciencias Geológicas y Minería.

<sup>83</sup> Estas entidades son: Unidad de Post Grado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM); Unidad de Investigación (UI) de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM); Facultad de Geología, Geofísica y Minas (FGGM) de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA); Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET); Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica (IIFIGMM) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI); Sección Ingeniería de Minas de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP); Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG) de Tacna; Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) de Huancayo-Junín; Escuela de Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC) de Cerro de Pasco.



En resumen, el informe concluye que el Gobierno del Perú debe adoptar tres objetivos estratégicos para el Préstamo BID/Perú propuesto. Dichos objetivos deben ser:

- ✓ La promoción de vinculaciones y flujos de conocimiento entre y dentro de los sectores de la economía peruana;
- ✓ La generación de confianza entre los múltiples socios en el sistema peruano de innovación; y
- ✓ La creación de un eficiente mercado para los servicios tecnológicos, incluyendo los servicios financieros, para apoyar la actividad innovadora en el sector privado.

El informe ofrece opciones para los nuevos instrumentos de política que podrían incluirse en un préstamo BID/Perú. Las opciones son: a) Financiamiento de proyectos de innovación tecnológica en empresas; b) Financiamiento de proyectos de ciencia y tecnología en universidades y centros de investigación; c) Fortalecimiento de las capacidades de ciencia y tecnología; y d) Fortalecimiento del Sistema de Innovación Nacional. En el Anexo IV.1 se muestra en detalle las opciones para cada componente propuesto.

Respecto al sector minero, el estudio señala que el estado y nivel de desarrollo del área científica en el campo de la geología y minería es bastante desarrollado en las empresas de la gran minería, y medianamente desarrollado en las empresas de mediana minería, por lo cual recomienda que el Programa Perú-BID de Ciencia y Tecnología, en lo posible tenga mayor énfasis en los estratos de la mediana y pequeña minería, y propone los siguientes resultados en el mediano plazo:

- ✓ Disponer de un eficiente sistema de información en geociencias que maximice la utilización de los conocimientos de geología, de los recursos minerales, tecnología de extracción, y la geología medioambiental, que contribuyan al desarrollo socio-económico del país.
- ✓ Disponer de las cartas geológicas del territorio nacional con alto grado de detalle científico.
- ✓ Fomento efectivo de las inversiones en minería mediante la entrega oportuna de la información geo-científica sobre los recursos minerales del país y las áreas potenciales de exploración. Contribuir en este aspecto para que la prioridad la tengan la mediana y gran minería, que son los motores del crecimiento y desarrollo nacional.
- ✓ Disponer de la información suficiente de geociencias para el ordenamiento territorial en un entorno de desarrollo sostenible.
- ✓ Disponer de los recursos humanos y de la infraestructura de investigación de alto nivel que garantice la calidad de los resultados esperados.
- ✓ Contribuir a tener una pequeña minería y minería artesanal eficientes y no contaminantes.

También se proponen algunos temas o proyectos específicos de innovación, los cuales también están siendo incorporados en el PNCTI analizado anteriormente. La idea es tratar de incluir en los planes de Ciencia y Tecnología y de Competitividad lo relacionado con el Programa BID/Perú, para poder coordinar y no duplicar o plantear objetivos que se contrapongan.

El Programa de Ciencia y Tecnología es el primero que financiará el BID al Perú por un monto de US\$ 36 millones que incluye el préstamo BID (US\$ 25 millones) y la contrapartida nacional (US\$ 11 millones). La comunidad científica y empresarial debe organizarse para un aprovechamiento óptimo. El Gobierno del Perú apuesta a lograr excelentes resultados para gestionar un segundo préstamo y crear las condiciones para la sostenibilidad del Programa.

El Fondo Nacional para la Ciencia y la Competitividad, FONCYC, será constituido como una entidad autónoma de derecho privado sin fines de lucro y de interés público con la

finalidad de administrar los fondos del Programa de Ciencia y Tecnología, recibidos tanto del préstamo BID como del Estado peruano.

#### 4.2.3 Consejo nacional de ciencia y tecnología en México

El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de México (SNCT) está conformado por diferentes elementos de infraestructura institucional, recursos humanos para la investigación y el desarrollo, recursos del presupuesto, un marco legal y un organismo central de coordinación e instrumentación de las políticas correspondientes. El SNCT es un agregado de instituciones de los diversos sectores (público, federal y estatal, las comisiones de ciencia y tecnología del congreso, académico, privado, social y externo), pero no opera como sistema ya que prácticamente en todos los casos falta una adecuada institucionalización de las relaciones y flujos de información entre ellos.

CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)<sup>84</sup> es el organismo público que apoya a proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en México, creado en 1970, como un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, integrante del sector educativo, con personalidad jurídica y patrimonio propio. También es responsable de elaborar las políticas de ciencia y tecnología en México.

Desde su creación hasta 1999 se presentaron dos reformas y una ley para coordinar y promover el desarrollo científico y tecnológico y el 5 de junio del 2002 se promulgó una nueva Ley de Ciencia y Tecnología<sup>85</sup>, con metas y acciones concretas. Para el año 2006, destacan las siguientes:

- ✓ México participará activamente en la generación, adquisición y difusión del conocimiento a nivel internacional, tratando de alcanzar el 1% del producto interno bruto en ciencia y tecnología.
- ✓ Habrá aumentado considerablemente la cultura científica y tecnológica de los mexicanos, y se concretará un mayor número de casos de éxito en investigación y desarrollo tecnológico. El uso de la ciencia y la tecnología en los procesos productivos contribuirá gradualmente al crecimiento económico del país

Mientras para el año 2025, se proponen las siguientes metas:

- ✓ México invertirá más del 2% del PIB en actividades de investigación y desarrollo.
- ✓ Gracias al esfuerzo de todos, la economía mexicana será una de las diez más importantes del mundo.
- ✓ México se posicionará como uno de los 20 países más desarrollados en ciencia y tecnología.

Para lograr lo anterior, se propone trabajar en las siguientes tareas: Fomentar el desarrollo científico y tecnológico del país apoyando la investigación científica de calidad; Estimular la vinculación entre los procesos productivos y la academia; Promover la innovación tecnológica en las empresas; e Impulsar la formación de recursos humanos de alto nivel.

Las áreas que resultan estratégicas para la solución de los problemas más urgentes del país son: Las tecnologías de información y las comunicaciones; biotecnología; materiales avanzados; diseño y procesos de manufactura; infraestructura y desarrollo urbano y rural, incluyendo sus aspectos sociales y económicos.

---

<sup>84</sup> Más detalles en: <http://www.conacyt.mx/>

<sup>85</sup> Desde 1970 hasta 1979, el CONACYT dependió de la Presidencia de la República, en 1979, la institución fue sectorizada en la entonces Secretaría de Programación y Presupuesto, en el año 1992, el CONACYT fue nuevamente reubicado a la Secretaría de Educación Pública y finalmente en el año 2002, el Consejo regresó a la Presidencia de la República.

El Programa Especial de Ciencia y Tecnología (Pecyt) es el instrumento fundamental de planeación del Gobierno de la República en esta área, y su objetivo es integrar y coordinar el esfuerzo nacional para dar impulso a las actividades científicas y tecnológicas del país. Pecyt contribuye a que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal inviertan en ciencia y tecnología de una manera eficiente. Asimismo, integra el esfuerzo de los sectores productivo y público en la incorporación del desarrollo tecnológico a los procesos productivos de las empresas nacionales y en la formación de recursos humanos que los aparatos educativo y productivo requieren.

Actualmente, el país cuenta con 27 centros de investigación científica y tecnológica en áreas de las ciencias exactas y naturales, ciencias sociales y humanidades, y desarrollo tecnológico<sup>86</sup>.

Además, CONACYT es el encargado de los programas que otorgan becas para realizar estudios de postgrado en el país y en el extranjero, fomentando así la formación de científicos y tecnólogos del más alto nivel, asimismo mantiene programas de consolidación institucional y revistas científicas, que están encaminados hacia el desarrollo de investigación científica de calidad, a la formación de recursos humanos de alto nivel académico en todos los grados, así como a la consolidación de grupos interdisciplinarios de investigación, competitivos a nivel internacional, que promuevan el desarrollo científico nacional.

Otro cambio estructural de la nueva política es la constitución de los Fondos CONACYT, ya sea sectoriales, mixtos, y de cooperación internacional e institucionales, que permitirán coordinar esfuerzos con un efecto multiplicador en la generación del conocimiento, la innovación, el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos así como en el fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica que requiere el país.

Estos fondos están dirigidos a investigadores, académicos, tecnólogos, empresarios, universidades y centros de investigación que podrán acudir a las diferentes convocatorias para presentar propuestas que contribuyan a resolver problemas y necesidades de los sectores y Estados; que expandan el conocimiento en campos pertinentes a los mismos y/o que den origen a nuevas empresas de alto valor agregado a partir de conocimientos científicos y tecnológicos

Hasta la fecha hay 29 fondos mixtos, que son un instrumento de apoyo para el desarrollo científico y tecnológico estatal y municipal, a través de un Fideicomiso constituido con aportes del Gobierno del Estado o Municipio y el Gobierno Federal a través de CONACYT.

Por su parte, los Fondos Sectoriales suman 14 y son fideicomisos que las dependencias y las entidades de la Administración Pública Federal conjuntamente con el CONACYT pueden constituir para destinar recursos a la investigación científica y al desarrollo tecnológico en el ámbito sectorial correspondiente. Cabe señalar que actualmente, no hay un fondo sectorial ligado al sector minero, aunque existen el Fondo Sectorial de Ciencia y Tecnología para el desarrollo Económico, que es un fideicomiso creado entre la Secretaría de Economía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, especialmente para apoyar a las empresas micro, pequeñas y medianas

---

<sup>86</sup> En este ámbito destacan los siguientes centros: CIATEC, A.C.; el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), el Centro de Tecnología Avanzada (QIATEQ, A.C.), el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. (CIDETEQ), Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (COMIMSA), Fondo para el Desarrollo de Recursos Humanos (FIDERH), y el Fondo de Información y Documentación para la Industria (INFOTEC). Más detalles en: [www.conacyt.mx](http://www.conacyt.mx)

(MIPyMEs) y/o grandes que involucren a su cadena de proveedores MIPyMEs que buscan incrementar su nivel de competitividad a través del desarrollo de nuevos productos, procesos de manufactura, materiales o servicios.

#### **4.2.3.1 Incentivos fiscales**

Como una forma de potenciar los gastos y la inversión anual realizada por las empresas en proyectos realizados o en ejecución para desarrollar nuevos productos, procesos o servicios, México otorga un estímulo fiscal a los contribuyentes del impuesto sobre la renta por los proyectos en investigación y desarrollo tecnológico que realicen en el ejercicio, consistente en aplicar un crédito fiscal del 30%, contra el impuesto sobre la renta causado en la declaración del ejercicio en que se determine dicho crédito, en relación con los gastos e inversiones en investigación y desarrollo de tecnología<sup>87</sup>.

Para efectos de este estímulo fiscal, se considera como investigación y desarrollo de tecnología, los gastos e inversiones realizados en el territorio nacional, destinados directa y exclusivamente a la ejecución de proyectos propios del contribuyente que se encuentren dirigidos al desarrollo de productos, materiales o procesos de producción, que representen un avance científico o tecnológico.

#### **4.2.3.2 Análisis del sector minero**

En las últimas décadas, el modelo económico de México, se ha basado en la atracción de inversión y empresas extranjeras de alta tecnología y empresas maquiladoras, lo cual ha generado principalmente empleo, pero no ha permitido una vinculación y desarrollo de tecnología local.

Actualmente no existen programas específicos de C&T para el sector minero, ni vinculación con la CONACYT. Cabe señalar que a partir del año 1988 cuando se vendieron todas las empresas mineras estatales, salvo algunas productoras de sal, y cuando desde el año 1992 comienza a llegar la inversión extranjera, el Estado no ha tenido una participación muy importante en la actividad minera, y la Comisión de Fomento Minero, que realizaba además investigación, pasó a ser el Fideicomiso Minero, con una función similar a la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) en Chile, pero sin poderes de compra ni actividades productivas, por lo que actualmente esta entidad se dedica solamente a hacer préstamos a pequeños productores para programas de exploración en el territorio mexicano.

En el ámbito educativo, en un trabajo conjunto, la Secretaría de Economía (SE), la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Cámara Minera de México (CAMIMEX) y la Asociación de Universidades e Institutos de Educación Superior (ANUIES) han trabajado en el desarrollo de un Programa de Vinculación Academia - Empresa.

A partir de 2003, un grupo de trabajo de estas entidades ha trabajado en dos estrategias de corto plazo:

- ✓ Elaborar un diagnóstico de los egresados en Ciencias de la Tierra para establecer la situación actual de la oferta y demanda de éste tipo de profesionales, y proceder a su análisis en diversos foros y reuniones para buscar oportunidades de mejora tanto en el sector académico como empresarial, y
- ✓ Buscar que las universidades cuenten con recursos para apoyar a las pequeñas empresas en la preparación y evaluación de proyectos, sobretodo en aquellos

<sup>87</sup> Referencia: Artículo 219 de la Ley de Impuesto sobre la Renta de México.  
Más detalles en: <http://www.conacyt.mx/estimulos/presenta-Estimulo-Fiscal.pdf>

dedicados a la explotación y beneficio de minerales no metálicos y las rocas ornamentales.

Algunos resultados que entregó el diagnóstico sobre los estudios en ciencias de la tierra en México, señalan que (Dirección General de Promoción Minera, 2005):

- ✓ Las escuelas muestran un nivel de enseñanza que podría modificarse para adaptarse de manera más exitosa con las necesidades del sector minero-metalúrgico, por ejemplo, se podrían intensificar las prácticas de campo e incrementar el presupuesto para equipos e infraestructura.
- ✓ Si el profesorado no está plenamente identificado, actualizado e involucrado en el ámbito de su especialidad o materia que imparte, difícilmente podrá transmitir los conceptos básicos que se requieren. Esta situación existe, debido a que el profesorado no cuenta con apoyo para mantener un contacto directo con la empresa, que finalmente absorberá a los egresados de ciencias de la tierra.
- ✓ Las escuelas manejan un plan de estudios que cumple con los requerimientos de formación básica que un profesional debe tener, sin embargo, cuando éste aplica sus conocimientos, existen algunas limitaciones respecto a su experiencia en terreno.

El informe además señala que los problemas antes señalados deben de ser atendidos en el corto plazo, sin embargo, existen otros que deben ser abordados y buscarles soluciones que ocasionen un efecto multiplicador en su alcance y que posibiliten la realización de acciones alternas para apuntalar acciones concertadas, como en los casos siguientes:

- ✓ Mantener la continuidad en las políticas de gobierno, en particular aquellas que han dado resultados exitosos.
- ✓ Intensificar la planificación y programas conjuntos para la vinculación academia-empresa-gobierno.
- ✓ Existen limitaciones en el presupuesto para mejorar sistemas de información (programas) en el sector académico.
- ✓ Existe una falta de apoyos para consolidar la formación de profesionales de alto nivel educativo.
- ✓ Es necesario homologar planes de estudio en el sector académico, o que sean, especialistas en cada una de las profesiones en ciencias de la tierra.
- ✓ Falta de programas de desarrollo científico, tecnológico y en investigación.
- ✓ Falta de una cultura de calidad y liderazgo entre los egresados.
- ✓ Falta de profesionales con capacidad emprendedora.
- ✓ Falta de programas que estimulen a profesionales a estudiar niveles superiores o de postgrado.

Asimismo, el informe destaca algunas fortalezas, tales como:

- ✓ La educación en ciencias de la tierra tiene una tradición importante en México.
- ✓ Algunos de sus campos de acción tienen un significativo grado de madurez (petróleo, minería, construcción y geotecnia).
- ✓ Buen desarrollo científico y tecnológico en actividades de exploración y explotación.
- ✓ Son profesiones que gozan de prestigio por su grado de responsabilidad y capacidad técnica.
- ✓ Estas carreras han sido parte importante del desarrollo económico del país.

Como una forma de adecuarse a las nuevas exigencias del mercado minero, por ejemplo, la Facultad de Ingeniería de la UNAM luego de un proceso de consulta con los principales actores del sector, durante el año 2005 ha estado implantando un nuevo plan de estudios de ingeniería de minas y metalurgia de 10 semestres, que le permita mantener su excelencia y liderazgo académico en México<sup>88</sup>.

---

<sup>88</sup> Más detalles en: [www.ingenieria.unam.mx](http://www.ingenieria.unam.mx)

## 4.2.4 Desarrollo científico y productivo en Chile

### 4.2.4.1 Gestión de la ciencia y tecnología

En Chile, el sistema nacional de ciencia y tecnología, es coordinado y articulado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), creada en 1967 con la misión de asesorar al gobierno en esta materia.

Esta institución promueve y fortalece la investigación científica y tecnológica, la formación de recursos humanos, el desarrollo de áreas nuevas del conocimiento y de la innovación productiva, para lo cual administra, a nivel nacional, los recursos públicos destinados a estas materias, que actualmente alcanzan los US\$ 60 millones anuales comparados a los US\$ 30 millones en 1999.

Para el logro de sus objetivos, CONICYT cuenta con fondos y programas estables (FONDECYT, FONDAP, FONDEF, EXPLORA), así como programas para el fortalecimiento de la relación ciencia, tecnología, innovación y empresa, donde destacan la Iniciativa Genoma Chile y el “Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología: Hacia Una Economía Basada en el Conocimiento” a través del Convenio CONICYT - Banco Mundial, entre otros<sup>89</sup>. Algunos de estos fondos y programas son detallados en el Anexo IV.2.

En el año 2000, CONICYT implementó el Concurso Nacional de “Creación de Unidades Regionales de Desarrollo Científico y Tecnológico” que persigue encausar la investigación a los temas relevantes para el desarrollo de cada una de las regiones en que se insertan las instituciones de investigación<sup>90</sup>. En este sentido, el Gobierno Regional y CONICYT se comprometen a financiar, por partes iguales, desde \$ 1.000 hasta \$ 2.000 millones de pesos, aunque también se puede contar con el apoyo financiero de otras instituciones y entidades públicas y/o privadas, nacionales como internacionales.

Hasta la fecha se han creado varios centros en el país, y el sector minero cuenta con el “Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología en Procesos y Productos para la Minería”, ubicado en la II Región de Antofagasta, bajo el alero de las Universidades de Antofagasta y Católica del Norte, como se detalla en el Capítulo 5.

Por su parte, la Iniciativa Genoma Chile es un esfuerzo conjunto de CONICYT, los Ministerios de Economía, Agricultura y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)<sup>91</sup>, que se encuentra asociada al Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica del Gobierno de Chile del período 2001 - 2004, financiado en parte por un préstamo del BID, a través de tres de sus subprogramas: tecnologías de información, biotecnología en las áreas forestal, agropecuaria y acuícola, y tecnologías limpias. Esta iniciativa se creó con el propósito de incorporar al país, masiva y sistemáticamente, en el desarrollo mundial en genómica y bioinformática en áreas relevantes de la economía nacional. Esta iniciativa tiene dos componentes, el Programa Genoma en Recursos Naturales Renovables, y el Programa en Biominería.

El Programa de Biominería, se comenzó a implementar el año 2004, con el fin de abocarse al mejoramiento de procesos de lixiviación bacteriana de minerales y el desarrollo de nuevas tecnologías con soporte genómico y bioinformática en el ámbito de la minería.

<sup>89</sup> Más detalles en: <http://www.conicyt.cl/acerca-conicyt/acerca.html>

<sup>90</sup> Cabe señalar que la Región Metropolitana está excluida de esta iniciativa.

<sup>91</sup> Más detalles en: <http://www.conicyt.cl/genoma/>

La primera etapa de este programa se materializó con la firma de un convenio entre el Gobierno de Chile (Ministerio de Economía, CORFO y CONICYT) y la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), en la que se decide convocar a la constitución de un consorcio de inversionistas en el que participen empresas mineras y tecnológicas las que aporten recursos, capacidades en temas de investigación y desarrollo. En julio de 2002, CODELCO se une a Nippon Mining & Metal Co. Ltda., de Japón y entre ambas forman Biosigma S.A., empresa que se dedicará al desarrollo tecnológico en biominería, como se analiza más adelante.

Asimismo, CONICYT tiene un programa de Inserción de Personal Altamente Calificado en el Sector Productivo ("Inserción de Investigadores en la Empresa") que va en su tercera versión y ya hay cerca de 40 profesionales trabajando en I&D en empresas. CONICYT fija un salario bruto mínimo de \$ 1.200.000 pesos (aproximadamente US\$ 2.300), que para el primer año es financiado en un 80%, y el resto por la empresa que puede mejorar este salario. Para el segundo año, la contribución de CONICYT baja a un 50%, mientras para el tercer año y último año de apoyo es de 30%. Además, las empresas pueden pasar a ser una especie de "socios preferenciales" de la institución obtener recursos de apoyo a sus proyectos, así como para el programa de fomento al patentamiento que gestiona CONICYT. Lamentablemente, el sector minero no ha generado mucha demanda por este programa<sup>92</sup>.

### **Proyecto de Ley sobre Fomento a la Innovación para la Competitividad.**

En los últimos años, diferentes actores han debatido sobre la necesidad de consensuar urgentemente una estrategia nacional de innovación con metas al bicentenario<sup>93</sup>. Tanto en el empresariado, en las propias autoridades y representantes del sector privado se observa una gran convergencia hacia la importancia que tiene avanzar en innovación, sin embargo, esto tiene que traducirse en una estrategia, en un consenso nacional donde se avance hacia una economía, cuyo crecimiento esté basado en el conocimiento. Este es un tema crucial para el futuro de Chile y no menor, porque implica cambios institucionales y tiene que buscarse un adecuado equilibrio entre lo que se hace en materia de ciencia, de tecnología y de innovación".

Para lo anterior, en junio de 2005 se promulgó la Ley 20.026 que estableció un Impuesto Específico a la actividad minera en Chile (5% de la utilidad operacional de productos mineros<sup>94</sup>). El pago de este gravamen comenzó a hacerse efectivo desde enero de 2006 y los fondos recaudados serán destinados a un fondo de innovación para la competitividad, de tal forma de poder incrementar el esfuerzo fiscal destinado al fortalecimiento de la capacidad innovadora del país.

En el proyecto de ley "Fomento a la Innovación para la Competitividad", se está proponiendo la creación de una institucionalidad que coordine y haga más eficientes los esfuerzos públicos en materia de innovación, que tendrá las siguientes funciones:

- ✓ Elaborar una Estrategia Nacional de Innovación para la Competitividad con un horizonte de largo plazo (12 años, revisada cada 4) enfocada a la ciencia, tecnología aplicada y formación de recursos humanos especializados, con base en la experiencia internacional.

<sup>92</sup> Presentación "Programas de Innovación de CONICYT", de Roberto Hojean, Director Ejecutivo de PBCT de CONICYT en seminario "Innovación Tecnológica en Minería", organizado por la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), 27 de abril de 2006, Santiago, Chile. [www.sonami.cl](http://www.sonami.cl)

<sup>93</sup> Ver algunos estudios en [www.expansiva.cl](http://www.expansiva.cl): a) "Siete iniciativas para promover la innovación en Chile", Grupo Innovación y Crecimiento Expansiva; Guillermo Larrain, Jorge Marshall y Andrea Repetto, 2004; b) "Innovación en Chile: ¿Dónde estamos?", Daniel Lederman y William F. Maloney, 2004; c) "Copiar no es malo: Competencia, adopción e innovación", Raphael Bergoeing y Andrea Repetto, 2004; d) "Economía del conocimiento para un crecimiento sostenido", Jorge Rodríguez C. y Marcelo Tokman R., 2005.

<sup>94</sup> Existe la posibilidad de acceder a una tasa de sólo 4% para las empresas que actualmente están operando en Chile, con algunas condiciones sobre entrega de información y no tener invariabilidad tributaria bajo el Decreto Ley 600.

- ✓ Asignar los actuales fondos de innovación más los recursos provenientes de la aplicación de la ley 20.026.
- ✓ Hacer orientaciones para que las instituciones públicas fomenten la innovación, entre otros.

Para lo anterior, se creará un consejo público-privado —participativo y de alto nivel— que construya tal estrategia y vele y rinda cuentas por el cumplimiento de la misma, el cual estará compuesto por 9 miembros (Ministerio de Hacienda, Economía, Educación, CORFO, CONICYT, más 4 expertos en el tema).

A este respecto, el Presidente de la República, durante el año 2005, convocó a un consejo transitorio de expertos que esbozó los primeros lineamientos de la estrategia de innovación, a la espera de la institucionalidad definitiva, que se tramita en el Congreso de la República<sup>95</sup>.

En febrero de 2006, este consejo entregó los resultados de su trabajo<sup>96</sup>, y una serie de propuestas estratégicas de mayor significación para el Sistema Nacional de Innovación (SIN) de Chile, donde destacan:

- ✓ Fortalecer el SIN a través de la formación de un Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, de carácter público y privado, como órgano asesor del Presidente de la República, junto a CORFO y CONICYT como las entidades ejecutoras.
- ✓ Se consagra un principio de selectividad en las políticas.
- ✓ Desarrollo de una cultura nacional del emprendimiento y la innovación tecnológica a partir del sistema escolar hasta culminar en la universidad y el postgrado.
- ✓ Creación de capacidades para la innovación: transferencia tecnológica, entre otras.
- ✓ Despertar masivo de la empresa privada a la conciencia de la necesidad de innovar.
- ✓ Promoción de la innovación empresarial en torno a: fortalecimiento de clusters con ventajas comparativas actuales o el desarrollo de nuevos clusters; incremento de la productividad de las pequeñas y medianas empresas; impulso a la emergencia de nuevas empresas intensivas en innovación tecnológica; y establecimiento en Chile de unidades de investigación, desarrollo o provisión de servicios intensivos en tecnología de empresas multinacionales.
- ✓ La necesidad de que el sector privado cuente con incentivos adecuados.
- ✓ Desarrollo de redes que vinculen a las empresas con el mundo científico y las universidades de un modo más fluido y sistemático, tanto en el plano nacional como en relación al exterior.
- ✓ Fortalecer los institutos tecnológicos públicos.
- ✓ Aumento y preponderancia progresiva de la investigación con objetivos claros, impulsada desde la demanda, o sea desde las empresas, en conjunto con el apoyo a investigadores individuales o centros de excelencia para sus propias iniciativas.
- ✓ Fortalecimiento de competencias básicas hoy débiles (inglés, matemáticas, ciencias, capacidad lectora) y de un sistema de certificación de competencias laborales.
- ✓ Aumento decisivo en el número de ingenieros y científicos involucrados en labores de I&D y en el personal de gestión de la innovación a nivel de la empresa.
- ✓ Aumento significativo de los recursos nacionales destinados a la innovación para la competitividad.

<sup>95</sup> Conforman el Consejo Nacional de Innovación los ministros de Hacienda, Economía y Educación, el vicepresidente de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), el presidente de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), el director general de la Fundación Chile, y el ex Ministro Secretario General del Gobierno José Joaquín Brunner. En representación del mundo privado, están el presidente de la Sociedad de Fomento Fabril, y el ex presidente de la Confederación de la Producción y el Comercio, Juan Claro. Preside el Consejo el senador institucional Edgardo Boeninger.

<sup>96</sup> Informe Final “Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad”, Asesor del Presidente de la República de Chile”, ver documento en: [www.minecon.cl](http://www.minecon.cl)



Asimismo, señala que es necesario potenciar los actuales subsidios directos, acelerar la tramitación del proyecto de reforma al mercado de capitales, especialmente respecto a los fondos de capital semilla y de riesgo y los aportes minoritarios de capital de CORFO. Además es necesario analizar la aplicación de incentivos tributarios bien diseñados, para evitar tanto la elusión tributaria como la captura por intereses particulares.

Se espera que para este año sea aprobada la ley que crea la nueva institucionalidad que coordinará los esfuerzos públicos en materia de innovación en el país.

#### 4.2.4.2 Desarrollo productivo

CORFO, creada en 1939, es el organismo del Estado chileno encargado de promover el desarrollo productivo nacional. Con esfuerzos públicos y privados articulados, CORFO complementa la operación de los mercados a través del fomento al mejoramiento de la gestión, la asociatividad, la innovación, la formación de capital, la prospección y creación de nuevos negocios. Sus principales áreas de acción son:

- **Calidad y Productividad:** Por medio de instrumentos de fomento, CORFO aporta recursos a las empresas, fundamentalmente a las pequeñas y medianas, para:
  - El Mejoramiento de la gestión empresarial: fomento a la calidad y proyectos de preinversión (medioambiente, riego, etc.)
  - Fortalecimiento de Alianzas Empresariales: proyectos asociativos de fomento y programa de desarrollo de proveedores, y programas Especiales como el Programa Territorial Integrado (PTI), que se detalla en el Capítulo 5<sup>97</sup>.
- **Innovación:** financiamiento a la actividad conjunta de centros tecnológicos y empresas, en áreas de impacto estratégico e interés público. Innovación en productos y procesos, con equipamiento tecnológico de primera calidad y adquisición de conocimientos a través de misiones al exterior y la contratación de expertos internacionales. Asimismo, se fomenta la creación de nuevas empresas, entregando capital semilla y financiamiento para incubadoras de negocios.

Innova Chile es el Comité de Innovación de CORFO<sup>98</sup>, que opera a través de cuatro áreas instrumentales o de negocio, cada una de las cuales dispone de instrumentos o líneas de financiamiento:

- Innovación Pre-competitiva y de Interés Público
- Innovación Empresarial
- Difusión y Transferencia Tecnológica
- Emprendimiento

Asimismo, Innova Chile cuenta con tres áreas transversales para el fomento de la innovación: biotecnología, industria alimenticia y tecnologías de la información y comunicación (TIC).

- ✓ **Financiamiento:** Para aumentar la competitividad del sistema productivo, CORFO contribuye al acceso de las empresas a las fuentes de financiamiento, en condiciones especiales de plazos, costos y garantías.
- ✓ **Promoción de Inversiones:** facilita la instalación en las regiones de Chile de proyectos de inversión de empresas extranjeras y nacionales, a través del Programa de Promoción y Atracción de Inversión a Regiones (TodoChile), mediante la entrega de información completa y actualizada sobre oportunidades de negocios en cada zona del país, y diversos servicios e incentivos durante todo su proceso de evaluación, instalación y materialización de inversiones. Además, CORFO, en conjunto con el

<sup>97</sup> En este programa, destaca el PTI: Cluster Minero de Antofagasta, que busca consolidar un complejo productivo industrial y de servicios en torno a la minería de la zona, de manera que la región disponga de una industria proveedora de bienes y servicios eficientes, con tecnología, y capaz de enfrentar el mercado internacional.

<sup>98</sup> Innova Chile es una fusión de los fondos FONTEC y FDI de CORFO. Ver: [www.corfo.cl](http://www.corfo.cl)

Comité de Inversiones Extranjeras (CIE) desarrollo un programa de atracción de inversiones de alta tecnología (HighTech Chile).

A mediados de 2002 comenzaron a percibirse los logros del programa High Tech Chile, ya que las empresas extranjeras que han invertido en proyectos con componente tecnológico incluyen a Motorola, que inauguró su segundo centro de desarrollo de software en Valparaíso (V región de Chile); el conglomerado financiero español Santander Central Hispano, que estableció en Santiago un Centro de Servicios Tecnológicos Compartidos para América Latina; Delta AirLines y Air France, con sus centros de llamados para las regiones de América Latina y América del Sur respectivamente; y Citigroup, que está implementando un centro de desarrollo de software. Actualmente, se está ideando un programa que permita la instalación de empresas en los sectores productivos tradicionales de la economía chilena, como son la minería, pesca y forestal.

#### 4.2.4.3 Una mirada a la gestión del sector minero

En los últimos años, diferentes instituciones del sector público y privado han realizado estudios<sup>99</sup> y esfuerzos para diagnosticar y generar recomendaciones para fortalecer los encadenamientos productivos en torno a la minería, con énfasis en la situación del desarrollo científico y tecnológico.

Los estudios indicados, coincidieron con el siguiente diagnóstico del desarrollo de la I&D en el sector minero:

- ✓ Proyectos desvinculados de las necesidades de la industria con excesiva proporción de recursos en ciencia básica, tendencia a relación clientelista con investigadores, y dispersión de esfuerzos.
- ✓ Escaso interés y posibilidades de participación de mineras extranjeras en iniciativas locales.
- ✓ Baja integración de Chile en redes de investigación minera en el exterior.
- ✓ Empresas mineras concentran su actividad de investigación e innovación en países de origen con escasa interlocución con filiales chilenas sobre temas de innovación.

Asimismo, estos estudios indicaron que existían desafíos y oportunidades que el sector debía aprovechar, destacando:

- ✓ El país cuenta con suficiente capacidad instalada de laboratorios y 11 universidades que enseñan geología, minería y metalurgia.
- ✓ Alto potencial para aprovechar oportunidades de desarrollo tecnológico de la minería chilena, debido a las nuevas inversiones mineras en la próxima década, como se mostró en el capítulo anterior.
- ✓ Recursos deben ampliarse preferentemente a empresas de servicios tecnológicos con capacidad para desarrollar innovaciones.
- ✓ Esfuerzos debieran además orientarse al desarrollo de fondos de capital semilla y de riesgo, y
- ✓ Se requiere política de largo plazo, una agenda consensuada con la industria, una nueva modalidad de trabajo y mayores recursos financieros.

Se estima que del total de inversión en I&D que realiza el país, cerca de US\$ 50 millones se destinan al sector minero. Este monto incluiría lo destinado anualmente por las agencias del Estado, como son CONICYT y CORFO (US\$ 6 millones promedio anual), más lo invertido por la empresa estatal Codelco Chile (US\$ 22 millones en el año 2004).

Específicamente no hay fondo sectorial para proyectos de la minería, aunque cabe señalar que en el año 1996, se constituyó el *Fondo de Investigaciones Mineras (FIM)*,

<sup>99</sup> Destacan los estudios de COCHILCO (Álvarez, y otros (2000); Pérez (2002); y Valenzuela (2003); CEPAL: Buitelaar (2002); Consejo Minero: Lima y Meller (2003); Cámara Chilena de la Construcción: Bande y Silva (2003); y Ministerio de Minería (2004).

administrado por el Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM)<sup>100</sup> y con aportes de capital desde las empresas mineras, a través de la Internacional Copper Association (ICA). Los recursos del Fondo eran asignados a través de licitaciones de proyectos, y dejó de funcionar, por falta de financiamiento.

### **Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM<sup>101</sup>)**

El CIMM fue creado en 1970 como una corporación privada, con el aporte de las principales empresas y organismos del sector minero, contando además con la cooperación internacional para suplir las necesidades de laboratorios adecuados en materia minera a objeto de constituirse como un centro de investigación. A partir de 1988 dejó de recibir financiamiento estatal, por lo que debió autofinanciarse. Por lo mismo, en 1993 redefinió su esquema, evolucionando del concepto de ser un "Centro" hacia la constitución de una "empresa tecnológica", en el marco de una alianza entre el Estado y las empresas, capaz de brindar servicios para hacer frente al fuerte crecimiento que ha experimentado este sector, y desarrollar simultáneamente actividades de investigación e innovación tecnológica de interés estatal, con una visión de largo plazo.

Para ello formó una alianza estratégica con CODELCO, e impulsó el programa de investigación CIMM-CODELCO, el que aportó cerca del 60% de los recursos totales gastados en investigación en el centro en los '90 (cerca de US\$ 43 millones). Paralelamente, en esa fecha se formó una gran capacidad de servicios tecnológicos minero metalúrgicos, ambientales, y de análisis químico y mineralógico. Esta capacidad de servicios se cobijó en 1996 bajo una Sociedad Anónima, conocida como CIMM Tecnología y Servicios, o CIMM T&S, y forma parte del Holding CIMM.

En 1998, CODELCO formó un Instituto de Investigación propio, el IM2, retirándose de esta forma del CIMM, y llevándose consigo al equipo de investigadores que trabajaba en el convenio, mientras otros emigraron a las empresas mineras privadas que se instalaron en el país.

Desde esta fecha, la gran mayoría de las investigaciones del grupo se centran en la generación de información científica confiable para la toma de decisiones respecto de las regulaciones del cobre y los metales por sus efectos en el medio ambiente, que incluyen infraestructura para estudios ecotoxicológicos de los metales en aguas, suelos y sedimentos.

Por otra parte, y en el ámbito de la innovación, el CIMM desarrolló el "Programa Nacional de Educación, Investigación e Innovación en Minería y el Establecimiento de una Comunidad de Intereses para el Desarrollo de la Educación, Investigación e Innovación Minera y Metalúrgica", que creó una Comunidad de Intereses conformada por 28 entidades, entre universidades, organismos estatales de investigación y gobiernos sectoriales, y utilizando una plataforma virtual que permita mantener informados a todos aquellos visitantes virtuales que deseen interiorizarse de los temas relativos a la minería chilena<sup>102</sup>. Junto a lo anterior, los integrantes de la Comunidad de Intereses, poseen beneficios tales como seminarios en línea vía Internet, participación en foros, en discusiones, y el acceso a documentos privados relativos al Programa

---

<sup>100</sup> El "Programa de Innovación Tecnológica (PIT)", nace en 1992 cuando los Ministerios de Economía, CORFO y Educación (CONICYT) iniciaron el "Programa de Ciencia y Tecnología" con apoyo financiero del Banco Interamericano del Desarrollo (BID) durante el período de 1992-95, y cuya misión principal fue impulsar el desarrollo de la innovación tecnológica en el sector productivo nacional, orientado a conformar un Sistema Nacional de Innovación, con una presencia significativa del sector privado y con un sector público modernizado.

<sup>101</sup> Más detalles en: [www.cimm.cl](http://www.cimm.cl)

<sup>102</sup> Más detalles en: [www.innovacionminera.cl](http://www.innovacionminera.cl)

Nacional y respecto del mundo minero nacional, dependiendo de su participación en la Comunidad.

### **Política Minera para el Bicentenario**

El Ministerio de Minería también ha estado preocupado de cómo mejorar los indicadores de C&T en el sector, y en este sentido, entre los años 2004 y 2005 llevó a cabo un proceso de elaboración y consulta del documento “Política Minera para el Bicentenario”<sup>103</sup>.

Esta propuesta tiene como uno de sus ejes programáticos principales, el fortalecimiento de los encadenamientos productivos en torno a la minería, para hacerla más competitiva, lo cual permitirá seguir desarrollando empresas proveedoras nacionales con un mayor aporte tecnológico al alero del gran dinamismo que ha experimentado la industria minera nacional. Se estima que durante el actual gobierno, se puedan implementar algunas de las acciones de esta política, y que plantea los siguientes puntos para el desarrollo científico y tecnológico en minería:

- ✓ Generar los incentivos para incrementar la inversión en ciencia y tecnología e impulsar un desarrollo innovador del sector.
- ✓ Vincular las líneas investigativas y de innovación con las ventajas comparativas de nuestro mercado de recursos minerales y las necesidades de la industria minera para desarrollar encadenamientos productivos en torno a ella.
- ✓ Potenciar los centros de investigación y estimular el acceso a conocimientos a través de un incremento en las becas de estudio hacia centros de investigación minera de clase mundial.
- ✓ Fortalecer el desarrollo de líneas de investigación e innovación que sustenten una capacidad exportadora de conocimiento y tecnología, en un ambiente de cooperación y coordinación público-privado.
- ✓ Eliminar las trabas para acceder a créditos y recursos públicos sujetos a concurso en materia de ciencia, tecnología e innovación.
- ✓ Buscar y facilitar la entrada a mercados internacionales de la industria nacional, en especial de la pequeña y mediana industria, como forma de acceder al conocimiento de ciencia y tecnología utilizada en otros países para incrementar el desarrollo de este sector.

La Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), federación gremial que agrupa a los empresarios mineros privados de la Pequeña, Mediana y Gran Minería en Chile organizó en octubre de 2005 el seminario “Minería Chilena: Oportunidades y Desafíos” y en base a las presentaciones y comentarios en el evento preparó el documento Diagnóstico y Políticas sobre el sector titulado “Fundamentos para el Desarrollo Minero de Chile”, y donde destaca que uno de los aspectos fundamentales es mejorar la coordinación entre la industria minera y el sector educacional y el científico – académico para fortalecer la formación de capital humano, la investigación, el desarrollo e innovación, de modo que permitan sustentar la competitividad del sector minero<sup>104</sup>. Por su parte, el Consejo Minero, que reúne a las grandes empresas productoras de cobre, oro y plata, públicas y privadas de capitales nacionales y extranjeros en Chile, ha planteado que la minería chilena tiene desafíos, más aún, cuando otros países productores emergen en el horizonte, donde destacan: mantener su liderazgo mundial; incrementar la exploración; asegurar la existencia de mayores reservas; descubrir otras posibilidades para el uso de los metales y fomentar nuevos mercados<sup>105</sup>.

<sup>103</sup> Ver documento en: <http://www.minmineria.cl/img/Polminerbicentenario.pdf>

<sup>104</sup> Ver documento en: <http://www.sonami.cl/pdf/SonamiFUND2%20feb.pdf>

<sup>105</sup> Ver Discurso de su presidente en Inauguración Exponor 2005, [www.consejominero.cl](http://www.consejominero.cl)

### 4.3 Desarrollo Tecnológico en Minería

Para conservar una industria minera viable, se requiere darle celeridad a la investigación y aplicación de nuevas herramientas tecnológicas que permitan desafiar los problemas operacionales de dicha industria. En este sentido, a continuación se analizan algunas áreas que han presentado un desarrollo tecnológico revelante y que son importantes para los países analizados de América Latina.

Por ejemplo, la exploración ha tenido un desarrollo tecnológico importante. Actualmente, la gran mayoría de los yacimientos mineros explotados en el mundo se están acercando al final de su vida económica, como consecuencia de la disminución de las leyes de los minerales y por efecto del aumento de la dureza de las rocas. Por otra parte, estos yacimientos fueron descubiertos en áreas donde la mineralización afloraba hacia la superficie, condición que hacia mucho más expedita la exploración, sin embargo esta situación se ha visto complicada en estos tiempos, puesto que los nuevos yacimientos del futuro se encuentran a una profundidad mayor de lo habitual, lo que dificulta su detección. Esta etapa del negocio minero puede ser relevante para los científicos y proveedores locales, ya que hay desde servicios altamente calificados de fotografía satelital, manejo de base de datos de información geológica hasta servicios de laboratorio, entre otros, que se suman a las posibilidades de transferencia de experiencias internacionales (por ejemplo, Canadá y Australia) en algunos rubros de la exploración, que junto al manejo de sistemas de levantamiento de financiamiento pueden generar posibilidades de negocios. Más aún, considerando que los países analizados de América Latina reciben una parte de los presupuestos de exploración a nivel mundial.

Por otra parte, la región es la principal fuente de suministro de cobre en el mundo, ya sea desde operaciones de concentración de minerales o SX-EW (extracción por solventes y electro-obtención), donde tiene ventajas comparativas y algunas operaciones locales han sido promotoras y usuarias pioneras de tecnologías en la industria del cobre.

Finalmente en esta sección, se entregan las estrategias de algunas compañías mineras locales que operan en América Latina, y se analizan las líneas de investigación que tienen las principales compañías mineras operando en la región, que pueda servir de insumo para los investigadores locales para vislumbrar oportunidades de colaboración en I&D.

#### 4.3.1 Exploración minera

En el campo de las exploraciones mineras, diversas empresas del sector y organismos del ámbito público y privado han incursionado a través de nuevas aplicaciones tecnológicas en las áreas de prospección geofísica (gravitacional, gravitacional - gradiométrico, magnético, electromagnéticos, radiométrico) y geoquímica (biogeoquímica, hidrogeoquímica).

La exploración geofísica y geoquímica han sido utilizadas desde hace varias décadas, en efecto en el caso de la geofísica, durante los 50, la empresa estadounidense Newmont fue la primera que desarrolló un sistema aerotransportador geofísico (electromagnético), denominado NEWTEM<sup>106</sup>. Sin embargo, en la actualidad los sistemas de exploración geofísica se han optimizados mediante la introducción de técnicas más eficientes y rápidas, donde destacan las siguientes:

---

<sup>106</sup> Más detalles en: <http://www.newmont.com/en/operations/exploration/technology/index.asp>

- ✓ **La teledetección espacial (remote sensing):** son técnicas para explorar depósitos minerales desde el espacio. Éstas se diferencian de acuerdo a la capacidad de resolución espectral que disponen. Ejemplo de estos son los satélites Landsat 7 TM, HYPERION y ASTER.
- ✓ **FALCON<sup>TM</sup>,** es un sistema aerotransportador gravitacional para examinar depósitos mineros y petrolíferos. El sistema se instala en un avión Cessna, y puede generar mapas de campos gravitacionales, llegando a identificar la geología de un sector hasta 100 m. Este sistema nace en la década de los 90 basado en desarrollos tecnológicos para el uso en submarinos Trident. Después de cinco años de trabajo, incluyendo la negociación del uso de la tecnología con la Marina de Guerra de los EEUU, comenzó a ser utilizado por BHP-Billiton para la búsqueda de depósitos de hierro, diamante, cobre, oro y otros metales básicos en Australia, América y Sudáfrica. En el presente BHP-Billiton continúa trabajando en el desarrollo digital de la tecnología y en un sistema aéreo a través de helicópteros<sup>107</sup>.
- ✓ **El CRC AMET (Cooperative Research Centre for Australian Mineral Exploration Technologies):** desarrolló una nueva generación de aerotransportadores electromagnéticos para ser aplicado en áreas donde la geografía impedía su acceso por tierra. La tecnología consiste en un transmisor de baja frecuencia montado sobre un avión que produce imágenes geológicas del terreno<sup>108</sup>.
- ✓ La compañía holandesa Fugro ha creado diversas técnicas de exploración geofísica utilizando aerotransportadores, tales son los casos de los aerotransportadores electromagnéticos HeliGEOTEM, MEGATEM, GEOTEM, entre otros y los magnéticos-gradiométricos HRAM, TRIAX, y MIDAS, así como radiométricos y gravitacional<sup>109</sup>.
- ✓ El OMET<sup>110</sup> (Ontario Mineral Exploration Technologies) ha trabajado en un sinnúmero de actividades relacionadas con exploración geofísica, algunas de estas son: Sistema AFMAG, sistema aerotransportador gravitacional gradiométrico Gedex, etc.
- ✓ Adicionalmente, otras técnicas geofísicas han sido aplicadas con gran éxito, entre las que sobresalen las tecnologías de perforaciones geofísicas (electromagnética, sísmica, gravitacional) utilizadas por el grupo de exploración de INCO.

En relación a las tecnologías de exploración geoquímica, durante la década de los 80 la compañía minera Newmont desarrolló la tecnología BLEG (Bulk Leach Extractable Gold) con el propósito de reconocer grandes prospectos de manera fácil y económica. En nuestros días, empresas como BHP-Billiton y organismos como el OMET, han logrado avances importantes en nuevos desarrollos en biogeoquímica e hidrogeoquímica.

En resumen, el software minero ha evolucionado considerablemente en las últimas tres décadas, identificando 5 grandes olas<sup>111</sup>:

- ✓ En la década de 1960, la tecnología de software permitió generar un modelo de los recursos mineros., usados para calcular estimaciones de tonelaje y ley.
- ✓ Durante la década de los 1970s la industria minera adoptó la emergente tecnología de modelamiento numérico de bloques en 3D, donde la industria minera aprovechó los análisis geoestadísticos para la generación de sus modelos de recursos y una mejor estimación de las reservas

<sup>107</sup> Más detalles en: <http://falcon.bhpbilliton.com/default.asp>

<sup>108</sup> Más detalles en: <http://www.crcamet.mq.edu.au/ResearchPrograms/Index.html>

<sup>109</sup> Más detalles en: <http://www.fugroairborne.com/about/technologies.html>

<sup>110</sup> Es una compañía administrada entre el Ontario Ministry of Northern Development & Mines (Ontario Geological Survey) y Laurentian University (Mineral Exploration Research Centre, MERC).

Más detalles en: <http://laurentian.ca/geology/omet/index.htm>

<sup>111</sup> Fuente: Stephen B. Cheeseman, P.Geo. *Gemcom Software International Inc.* paper "Integration – The Road to Increased Productivity."

- ✓ En los años 1980s, se introdujeron las técnicas para el modelamiento geométrico y visualización en 3D, entregando un mejor control sobre la creación de los modelos de bloques.
- ✓ A finales de los 1980s, la minería incorporó masivamente procesos computarizados de ingeniería para el diseño de minas, la optimización, la planificación y el manejo de flotas, mejorando así la productividad, situación que se mantiene hasta hoy, ya que la industria sólo han aplicado las TIC a actividades específicas, más que a todos los procesos.
- ✓ La próxima ola de tecnología está en camino y proveerá significativos incrementos de productividad, y ha sido bautizada como la ola de la integración, ya que la idea es que conecte el proceso de negocio minero completo. Esta concentración y socialización de información desde varias fuentes crea un conocimiento colectivo desde el cual proviene la sabiduría para mejorar las operaciones y la productividad de la empresa minera.

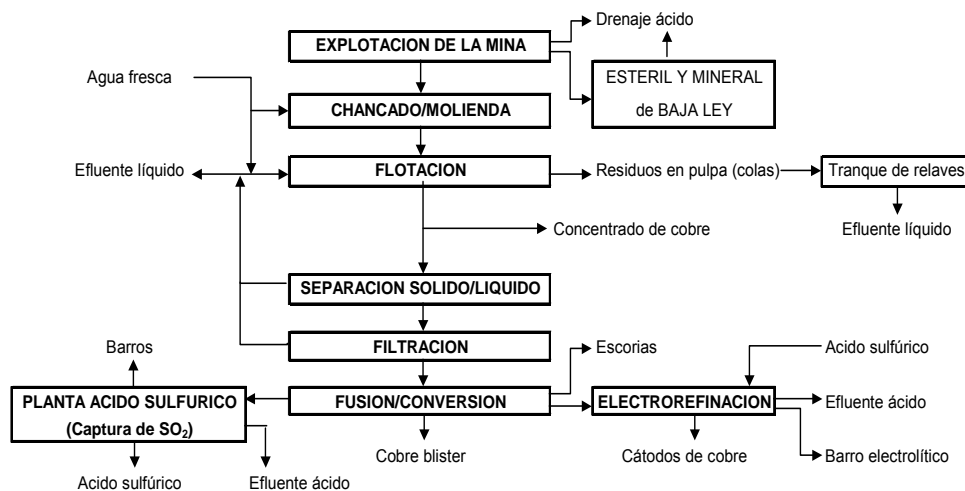
Así la industria de las TIC en minería, para el procesamiento de datos e imágenes de los yacimientos, ha crecido considerablemente en los últimos años, donde países como Australia y Canadá han invertido mucho dinero en el desarrollo de esta industria. En el capítulo siguiente se analiza más adelante las oportunidades de negocios que representa este sector.

#### 4.3.2 Evolución tecnológica en la industria del cobre

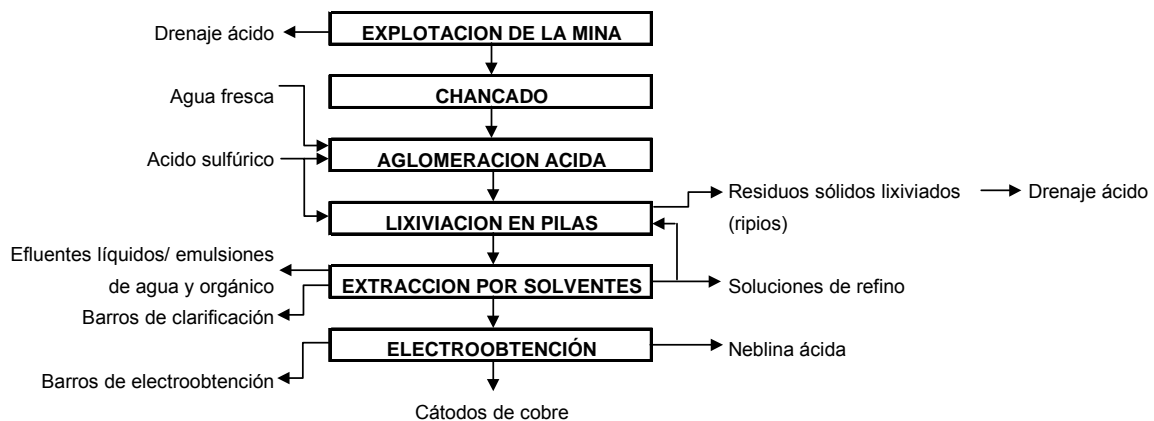
Después del cobre nativo, los yacimientos de minerales oxidados constituyeron la principal fuente de abastecimiento de cobre. Cuando empezó a crecer rápidamente la demanda a principios del siglo XIX, se empezaron a explotar los yacimientos de cobre sulfurado que son más abundantes, y que se encuentran por lo general debajo de la capa oxidada. A principios del Siglo XX, comenzó la explotación de los yacimientos porfíricos de cobre sulfurado, que son de mayor extensión aunque de menor ley. Más recientemente, desde finales de los años sesenta, es posible la explotación económica de minerales oxidados de muy baja ley, incluso de rípios y botaderos.

El paso de cada una de esas etapas a la otra permitió ampliar considerablemente las reservas, y fue posible gracias a la introducción y el dominio de nuevas tecnologías adaptadas al tipo de yacimiento que se quería explotar. Los avances tecnológicos en los procesos de obtención del cobre han aparecido cada vez que existió la necesidad de explotar yacimientos cupríferos de menores contenidos de cobre o más complejos químicamente. Las figuras 4.1 y 4.2 muestran en forma esquemática, las principales etapas para el tratamiento de minerales sulfurados y oxidados (Castro y otros, 1998), y que se analizan en detalle a continuación:

**Figura 4.1. Tecnologías para el tratamiento de minerales sulfurados de cobre**



**Figura 4.2. Tecnologías para el tratamiento de minerales oxidados de cobre**



#### 4.3.2.1 Exploración de yacimientos

En la etapa de exploración, el logro más significativo desde hace un buen tiempo, han sido las imágenes satelitales para focalizar las zonas a explorar, lo que hace posible actualmente localizar yacimientos y analizar extensas áreas sin mayor contacto con el terreno. Las nuevas tecnologías como la teledetección satelital permiten que los geólogos de exploración operen en sus gabinetes concentrándose en áreas específicas, estudiando sus características geológicas y manejando, con ayuda de la informática, innumerables variables que permiten una evaluación y dimensionamiento más precisos, reduciendo así el trabajo de campo. Este progreso técnico, que si bien no es específico de la industria del cobre, ha permitido disponer de información más certera y rápida a costos relativamente reducidos.

Un claro ejemplo del uso de estos progresos tecnológicos junto a otros factores relevantes como el potencial minero y político de un país - analizados en la sección anterior - pueden reflejarse en la estrategia de exploración e inversión de CVRD. La compañía realiza exploración en un mineral en particular considerando factores de demanda (mercado mundial > US\$ 1.000 millones por año, un mercado en crecimiento y bajo riesgo de sustitución) y oferta (concentrada en pocos actores, bajo nivel de reservas (< 50 años, y que exista una alta utilización de la capacidad productiva).

Con estos factores analizados, en los últimos años CVRD se concentró en la exploración de 15 minerales, donde destacan el hierro, manganeso, cobre y níquel. Hasta la fecha han detectado cerca de 30 blancos de Cu-Au en proyectos de exploración básica, para luego aplicar la siguiente estrategia de exploración:

- ✓ Concentrarse en grandes depósitos (llamados por ellos como “elefantes”)
- ✓ Buscar depósitos ya definidos para desarrollar proyectos satélites cerca de sus operaciones mineras.
- ✓ Evitar exploración básica en distritos maduros.
- ✓ Ser innovativos (nuevos métodos, modelos y tecnologías de exploración).
- ✓ Generación y priorización de un mercado global.
- ✓ Continuidad de esfuerzos e inversión.
- ✓ Mirar a otros productores con fortalezas complementarias, y
- ✓ Alta credibilidad con los gobiernos, inversionistas y comunidades locales.

En el año 2004, el gasto en exploración de la compañía alcanzó los US\$ 79 millones, con actividades en 11 países, aunque un 50% es gastado en Brasil, principalmente en el distrito de Carajás (Pará). En el caso de los commodities, el Cu y Au representan



cerca de un 22% del gasto total. Actualmente, CVRD tiene un valor de mercado superior a US\$ 50.000 millones<sup>112</sup>.

#### 4.3.2.2 Explotación minera

Los gastos de mina y procesamiento del mineral (perforación y tronadura, transporte, molienda, disposición final de ripios y residuos, etc.) constituyen la mayor componente de los costos directos de explotación de cualquier yacimiento. Es por esta razón que la calidad del recurso minero es extremadamente relevante, junto con el tamaño de las operaciones, lo cual permite importantes economías de escala.

La etapa de perforación es característica de cada método de explotación (rajo abierto o subterráneo), sin embargo en ambos el objetivo es el mismo, generar cavidades homogéneamente distribuidas en un macizo rocoso, que sean posibles de rellenar con explosivos para su posterior tronadura y fragmentación de la roca mediante el uso de explosivos. Por ejemplo, la mina a rajo abierto Lince de Minera Michilla S.A. tiene una exigencia de perforación de 800 m/día, y los principales insumos y equipos de esta etapa son detallados en el Anexo IV.3. En el caso de la mina subterránea El Teniente, el proceso de perforación y tronadura comienza una vez que los desarrollos de las galerías están realizados y la infraestructura de servicios está instalada (ver detalle de insumos y equipos en Anexo IV.3).

La planificación adecuada del equipo minero, variable de gran peso en el costo unitario final del producto, debe considerar no sólo el ciclo de vida de un equipo (para los camiones varía entre 5 y 7 años), sino también su vida útil económica, siendo muy posible que se produzcan oportunidades de cambio tecnológico previo a finalizar el ciclo de vida del equipo minero.

Dado el avance tecnológico a nivel mundial en los equipos mineros, los principales esfuerzos que se han realizado consisten en adquirir equipos preseleccionados en carácter de prueba para su posterior utilización generalizada. Este es el caso tanto de las empresas de la gran minería, donde lo normal ha sido el reemplazo de equipos de tamaño medio por equipos de última generación y de gran tamaño. En este sentido, las empresas mineras en general actúan como seguidoras del mercado (actitud conservadora) y no se perciben a sí mismas con capacidad suficiente como para desafiar la tecnología de equipos mineros disponible en el mercado con desarrollos propios.

Tanto en cantidad como en valor, los camiones figuran en primer lugar del parque de equipos en el área mina. El nuevo desafío técnico y de ingeniería consiste en construir y operar camiones con una capacidad de carga de 340 toneladas métricas, como promedio. Caterpillar, Unit Rig y Liebherr, son tres de las firmas que se encuentran en la etapa de diseño, fabricación y testeado de sus nuevos modelos “súper gigantes”, mientras que Komatsu tiene desde hace un año el camión más grande que existe en el mercado.

Por otra parte, dada la creciente complejidad de los equipos mineros (Por ejemplo, equipos con uno o dos computadoras a bordo correspondientes a la tecnología Vital Information Monitoring System), la tendencia ha sido que la mantención sea realizada por el proveedor del equipo. Por lo tanto, lo que realmente se adquiere son horas efectivas de disponibilidad de cada equipo. Esto, ha trasladado esfuerzos técnicos y de gestión que antes se requerían al interior de cada empresa a los proveedores de equipos mineros.

---

<sup>112</sup> Fuente: Seminario “Oportunidades de Inversiones en Brasil”, organizado por el Departamento Nacional de Producción Mineral (DNPM), feria minera PDAC 2005. Más información en: [www.cvrd.com.br](http://www.cvrd.com.br), e-mail: [rio@cvrd.com.br](mailto:rio@cvrd.com.br)

Las constantes mejoras tecnológicas en los equipos mineros benefician a todos los productores de cobre, donde cada método de explotación define su propio conjunto de equipos mineros, no así el tamaño de los mismos que hacen más competitivos aquellos yacimientos a rajo abierto de grandes dimensiones como es el caso de las minas Chuquicamata y Escondida.

En el Anexo IV.3 se muestran los principales insumos y equipos de extracción y transporte del complejo minero Escondida, que se compone de dos rajos, Escondida y Escondida Norte, que alimentan a dos plantas concentradoras y una planta de SX-EW. En el año 2004, Minera Escondida Limitada produjo 1.043.041 ton de concentrados y 151.117 ton de cátodos de cobre, además de oro, plata y molibdeno como sub-productos. Por su parte, la mina subterránea El Teniente extrae su mineral desde diferentes puntos de extracción, ocupando una gran cantidad de insumos y equipos, que se detallan en el mismo anexo.

Sin perjuicio de lo anterior, las principales modernizaciones que se han introducido al interior de las empresas mineras (aparte de la modernización de los equipos rodantes) ha sido el desarrollo de: técnicas computacionales de planificación y explotación minera; sistemas de chancado primario en mina (móviles o semimóviles); sistemas de traslado de mineral por correas transportadoras a las instalaciones fijas de chancado y molienda; sistema de control computarizado en el despacho de camiones y la optimización del costo explosivo – molienda (manejo de granulometría en la mina). Lo anterior, sobre la base de una tecnología minera dada que ha sobrevivido por más de 60 años.

Por ejemplo, la mina Escondida cuenta con cuatro chancadores primarios semimóviles marca Krupp de diferentes capacidades de procesos (3.000 a 8.000 ton/h), cada uno de ellos posee dos bahías de descarga de mineral que son alimentadas mediante camiones de extracción. Los chancadores reducen el mineral a un tamaño aproximado de 8" y alimentan al sistema de correas transportadoras, que llevan finalmente el mineral a la pila de almacenamiento que tiene una capacidad de 240.000 ton/día<sup>113</sup>.

En el caso de Minera Los Pelambres, el mineral es recogido por los equipos de extracción y transportado en camiones, que descargan al chancador primario donde las rocas son reducidas a un tamaño de 7" y enviadas por medio de una correa transportadora de mineral primario, hasta un acopio de 560.000 ton en el sector de la planta concentradora (Piuquenes). La correa, del tipo regenerativa, tiene una longitud de 12,8 km. (desnivel aproximado de 1.300 m), y atraviesa 11 km. de túneles. La aplicación de esta tecnología permite que el sistema produzca una regeneración de energía de 84 Gwh/año<sup>114</sup>.

#### **4.3.2.3 Procesamiento de minerales**

En términos generales la tecnología de procesos es una variable de segundo orden en relación a las ventajas comparativas que resultan de las leyes del mineral y de las economías de escala derivadas del tamaño de las faenas mineras, ya que cuando se calcula el valor del negocio minero, se estima que entre un 75% y 80% está dado por el valor del recurso en sí. Adicionalmente, la difusión de nuevas tecnologías e innovaciones en el área minera es extremadamente rápida, lo cual imposibilita el

---

<sup>113</sup> Fuente: "Minera Escondida Limitada: minas Escondida y Escondida Norte", en Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos, pp.237 – 252, [www.portalminero.com](http://www.portalminero.com)

<sup>114</sup> Fuente: "Minera Los Pelambres Limitada", en Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos, pp. 253 – 260, [www.portalminero.com](http://www.portalminero.com)

mantener una posición competitiva superior en base a una tecnología que puede ser única en un momento determinado.

En el campo de la molienda de minerales lo más importante ha sido el desarrollo del molino SAG de gran capacidad; que unido a molinos de bolas en un circuito cerrado, permite procesar importantes cantidades de mineral. Por ejemplo, Compañía Minera Antamina S.A: en Perú tiene una planta de molienda con un molino SAG de 38' marca FFE Minerals en circuito cerrado con 3 molinos de bolas de 24' x 36', y produce 330.000 ton/año de cobre fino. Por su parte, la planta Los Colorados de Minera Escondida en la II Región de Chile tiene una capacidad de tratamiento de mineral de 127.500 ton/día, y cuenta con dos molinos SAG de 28' (5.500 HP), un molino SAG de 36' (18.000 HP), 4 molinos de bolas de 18' (5.500 HP), 2 molinos de bolas de 20' (9.000 HP) y un molino de bolas de 26' (18.000 HP), además de los equipos accesorios como harneros vibratorios, chancadores de cono de cabeza corta, sistema de clasificación de hidrociclones, correas transportadoras de distintas dimensiones y bombas de impulsión de pulpa, entre otros.

La introducción del proceso de flotación como un método de concentración de los minerales sulfurados y de baja ley, permitió solucionar el problema de abastecimiento de la demanda de cobre en el Siglo XX, al posibilitar la explotación de los yacimientos de cobre porfíricos, de gran volumen de roca y de relativamente baja ley de mineral, anteriormente considerados antieconómicos<sup>115</sup>.

En una perspectiva histórica, las capacidades de las plantas de procesamiento de minerales han crecido desde 3.000 ton/día a más de 150.000 ton/día y el volumen de las celdas ha aumentado desde alrededor de 40 pie<sup>3</sup> hasta más de 5.600 pie<sup>3</sup>; mientras la configuración de circuitos se simplificó considerablemente. En clasificación, lo más importante ha sido la introducción de los hidrociclones en la década del '60. Otro hito importante lo representa la introducción de la tecnología de celdas en columnas, que ya alcanzan entre 11 y 14 metros de alto, y numerosos avances en el control automático, tales como el control de nivel y de aireación, los analizadores de leyes en línea con monitor en terreno, el empleo de cámaras de video con analizadores de imágenes para optimizar los flujos de evacuación de concentrados en celdas unitarias de gran volumen, entre otras. En el Anexo IV.3 se muestran los principales equipos e insumos de la planta concentradora de Minera Candelaria, ubicada en la III Región de Chile.

Otro hito de importancia ha sido la recuperación del subproducto molibdeno desde concentrados Cu-Mo, que se inició en Chile, en la mina El Teniente, a partir de 1939. Posteriormente se instalaron plantas en Chuquicamata, El Salvador, Andina, Disputada-Las Tórtolas, Los Pelambres, y últimamente Collahuasi, llegando el año 2004 a producirse 41.883 toneladas de molibdeno fino. En estas plantas se ha desarrollado una tecnología de separación Cu-Mo muy eficiente, tanto para la depresión de Cu como para la purificación de los concentrados finales de molibdenita, que contienen sobre 50% de Mo. Por ejemplo, en el año 2004 la planta de molibdeno de minera Los Pelambres produjo 7.853 ton métricas de concentrado con 52% de Mo, y sus principales insumos y equipos se detallan en el Anexo IV.3<sup>116</sup>.

---

<sup>115</sup> En el 2011 se cumplirán cien años desde que la planta concentradora de El Teniente, que inicialmente operó por concentración gravitacional, usara por primera vez la flotación como proceso emergente, iniciando la aplicación de esta tecnología en la minería del cobre chilena. Le seguirían en 1927 la operación de la planta de flotación de Potrerillos y, en 1952 la de Chuquicamata.

<sup>116</sup> Fuente: "Minera Los Pelambres: Planta Molibdeno", en Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos, pp. 258, [www.portalminero.com](http://www.portalminero.com)

#### 4.3.2.4 Procesos pirometalúrgicos

En el caso de los procesos de pirometalúrgicos, se destacan dos importantes avances tecnológicos. Uno consiste en el reemplazo en las fundiciones, de los hornos reverbero por hornos de fusión continua (flash smelting) o bath o baño fundido (reactor Teniente), que tienen la ventaja de reducir el consumo de combustible al aprovechar el calor producido por la oxidación del azufre y hierro contenido en los concentrados, y de reducir los niveles de emisión, al permitir captar eficientemente los gases de alta concentración de azufre<sup>117</sup>.

A mediados de 1900, casi toda la producción de cobre mundial se obtenía usando el horno de reverbero. Este proceso casi en desuso, consumía grandes cantidades de petróleo o carbón, que era en parte usado para reducir la humedad de los concentrados, sobre 10%.

Por otro lado, el alto consumo de energía eléctrica en los hornos eléctricos resistentes a la escoria determinó un escaso uso de esta tecnología. A modo de ejemplo, la fundición Harjavalta de Outokumpu que usaba esta tecnología podía consumir casi la mitad de la energía de la ciudad de Helsinki, en Finlandia. Debido a esto, Outokumpu se vio forzado a desarrollar una nueva tecnología de fundición llamada "flash" la cual fue implementada a principios de 1950. El horno flash fue el primero de muchos procesos de fundición flash en los cuales las partículas de concentrado seco son incorporadas en un flujo de gas y reaccionan en el aire.

Actualmente, la fundición de Harjavalta utiliza la tecnología de fusión flash desarrollada por Outokumpu que permite lograr una emisión relativa de 19 kg. SO<sub>2</sub>/ton Cu blister producido, una de las más bajas del mundo. Esto representa una fijación de azufre de cerca de un 90%. Existen alrededor de 40 hornos de este tipo instalados en el mundo.

En Chile, la fundición Chagres de Angloamerican tiene un horno de fusión flash Outokumpu de 19 m de largo x 5 de ancho, con una torre de reacción de 4,6 m de diámetro. Tiene una capacidad de fusión hasta un rango de las 80 ton/hr de concentrado seco. Algunos equipos e insumos necesarios para el funcionamiento de este horno se detallan en el Anexo IV.3.

Como se señalara anteriormente, el concentrado debe estar seco o tener una humedad residual, y por lo tanto, se somete a un proceso de secado para reducir el contenido de humedad, cercano al 10% a cerca de 0,2%. Esta función se lleva a cabo por medio de secadores cuya fuente de calor es el vapor producido en el proceso de enfriamiento de gases de las fundiciones. Fundición Chagres utiliza dos secadores a vapor, diseño Kvaerner de Noruega, con una capacidad de 65 ton/h de concentrado cada uno, mientras la fundición Ventanas de Codelco Chile utiliza un secador rotario Fuller con los siguientes consumos de insumos: Energía eléctrica, 6,9 KWh/ton seca concentrado y gas natural: 10,6 Nm<sup>3</sup>/ton seca concentrado fundido.

También hacia 1950, otras compañías también introdujeron mejoras tecnológicas. Así, International Nickel en Sudbury, Canadá, introdujo su propio proceso de fundición flash, denominado proceso de fundición de oxígeno Inco. En este caso, el ímpetu por usar oxígeno industrial en vez de aire venía de la necesidad de producir un gas de SO<sub>2</sub> que fuera adecuado para la producción de anhídrido sulfuroso líquido.

---

<sup>117</sup> Fuente: "Evolución de la Industria Mundial de Fundiciones y sus Perspectivas en Chile en el Período 2004 – 2012", en Mercado del Cobre y Desarrollo Sustentable en la Minería", recopilación de trabajos, editado por la Comisión Chilena del Cobre, 2006. Disponible en: <http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/164-205-265-fundiciones.pdf>

Por otra parte, en los 1970s se produjeron bastantes avances en el desarrollo de procesos basados en principios de fusión “bath” o de baño fundido. Los más exitosos fueron el reactor Noranda, con 4 instalaciones alrededor del mundo, y el convertidor de El Teniente, creado por Codelco y que produce “matas” de alta ley (68% a 75% de Cu). Ambos reactores se parecen al convertidor de cobre Pierce-Smith y actualmente representan cerca de 20% de la producción de cobre.

En Chile, la fundición Altornorte utiliza el reactor continuo Noranda de 5,3 m de diámetro por 26,4 m de largo implementado con 66 toberas de soplado de 2,5” de diámetro, y una capacidad de fusión de diseño de 820.000 TM secas de concentrado al año. Como insumo principal se tiene el oxígeno industrial el que es consumido por plantas administradas por terceros.

Por su parte, la fundición Ventanas de Codelco Chile, utiliza un convertidor Teniente (CT) con una capacidad de fusión de 420.000 ton/año de concentrado seco, donde los principales insumos son:

- ✓ Consumo fundentes: 78,0 kg/ton secas fundidas en CT
- ✓ Aire 90: 16,0 Knm<sup>3</sup>/ton secas fundidas en CT
- ✓ Oxígeno: 0,19 ton/ton secas fundidas en CT
- ✓ Agua industrial: 0,14 m<sup>3</sup>/ton secas fundidas en CT

El proceso de fundición más automatizado desarrollado en esos años fue el Mitsubishi, el cual produce cobre continuamente en tres hornos interconectados (fusión, convertidor y limpieza de escorias), y principalmente utilizado en Japón.

En los 80s, un número importante de procesos de fusión de alta intensidad fueron propuestos basándose en el uso de oxígeno puro en vez de aire enriquecido con oxígeno. Entre éstos, dos tuvieron éxito, el proceso Isa Smelt de Australia, el cual fue instalado recientemente en la fundición Ilo de Southern Perú; y el reactor Contop, que es un proceso flash de tipo ciclón que se desarrolló en Alemania.

Con la excepción del proceso Mitsubishi, todos los procesos de fundición bath y flash todavía usan los convertidores Pierce-Smith para convertir la mata de alta ley a cobre metálico o blister con una pureza sobre 99%. Este horno tiene las desventajas de la emisión de gases fugitivos durante la carga y descarga del reactor. Como en el caso de otros procesos convencionales, los tamaños y capacidades de los convertidores Peirce-Smith fueron incrementados durante este período. Los insumos y equipos principales en una nave de convertidores son detallados en el Anexo IV.3.

En años más recientes, dos compañías han desarrollado reactores de flujo continuo para convertir mata en metal y reemplazar el convertidor Pierce-Smith. El proceso Kennecott-Outokumpu incluye la conversión flash de mata de alta ley que ha sido antes granulada y molida a un fino polvo en un horno tipo Outokumpu, y es actualmente usado en la Fundición Kennecott Utah Copper – Estados Unidos.

Entre 1989 y 1995 la fundición Kennecott Utah Copper reemplazó los 3 reactores Noranda y 4 convertidores Peirce Smith y construyó una fundición donde el concentrado es fundido en un horno Flash Outokumpu, luego la mata granulada y procesada usando el proceso de conversión Flash Kennecott-Outokumpu. Los ánodos de cobre son procesados en una moderna refinería de cobre usando el Proceso Kidd, mientras descartes de la refinería son procesados para recuperar los metales

preciosos usando un proceso hidrometalúrgico. La inversión total fue de US\$ 1 billón<sup>118</sup>.

La productor de cobre blister fue doblada, llegando a 280.000 ton/año, mientras las emisiones de SO<sub>2</sub> fueron reducidas desde 16.850 a 982 ton/año (el valor límite es 1.000 ton/año), el material particulado desde 1.216 a 400 ton/año (el valor límite es 418 ton/año), y las emisiones de NO<sub>x</sub> desde 131 ton/año a 110 ton/año. Normalmente la fundición logra una captura de azufre de alrededor un 99,9%, lo cual es equivalente a cerca de 2,75 kg SO<sub>2</sub> / ton Cu producido. Esto hace que la fundición Kennecott tenga uno de los índices de captura de azufre más alto entre las fundiciones del mundo. Además la planta genera el 70% de sus necesidades de energía (24 MW) por medio de la recuperación de calor de los gases de la planta de ácido.

Lo anterior ha sido posible también gracias a la minimización de los gases fugitivos por medio de equipos de ventilación, que permiten recolectar los gases y humos de las áreas de sangría de los hornos, así como cualquier emisión desde equipos de fusión y conversión, los cuales posteriormente son filtrados y el material particulado es precipitado con hidróxido de sodio antes de descargar los gases por la chimenea. Asimismo, los gases de combustión del horno de ánodos y de refinación son procesados a través de scrubbers desulfurizantes para remover las partículas finas y el SO<sub>2</sub> antes de ser emitidos a la atmósfera. La planta de ácido sulfúrico (145 t/h) permite obtener gases residuales conteniendo menos de 100 ppm de SO<sub>2</sub>. Sin embargo, actualmente se obtienen concentraciones de gases residuales de entre 50 – 70 ppm obtenidas desde un gas de alimentación conteniendo 14% de SO<sub>2</sub>, lo que permite lograr una eficiencia de conversión mayor a 99,95%.

El proceso de conversión continua de Noranda usa un convertidor Pierce-Smith modificado, y es usado en la fundición Horno en Canadá y en la fundición Altonorte en Chile, cuya nave de convertidores cuenta con 4 convertidores Peirce-Smith (1 de 4,5 m de diámetro x 14 m de largo, 2 de 4,5 m de diámetro x 11 m largo y 1 de 4 m de diámetro x 9,1 m de largo). En estos equipos, operando generalmente 3 en caliente y 1 en stand-by o en reparación, se lleva a cabo la conversión a cobre blister de 1.300 ton de metal blanco de 74% de ley de cobre.

Un desafío tecnológico en los procesos flash y bath ha sido el tratamiento de la escoria que contiene altos niveles de cobre, sobre 10% Cu. En este sentido, Codelco Chile desarrolló una tecnología para recuperar el cobre contenido en las escorias, la cual consiste de inyectar petróleo al baño fundido de escoria en un horno basculante, disminuyendo la viscosidad del baño líquido, para luego semidentar y así producir la separación de dos fases (metal blanco líquido y escoria líquida (< 1% Cu)) y gases con bajo contenido de anhídrido sulfuroso y material particulado.

Por su parte, algunas fundiciones utilizan un horno eléctrico para la limpieza de escorias. Una tercera opción es el procesamiento de escorias vía molienda y concentración como es el caso de fundición Altonorte ubicada en la II Región de Antofagasta en Chile, que cuenta con una planta de flotación, la cual produce concentrado de cobre y un relave como producto de descarte, con una capacidad de tratamiento de 3.000 ton métricas secas por día de escoria. Los principales insumos y equipos de estos procesos se detallan en el Anexo IV.3:

Siguiendo con la cadena productiva de la producción de cobre vía pirometalurgia, el cobre blister es retirado de los convertidos Peirce – Smith y transferidos a hornos de

---

<sup>118</sup> Más información en: [http://www.kennecott.com/images/pdf\\_files/kuc\\_envir.pdf](http://www.kennecott.com/images/pdf_files/kuc_envir.pdf), y artículo "Recent operation and environmental control in the Kennecott Smelter". [http://www.kennecott.com/images/pdf\\_files/kennecott\\_smelter.pdf](http://www.kennecott.com/images/pdf_files/kennecott_smelter.pdf)

refinación, donde se eliminan las trazas de azufre remanente vía oxidación y el exceso de oxígeno adquirido en la fase anterior, mediante una reducción con petróleo o gas. Lo anterior permite obtener cobre de 99,6-7% de pureza, el cual se vacía en una rueda de moldeo para producir ánodos de cobre con un peso que puede fluctuar entre 280 y 400 kg. En el Anexo IV.3 se detallan algunos insumos y equipos de esta etapa utilizados en la fundición Ventanas.

En el caso de la fundición Chagres, ésta cuenta con una rueda de moldeo marca Outokumpu, con una capacidad nominal de 40 ton/h y 16 moldes, donde en un proceso completamente automatizado, mediante un conjunto de cucharas se vierte una cantidad predeterminada en cada molde. A medida que los moldes se llenan, la rueda gira y el cobre vaciado se enfría solidificándose. El peso de los ánodos moldeados fluctúa entre 280 y 420 kg. Un sistema mecanizado los retira de la rueda y dispone para ser transportados mediante grúas horquilla a los sitios de almacenamiento y preparación para su posterior despacho al puerto de embarque<sup>119</sup>.

Adicionalmente, algunas empresas que cuentan con fundiciones someten a los ánodos a un proceso de purificación para eliminar sus impurezas y lograr un producto que pueda ser utilizado en la fabricación de alambrón. El proceso de purificación es la refinación electrolítica y su resultado es un cátodo de cobre de alta pureza (99,99%). Además, algunas refinerías, como la de Ventanas, obtienen como subproductos sulfato de cobre e hidróxido de níquel, y cuyos principales equipos e insumos se detallan en el Anexo IV.3.

Asimismo, en algunas refinerías de cobre, el barro anódico proveniente del proceso de electrefinación, es sometido a procesos hidrometalúrgicos, pirometalúrgicos y de electrólisis logrando como productos plata y oro electrolíticos. Además, se obtienen como subproductos selenio, telurio, y concentrado de platino y paladio. Los principales equipos e insumos de la planta de recuperación de metales preciosos de la refinería Ventanas se detallan en el Anexo IV.3

### **Gestión Ambiental en Fundiciones**

Actualmente, el negocio de los metales está cada vez más influenciado por una creciente preocupación ambiental, que ha generado una mayor cantidad de regulaciones en el casi todo el mundo. Además, los acuerdos comerciales entre países, así como convenciones internacionales incrementarán las presiones por más regulaciones y decrecerán a medida que estas lleguen a ser efectivas.

Por ejemplo, una captación de azufre de 90% fue un valor aceptable en muchos países hace algunos años atrás. Sin embargo, actualmente, un nivel de captación de 95% es un valor mínimo pero la tendencia global de más altos estándares de recuperación de azufre no parará hasta obtener valores sobre 99%.

Por otra parte, el término BAT, sigla en inglés de Mejor Tecnología Disponible, ya ha sido adoptado ampliamente en el mundo en la industria de producción de energía y determinaciones similares serán adoptadas también en la producción de metales. Asimismo, la preocupación ya no será sólo la emisión de gases de procesos y fugitivos de SO<sub>2</sub>, sino también la emisión de partículas y polvos, así como la higiene en el lugar de trabajo.

---

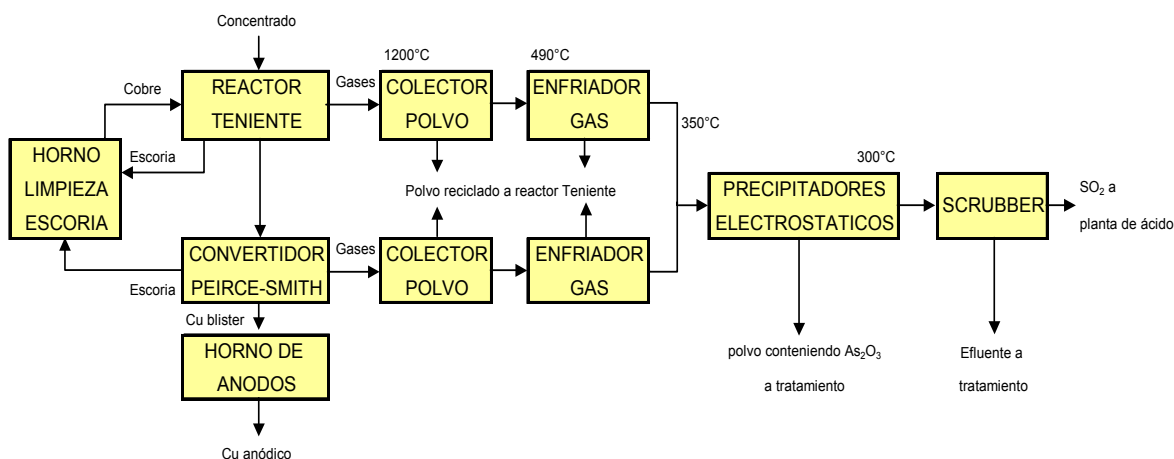
<sup>119</sup> Fuente: "Anglo American Chile: División Chagres", en Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos, pp. 29 - 34, [www.portalminero.com](http://www.portalminero.com)

En la industria pirometalúrgica de minerales sulfurados, las más importantes descargas de contaminantes están relacionadas a las emisiones atmosféricas de SO<sub>2</sub> y material particulado conteniendo metales pesados. Estas pueden ser clasificadas como emisiones de proceso o fugitivas. Si no son capturadas, algo de dióxido de azufre reacciona con vapor de agua en la atmósfera para formar ácido sulfúrico y como tal retorna a la tierra como lluvia ácida, causando efectos en el suelo, vegetación, fauna y estructuras hechas por el hombre.

Según información del Banco Mundial, las emisiones de SO<sub>2</sub> pueden variar desde menos de 4 kg/t de Cu a 2.000 kg/t de Cu, mientras las emisiones de material particulado pueden variar desde 0,1 a 20 kg/t cobre. Las emisiones fugitivas ocurren en las aperturas de los hornos, desde campanas, ruedas de moldeo y ollas llevando materiales fundidos. Emisiones de material particulado fugitivo ocurren desde el manejo de materiales y el transporte de minerales y concentrados.

El cumplimiento de las normativas de calidad del aire, que regula contaminantes tales como el anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico, ha significado que en el sector minero, las fundiciones de concentrados de cobre, zinc, entre otros metales, han debido implementar planes de descontaminación que se relacionan con la instalación de tecnologías de abatimiento y control de la contaminación en fundiciones (plantas de ácido sulfúrico, manejo y captación de gases y partículas, etc.). Además, se han realizado cambios de equipos de fusión más eficientes (reemplazo de horno reverbero por convertidor Teniente), e instalación de horno de limpieza de escorias. Estos cambios han permitido reducir en forma importante las emisiones al aire de SO<sub>2</sub> y arsénico. La Figura 4.3 muestra el esquema de fundición de cobre y los principales equipos de su sistema de manejo de gases:

**Figura 4.4. Esquema de una fundición de cobre en Chile**



Una planta de producción de ácido sulfúrico utiliza energía eléctrica (cerca de 100 KWh/ton ácido), agua industrial (cerca de 2 m<sup>3</sup>/ton ácido), y soda cáustica (cerca de 13 kg/ton ácido).

En resumen entre los mayores cambios para los procesos pirometalúrgicos se incluyen: a) fundiciones de una sola línea produciendo alrededor de 250.000 toneladas métricas de ánodos; b) aumento de la intensidad del proceso acompañado por mejoramientos en la integridad de la nave; c) un alto grado de enriquecimiento de oxígeno; d) leyes más altas de la mata. Probablemente, las regulaciones ambientales más estrictas son la principal causa que ha influenciado los cambios tecnológicos en la industria de las fundiciones, forzándolas a capturar sobre 90% del SO<sub>2</sub> como ácido



sulfúrico. Con la adopción de la fundición flash y la conversión flash en Kennecott y el uso de limpieza de gases en las plantas de ácidos (sobretudo en Japón), la captura de azufre ha sobrepasado los 95%. Las tendencias más recientes de la pirometalurgia del cobre se orientan hacia el procesamiento continuo, es decir, llevar a cabo la fusión de concentrado y conversión a blister en un solo proceso.

#### **4.3.2.5 Procesos hidrometalúrgicos**

Este proceso se utiliza para el tratamiento de los minerales oxidados y sulfurados secundarios, y consistió tradicionalmente en dos etapas: la lixiviación (LX) seguida por la refinación por electro-obtención (EW). Aunque la primera aplicación de este método se remonta a 1912 en Chuquicamata (Chile), recién se torna atractivo con la introducción en los años setenta, del proceso de extracción por solventes (SX), que permite la limpieza química de impurezas y una concentración mayor del metal previa a la etapa de electro-obtención.

El uso industrial de la extracción por solventes (SX) data de la segunda guerra mundial, cuando esta fue aplicada a la producción de sales puras de uranio. La difusión masiva de estos procesos comenzó en la década de los sesenta, cuando se empezó a usarlo en la recuperación de uranio de menas uraníferas. A fines de esa década había unas veinte plantas en el mundo que utilizaban este proceso, la mayoría para concentrar uranio; y se inició su aplicación en otros metales como el cobre. La primera aplicación industrial de la extracción por solventes al cobre se realizó en la mina Blue Bird en Estados Unidos, en el año 1967.

A partir de los avances tecnológicos desarrollados en Estados Unidos, en el año 1970 comenzó el tratamiento de los minerales oxidados de la mina Exótica (hoy mina Sur de la división de Codelco Norte). Esta faena que debió paralizar en 1974, debido a la gran complejidad metalúrgica del mineral, fue reabierta en noviembre de 1976, luego de intensas labores de investigación, incorporándose un pre-tratamiento mediante curado ácido. La incorporación de la extracción por solventes fue implementada en el año 1987, junto con el tratamiento de ripios.

#### **El Caso de la Lixiviación en Pilas por Capas Delgadas**

En el año 1980, se experimentó una modificación del proceso tradicional de lixiviación, con la introducción, por la Sociedad Minera Pudahuel de Chile, de la "lixiviación bacteriana de capas delgadas" o "bio-lixiviación" y la incorporación de la extracción por solventes en 1981. Este proceso permitió tratar minerales oxidados, mixtos, y sulfuros secundarios. Fue posteriormente mejorado con la "lixiviación en pilas o en altura" que permite disminuir la pérdida de calor y obtener mejores resultados metalúrgicos.

Lo Aguirre, mina dependiente de la Sociedad Minera Pudahuel (SMP), era un yacimiento pequeño ubicado a 30 Km. al oeste de Santiago, con características mineralógicas que no permitían su explotación durante la década de los 70 (tenía una distribución irregular de óxidos, sulfuros secundarios y mezclas de ambos). Sin embargo, después de que fuera patentada la lixiviación en pilas por capas delgadas en los Estados Unidos (EE.UU.) durante 1975, la firma norteamericana Holmes & Narver hizo algunas modificaciones, las que fueron patentadas por las SMP en los años 80. Ahora bien, son varias las razones por las que la compañía utilizó esta nueva tecnología:

- ✓ La lixiviación en pilas generaba más rendimiento y eficiencia que las tecnologías previas.
- ✓ El proceso permitía tratar en forma simultánea tanto los óxidos como los sulfuros, sin recurrir a tecnología por separadas que inducirían un mayor costo.

- ✓ Los procesos anteriores eran muy contaminantes lo que era peligroso para un yacimiento ubicado cerca de Santiago, y
- ✓ Los procesos previos no permitían obtener un producto con un alto valor agregado, obteniéndose sólo concentrado y cemento de cobre.

Todo lo anterior permitió la entrada en funcionamiento de la lixiviación en pilas por capas delgadas (TL; del inglés Thin Layer), lo que traería efectos no sólo en la explotación del yacimiento, sino también en otras componentes del cluster minero tales como:

- ✓ **Las empresas mineras:** De las 12 plantas de lixiviación en pilas que entraron en funcionamiento durante 1991-1995, 7 recibieron algún tipo de asesoría o servicios tecnológico de SMP.
- ✓ **Empresas de servicios a la minería:** Se crearon una serie de servicios de consultores, ingeniería especializada y servicios relacionados a la construcción y operación de plantas piloto. Estos servicios fueron dados en muchos casos por profesionales que formaron parte de la SMP, y que aprovechando el conocimiento obtenido, incluso participaron de cátedras en universidades para mostrar la nueva tecnología.
- ✓ **Educación:** Dentro de este aspecto destaca la introducción que se hizo de la nueva tecnología en las mallas curriculares, gracias principalmente a la labor que hicieron investigadores que formaban parte de la SMP y además ejercían labores docentes en universidades nacionales como la Universidad de Chile y la Universidad de Atacama.
- ✓ **Investigación:** Se elaboró un proyecto denominado “Desarrollo de procesos biológicos y su aplicación industrial en la lixiviación bacteriana del cobre de minerales chilenos”, el que fue dividido en dos fases, involucrando a universidades, instituciones tecnológicas y productivas del país. Como resultado de esto, Chile se colocó en una posición de liderazgo en temas relacionados a microorganismos y su utilización en hidrometalurgia extractiva. Esto trajo consigo, además, posicionar a un buen grupo de personas, estudiantes universitarios y técnicos a nivel internacional dentro del campo en estudio. Se sumó a esto, el mejoramiento de infraestructura física y experimental de las instituciones involucradas.
- ✓ **Otros:** También la innovación de SMP impulsó otros sectores relacionados al área hidrometalúrgica como fue el desarrollo de apiladoras de mineral, máquinas para estanques, y por último, sistemas de riego y drenaje de pilas de lixiviación.

Esta difusión tecnológica fue uno de los factores significativos de fortalecimiento de la competitividad internacional de la minería cuprífera chilena<sup>120</sup>, aunque, pese a los resultados obtenidos por la SMP en lo que a innovación se refiere, casos como éste no se han repetido durante estos últimos años, ya que las empresas mineras dirigen sus inversiones principalmente a la explotación de nuevos yacimientos, utilizando la tecnología existente para la explotación del mineral oxidado.

No obstante, esta tecnología tiene algunas limitaciones, que pueden ser resumidas en lo siguiente:

- ✓ Abastecimiento (disponibilidad y costo) de ácido sulfúrico
- ✓ Alto consumo específico de energía, por la etapa de EW.
- ✓ Sólo permite la recuperación de cobre y no de subproductos (molibdeno, oro y plata),
- ✓ La lixiviación de sulfuros secundarios es lenta respecto a la pirometalúrgica, pero permite operar a más bajas leyes, inferiores a 0,4% Cu.

Una ventaja podría ser al menor consumo de agua, ya que opera en un circuito cerrado sin emisión de efluentes, logrando un consumo de agua fresca más bajo (0,3 m<sup>3</sup>/ton de mineral tratado en promedio) que las plantas concentradoras (1.2 m<sup>3</sup>/ton de mineral tratado en promedio). Sin embargo, las nuevas plantas concentradoras (por

<sup>120</sup> Fuente: “Minería y Formación de Clusters”, Jorge Beckel, División de Desarrollo Productivo y Empresarial, CEPAL, mayo 2000.

ejemplo: Collahuasi, Escondida, Candelaria, Los Pelambres) están obteniendo consumos de agua fresca del orden de 0,38 m<sup>3</sup>/ton de mineral), principalmente a través de la recirculación de agua de proceso desde espesadores, filtros y tranques de relaves, alcanzando tasas de recirculación que superan el 80%.

En el año 2004, Chile concentró el 62,3% (1,64 millones de ton Cu fino) de la producción mundial de cobre vía LIX-SX-EW, seguido por los Estados Unidos con un 22,2% (584.200 TM), Perú con 167.000 TM (6,4%), y México con 71.000 TM (2,7%).

En Chile, las plantas tienen capacidades de diseño que varían entre 7.000 (El Soldado) y 300.000 ton/año de cátodos de cobre (Radomiro Tomic), mientras en Perú, Cerro Verde en sus plantas 1, 2 y 3 producen cerca de 90.000 TM, Toquelapa de Southern Perú produce cerca de 50.000 TM, y Tintaya de BHP Billiton produce cerca de 37.000 TM de cátodos de cobre.

En el Anexo IV.3 se detallan los principales equipos e insumos para la planta de LIX-SX-EW de Minera Doña Inés de Collahuasi que produce 60.000 ton/año de cátodos de cobre grado A.

Los procesos descritos anteriormente, así como los equipos e insumos indicados, muestran una visión general de los principales requerimientos de la industria productora del cobre en América Latina, y que es relativamente similar en la mayoría de las operaciones mineras de los cuatro países analizados<sup>121</sup>. Un análisis más en detalle del mercado de bienes y servicios mineros se presenta en el capítulo siguiente, con énfasis en las oportunidades de negocios para los proveedores locales.

### **Innovación tecnológica local**

Las emisiones de neblina ácida al interior de los edificios de electro-obtención de cobre es un problema común para numerosas empresas mineras a nivel mundial. La solución tradicional ha sido la dilución de la contaminación y la incorporación de esferas de PVC sobre la superficie del baño de electrolito, destinadas a condensar la neblina. Sin embargo, la empresa chilena SAME Sistemas de Ventilación Industrial, especializada en ventilación industrial y control de emisiones contaminantes a la atmósfera, ha propuesto con éxito una nueva solución que disminuye las emisiones fugitivas tradicionales y que consiste en campanas individuales de alta energía, ubicadas sobre cada una de las celdas componentes de una nave EW y conectadas a una red de ductos que transporta las neblinas ácidas a un equipo de retención.

El diseño SAME está protegido por una solicitud de patente de invención y hasta la fecha se ha aplicado en un total de 687 celdas comerciales en diversos proyectos en Chile, Perú, Estados Unidos y Canadá, y durante el año 2006 se van a agregar 946 celdas cuando entren en operaciones los proyectos sulfuros de Escondida y Spence<sup>122</sup>.

### **Desarrollos tecnológicos para la lixiviación de concentrados: Un nuevo desafío para los proveedores locales**

En los últimos años se han desarrollado varios procesos para el tratamiento de concentrados sulfurados de cobre, principalmente de calcopirita, por la vía de la hidrometalurgia. Sin embargo, la literatura señala que sólo unos pocos llegarán a tener una aplicación comercial, ya sea por razones económicas o por que ellos responden a

<sup>121</sup> Por ejemplo, en el caso de México, ver las operaciones del Grupo México descritas en su Informe Anual 2004, [www.gmexico.com.mx](http://www.gmexico.com.mx)

<sup>122</sup> Fuente: Revista Área Minera, marzo 2006, [www.areaminera.com](http://www.areaminera.com)

situaciones específicas de ciertas operaciones mineras (Chadwick, 2003). En este sentido, una mirada al desarrollo tecnológico por esta vía puede presentar importantes oportunidades de investigación y negocios para los proveedores locales.

En el Anexo IV.3 se analizan varios procesos químicos y biológicos para recuperar cobre desde concentrados que han emergido en los últimos años, los cuales son eficientes en: a) disolver cobre desde concentrados de calcopirita, b) purificar las soluciones de lixiviación usando procesos de separación modernos, y c) recuperar un producto metálico de cobre de alto valor y pureza (Dreisinger, 2004).

Los procesos bajo desarrollo pueden ser divididos en procesos basados en sulfatos, cloruros, y una mezcla de ambos. Dentro del primer grupo, estos pueden ser subdivididos en procesos de lixiviación a presión atmosférica o alta presión, y en procesos de lixiviación química o biológica. Los procesos basados en cloruros son menos numerosos pero se han desarrollado importantes avances en la química, equipamiento y desarrollo del proceso.

En el primer ámbito, destacan el proceso de oxidación a presión total de Phelps Dodge y el proceso BioCop, que ya cuentan con plantas pilotos a escala industrial. En ambos procesos, un tema a resolver es el alto consumo de cal para la neutralización del refino ácido y su posterior disposición, en el caso que no se cuente con una operación de lixiviación en pilas cercana. Por su parte el proceso Dynatec tiene el beneficio de estar basado en su similar proceso de lixiviación a presión de zinc, ya probado, y de acuerdo a Habashi (2005), éste es el mejor y más simple. Así, otros procesos basados en sulfatos continuarán desarrollándose para aplicaciones específicas.

En el caso de los procesos basados en cloruros, éstos son atractivos debido a su rápida cinética de lixiviación de cobre, alta concentración de solución, muy baja oxidación de azufre a sulfato y baja temperatura y presión de operación, lo cual reduce los requerimientos de energía. Sin embargo, a menudo estos procesos tienen problemas de corrosión, diagramas de flujos complejos y un producto de cobre que no es un cátodo.

En el caso del proceso INTEC; el mayor desafío sería el uso de la EW para recuperar el metal, ya que la formación y recuperación de dendritas metálicas de cobre por electro obtención en la celda de EW INTEC es difícil. Por su parte, el nuevo proceso Hydro Copper de Outokumpu es un nuevo enfoque que ofrece una reducción de los requerimientos de energía versus la EW convencional, sin embargo, la etapa de regeneración podría ser de difícil operación, pero su desarrollo debiera ser seguido con interés, principalmente respecto al nivel de recuperación de cobre.

Por su parte, el proceso CESL (Cominco Engineering Services Ltda.) fue desarrollado por TECK – Cominco. La química del proceso es similar a la del proceso Antlerita de Noranda, sólo que el concentrado es sometido a una molienda a cerca de 40  $\mu\text{m}$ . y posterior lixiviación a presión, para luego pasar a las etapas de lixiviación, SX y EW<sup>123</sup>. Pruebas en una planta piloto se han desarrollado, y potenciales aplicaciones comerciales están siendo evaluadas, donde destaca el proyecto para CVRD que se analiza más adelante.

En resumen, en un escenario futuro, si la lixiviación de minerales sulfurados primarios, como la calcopirita, llegara a ser factible a escala industrial, grandes cantidades de mineral podrían ser beneficiadas, y nuevos desafíos para los proveedores, centros de formación técnica y universidad ligadas al sector minero deberán abordados en lo que

---

<sup>123</sup> Más detalles en: [www.cesl.com](http://www.cesl.com)

respecta nuevo materiales para los equipos que se utilizan a altas temperaturas y presión, así como a la formación de recursos humanos que conozcan la aplicación de estas nuevas tecnologías emergentes. Una evaluación más en detalle de los avances tecnológicos en este campo podría ser de gran ayuda para los proveedores locales.

#### 4.3.3 Nociones sobre innovación para los minerales industriales

La industria de minerales industriales y fertilizantes es una especialidad y mercado muy integrado. Algunos productos que destacan son:

- ✓ Estructurales o para construcción civil: agregados, minerales para cemento, rocas y piedras ornamentales, arcillas para cerámica, amianto, entre otros.
- ✓ Industria Química: talco, feldespato, etc.
- ✓ Refractarios: magnesita, caolín, cromita, etc.
- ✓ Aislantes: amianto, mica, etc.
- ✓ Fundentes: fluorita, caliza, criolita, etc.
- ✓ Abrasivos: diamante, granada, cuarzo, etc.
- ✓ Minerales de carga: talco, gipsita, barita, caolín, calcita, etc.
- ✓ Pigmentos: barita, ocre, minerales de titanio
- ✓ Agro minerales: fosfato, caliza, sales de potasio, feldespato, boratos
- ✓ Otros no metálicos: sal, yodo, litio
- ✓ Minerales “ambientales”: bentonita, zeolitas, etc.

La capacidad de valorización de estos productos por su funcionalidad o desempeño, exigencia típica para los minerales industriales, pasa por el dominio de las tecnología de producto, y por la aplicación de estrategias de diferenciación y segmentación realizadas en el marketing minero. La capacitación tecnológica de las empresas se torna un atributo determinante de la capacidad de agregación de valor y diferenciación de productos, donde los patrones de captura y aplicación tecnológica de clase mundial se tornan requisitos esenciales a la hora de competir en los mercados internacionales.

Lo anterior a través del dominio de tecnologías de producto y aplicación, y de estrategias de marketing minero dirigidas por una mayor valorización de los minerales industriales, y de transformar la cultura profesional de minería, principalmente metálica, que ha estado volcada a los *commodities*.

En general, un país como Brasil, como importante productor mundial de algunos de los más importantes *commodities* minerales metálicos y no metálicos, como el mineral de hierro, caliza, caolín, entre otros, domina las tecnologías clásicas de minería, beneficio, procesamiento de mineral, y logística<sup>124</sup>. Este patrón también podría extenderse a algunas empresas mineras y proveedores mineros de México, Perú y Chile. En este sentido, un mayor desarrollo de esta industria y la conquista de nuevos espacios de mercado deben considerar una mejora u optimización del desempeño funcional de los minerales industriales en toda la cadena del valor y de satisfacer diferenciadamente la demanda.

Algunos ejemplos de innovación de tecnologías de producto en Brasil, que produce más de 31 sustancias mineras, dicen relación con:

- ✓ Sustitución de caolín por carbonato de calcio precipitado en plantas corrugadoras de papel.
- ✓ Sustitución de caolín por calcita natural micronizada en el revestimiento de papel.

---

<sup>124</sup> Una detallada descripción y análisis de los procesos de tratamiento de minerales usados en Brasil, puede encontrado en el libro: “Tratamiento de Minérios”, Ed. Adao Benvindo da Luz, Joao Alves Sampaio y Salvador L. M. de Almeida (4ª edición), CETEM/MCT/2004, ISBN: 85-7227-204-6, CDD 622.7

- ✓ Aplicación de wollastonita para el desarrollo de propiedades anticorrosión en polipropileno para la industria automovilística
- ✓ Caolín calcinado como extensor de TiO<sub>2</sub>.

El MCT en Brasil, a través de CETEM está desarrollando un intenso programa de valorización de los recursos minerales brasileños, así como estudios para la una mayor producción nacional de minerales industriales que su importancia económica, mineralogía y geología, minería y procesamiento, y finalmente usos y especificaciones, en el largo plazo permitirá una paulatina sustitución de importaciones<sup>125</sup>.

En Chile, la Sociedad Química y Minera de Chile (SQM) produce minerales no metálicos como boratos, litio y yodo, principalmente en la II Región de Antofagasta. Su estrategia de comercialización se basa en la presencia de oficinas en 20 países con ventas a más de 100 países del mundo. Por su parte, la estrategia de desarrollo de para mantener el liderazgo mundial de sus principales negocios está basado en ventajas competitivas de la compañía y en el aumento de participación de mercado de sus productos. Las principales ventajas competitivas de SQM son las siguientes:

- ✓ Bajos costos de producción y recursos naturales de alta calidad.
- ✓ Know-how y desarrollo tecnológico propio en sus procesos productivos.
- ✓ Aprovechamiento de sinergias debido a la producción diversificada de fertilizantes y otros productos, y
- ✓ Desarrollo continuo de nuevos productos de acuerdo a las necesidades específicas de sus clientes

Respecto al desarrollo tecnológico, la lixiviación aplicada a la minería no metálica encuentra en el caso del productor de nitratos como SQM. Otro interesante desarrollo tecnológico de la compañía es la lixiviación en pilas destinadas a la recuperación de yodo. En la actualidad existen a lo menos tres faenas mineras más en el país, que aplican con buenos resultados las tecnologías impulsadas por SQM<sup>126</sup>. Un análisis más en detalle de su estrategia de I&D se muestra más adelante.

#### 4.3.4 Nociones tecnológicas en la pequeña y mediana minería

Las operaciones de micro minería o minería artesanal y pequeña minería son una realidad a nivel mundial, así como en los países analizados de América Latina, y ha sido ampliamente analizada desde el punto de vista que genera en los planos económicos, sociales, ambientales, entre otros, considerando que estas operaciones envuelven a mineros y sus familias.

En operaciones mineras artesanales, el oro ha sido recuperado por amalgamación usando mercurio, como en los “garimpos” en la Amazonia de Brasil y los “chichiqueros” (mineros informales) en el Departamento de Madre de Dios en Perú, o usando mercurio en el molino tradicional chileno “trapiche” que se utiliza en el norte de Chile, principalmente entre la III y V Región del país. En menor medida, la flotación se utiliza para recuperar oro.

A pesar de los riesgos que este tipo de procesos envuelve, la amalgamación continua siendo aplicada debido a su bajo costo y facil operación, rápida recuperación de oro, entre otros factores<sup>127</sup>. Sin embargo, algunos gobiernos de Latinoamérica están

<sup>125</sup> Más detalles en: “Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações / Ed. Adao Benvindo da Luz e Fernando Antônio Freitas Lins. – Rio de Janeiro: CETEM/MCT/2005. ISBN: 85- 7227-217 -8; CDD: 553-40972.

<sup>126</sup> Más detalles en: Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos.

<sup>127</sup> Más detalles en: Veiga, M.M. and Beinhoff, C., 1997, “UNECA Centers: a Way to Reduce Mercury Emissions from Artisanal Gold Mining and Provide Badly Needed Training”, *UNEP Industry and Environment*, October-December 1997, pp. 49-51; y Villas Bôas, R.C., 1995, “Mineral Extraction in the Amazon and the Environment: The Mercury Problem”, in

fomentando el uso de otras tecnologías, tales como la concentración gravitacional (proceso Knelson) para reemplazar el uso del mercurio (Valenzuela y Fytas, 2002).

En la pequeña minería se utilizan una amplia variedad de procesos. La extracción de menas de alta ley desde minas subterráneas artesanales o *pirquenes*, que contienen minerales de oro (Au) y plata (Ag) y Cu-Au-Ag son generalmente procesados en planteles propios, vendidos a mediados productores o agentes del Estado, como es el caso de la Empresa Nacional de Minería en Chile<sup>128</sup>. Se estima que las minas subterráneas representan sobre el 90% de las minas de pequeña escala en América Latina.

Instalaciones de pequeña escala (usualmente produciendo hasta 50 ton/día) producen concentrados de Au y Ag y Cu-Au-Ag, que incluyen las etapas de chancado, molienda y flotación. Además, algunas operaciones aplican la flotación a relaves o colas de cobre que son descargados desde operaciones de mediana y gran escala. Simples operaciones son utilizadas, donde la flotación en cascada es operada con la flotación convencional.

Adicionalmente, la lixiviación con ácido sulfúrico de minerales oxidados de cobre es llevada a cabo por pequeños productores, y cemento de cobre (Cu<sup>o</sup>) es producido por la reducción de los iones de cobre con Fe<sup>o</sup>, llamado proceso de cementación (Castro y Sánchez, 2002).

En resumen, la minería artesanal y pequeña pudiera tener las siguientes características tecnológicas:

- ✓ Exploración en forma rudimentaria y de bajo costo.
- ✓ Minas subterráneas poco mecanizadas, cuyos yacimientos requieren de un importante grado de selectividad. Se explotan en menor medida canteras y desmontes (minería artesanal).
- ✓ En las pequeñas plantas se utilizan tres procesos para beneficiar el mineral: flotación, lixiviación y amalgamación (con mercurio).
- ✓ La construcción de un tranque de relaves o colas es en general poco adecuada. Los mineros artesanales levantan con una pala un muro de piedras y tierra. No recuperan agua y esto propicia filtraciones en los suelos.
- ✓ Los garimpos o trapiches generan adicionalmente descartes del proceso, que contienen fundamentalmente mercurio.

Por su parte, en las operaciones de mediana minería la extracción del mineral se realiza desde minas subterráneas y explotaciones a cielo (rajo) abierto. El proceso de flotación es utilizado para tratar minerales sulfurados y obtener concentrados de cobre. Mientras los precipitados de cobre se obtienen utilizando la lixiviación de mineral oxidado. Por su parte, los concentrados de oro, se recuperan ya sea por flotación o cianuración. Desde el punto de vista ambiental, tenemos que los relaves o colas se disponen en un tranque o depósito de relaves. Asimismo, la lixiviación también ha sido usada con éxito para tratar relaves de flotación de minerales alta ley<sup>129</sup>.

Sin duda, uno de los mayores desafíos tecnológicos, principalmente para los mineros artesanales y de pequeña escala es la sustitución del proceso de amalgamación por otra técnica viable y económicamente factible. Asimismo, es necesario promover la

---

*Chemistry of the Amazon: Biodiversity, Natural Products, and Environmental Issues*, American Chemical Society Symposium, ed. Seidl, P.R., Gottlieb, O.R., and Coelho Kaplan, M.A., Series N° 588, Washington, DC, pp. 295-303.

<sup>128</sup> En varias regiones del país, ENAMI tiene poderes de compra y operaciones mineras: plantas de concentración y fundición, y plantas de lixiviación, SX y EW. Además ENAMI realiza el proceso de comercialización de los metales obtenidos. Más detalles en: [www.enami.cl](http://www.enami.cl)

<sup>129</sup> Más detalles en Estudio "Caracterización y Determinación de los Requerimientos de Desarrollo Tecnológico e Innovación Tecnológica para la Mediana y Pequeña Minería de la III, IV; y V Región", elaborado por el CIMM para el Ministerio de Minería de Chile. Disponible en: [www.minmineria.cl](http://www.minmineria.cl) (estudios)

formalización de los mineros así como una adecuada capacitación en técnicas convencionales de minado y procesamiento de minerales adecuadas.

En estos procesos de desarrollo es fundamental que las innovaciones tecnológicas sean adecuadas a su realidad, con una tecnología sencilla y fácilmente operada, en lo posible por ellos mismos<sup>130</sup>. En este sentido, los investigadores, centros tecnológicos y proveedores locales pueden ser el enlace entre las políticas de gobierno y los productores que permita generar las tecnologías apropiadas a su gestión, como es el caso del programa de Arreglos Productivos Locales (APL) en Brasil, analizado en el siguiente capítulo.

#### **4.4 Una Visión desde el sector minero productivo**

##### **4.4.1 Compañía Vale Do Rio Doce (CVRD)**

Un actor importante en la minería brasileña y mundial es la Compañía Vale Do Rio Doce (CVRD), la cual a través de su Departamento de Desarrollo de Proyectos Mineros conduce su actividad de investigación minera, desarrollo tecnológico y las etapas de análisis y estructuración del negocio, aprobando la creación de nuevos proyectos mineros para la compañía. El centro está ubicado en Santa Luzia (Minas Gerais), mientras sus principales proyectos y lugares de investigación minera se encuentran en la región de Carajás, en el norte de Brasil.

La estructura de gestión tecnológica de CVRD fue concebida en 1965, a partir de un pequeño laboratorio de tratamiento de minerales, y sus actividades e instalaciones fueron ampliadas a lo largo de los años para atender las necesidades de desarrollo tecnológico de la compañía en todos los sectores del área minero – metalúrgica. Actualmente, la compañía posee más de 30 laboratorios que hacen los análisis, estudios e investigaciones en toda la cadena productiva minera<sup>131</sup>.

De acuerdo a Andrade (2005), la situación de tecnología de CVRD en el año 2003, se resumía en: varios grupos trabajando aisladamente con un riesgo de duplicidad de esfuerzos, poca sinergia entre proyectos, procesos de preservación de memoria técnica deficientes, y poca interacción con institutos de C&T externos. A partir de ese año, se comienza a utilizar un nuevo modelo de gestión tecnológica, cuyo ente principal es un Comité de Tecnología con participación de los distintos departamentos productivos, y enfocado en cuatro áreas de especialidades técnicas (mineral, siderúrgica, automatización, y otros tópicos).

Se desarrolló además un Plan Director de Tecnología (PDTec), que es una herramienta de análisis de impacto de tecnología para maximizar el valor del negocio<sup>132</sup>. En resumen, se requiere de una base de datos (por ejemplo: tecnologías actuales y tendencias) y la obtención de productos (definir estructura para la innovación tecnológica) para implementar el PDTec, así como la ejecución de las siguientes etapas: definición, selección y plan de implementación de un proyecto, con la participación efectiva de representantes de áreas claves (operación, proceso, I&D, ventas, calidad, marketing, etc.), y luego de cada etapa las principales conclusiones son analizadas por un comité de orientación.

<sup>130</sup> Fuente: "Experiencia de Introducción de Tecnología Apropiada en una Operación Minera Artesanal", Eugenio Huayhua, en *Pequeña Minería y Minería Artesanal en Iberoamérica: Conflictos – Ordenamiento y Soluciones*, Ed. Roberto Villas Boas y Ana María Aranibar, CETEM/CYTED/CONACYT, 2003. ISBN 85-7227-185-5, CDD 333.765, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>131</sup> Ver más detalles en: <http://www.cvrd.com.br/> (Desarrollo y Tecnología)

<sup>132</sup> Esta metodología fue desarrollada por la antigua Superintendencia de Tecnología de la compañía, y aplicada en varias unidades operacionales, entre 1993 – 1997, y actualmente retomada como modelo de Gestión Tecnológica.



Actualmente, y luego de aplicando el enfoque anterior, la empresa tiene una cartera consolidada de 204 proyectos de innovación tecnológica, principalmente en las áreas de logística (69)<sup>133</sup>, desarrollo de proyectos mineros (51), manganeso (49), productos ferrosos (33), entre otros. Un 40% de los proyectos corresponde a una mejoría operacional y un 25% a una creación / aumento de competitividad. Respecto al tipo de I&D, un 60% corresponde al tipo incremental, un 20% a fundamental, y el resto a radical, mientras que según la cadena productiva, 32% corresponde a beneficio; 18% a transporte ferroviario, 16% a comercialización, y 6% a medioambiente, entre otros. Según el horizonte de ejecución, 13% es a largo, 52% a mediano y 35% a corto plazo.

Respecto a la cooperación con otras instituciones, CVRD trabaja con universidades, centros de investigación, y clientes en Brasil y el exterior, como se muestra en la Tabla 4.9 (Andrade, 2005). Lamentablemente, las líneas de investigación que desarrolla la CVRD con cada institución no estaban disponibles para su análisis.

En resumen, el proceso anterior va bien encaminado pero necesita ser fortalecido en los próximos años, lo cual se complementa con su estrategia de aprovechar los potenciales beneficios de la nueva Ley de Innovación Tecnológica y del Fondo CT-Mineral. Además, la expansión de CVRD requerirá importante personal capacitado para los próximos años, para lo cual se están negociando cursos especiales con universidades de Brasil y del exterior. Además, Andrade (2005) señaló que Brasil carece de una institución que organice los esfuerzos de I&D de base mineral, fortaleciendo la interacción entre universidades / instituciones de tecnología y empresas, similar a AMIRA en Australia.

**Tabla 4.9. Instancias de Cooperación de CVRD**

Universidades		Centros de Investigación		Clientes	
Brasil	Exterior	Brasil	Exterior	Brasil	Exterior
UFMG UFRJ UFPA UFMA UFRS UF São Carlos UF Viosa USP PUC - RJ	École Central de Paris Beijin British Columbia Carnegie Melon MIT UTA Mc Gill Eduard Mondlaine – Mozambique Univ. de Chile	EMBRAPA Museo Emilio Gueldi CETEC IPT CETEM	AMIRA y CSIRO (Australia) Lakefield (Canadá) SGA (Alemania) TTCI – Transp. Tech. Int. Center (EE.UU).	CST	Corus BS Steel Nucor

Fuente: Andrade (2005)

#### 4.4.2 La situación del sector productivo peruano

Adicional a los análisis presentados anteriormente sobre el sector minero peruano, vale la pena mostrar el estudio de Jaramillo (2002), donde se analizó la situación de la innovación tecnológica en el sector privado, y se encontró que los principales rasgos característicos de la gestión de la tecnología son<sup>134</sup>:

- ✓ Utilización de recursos tecnológicos propios.
- ✓ La mayoría de las empresas está preocupada por la conformidad con normas técnicas, y lo que hacen es poco intensivo en I&D.
- ✓ Escasa Interacción con universidades, centros e institutos.
- ✓ La transferencia de tecnología está basada en asistencia técnica.

<sup>133</sup> En esta área, antes de aplicar el PDTEC había 210 iniciativas en curso que no estaban conectadas, varias de ellas se duplicaban, y además surgieron 14 iniciativas no previstas anteriormente.

<sup>134</sup> En el Anexo IV.4, se analiza en detalle cada una de estas observaciones.

Sobre la gestión del financiamiento, los principales rasgos encontrados fueron:

- ✓ No tienen muy clara la inversión en conocimiento.
- ✓ No piensan mucho en términos de proyectos de I&D.
- ✓ Perciben las dificultades financieras para innovar.
- ✓ Hay situaciones de endeudamiento que condicionan situaciones de cambio.
- ✓ Paradójicamente, las empresas no poseían una clara percepción del papel de los créditos para innovación.

Por su parte, García y otros (2003) señalan que en los últimos años, la gran minería peruana viene usando los últimos adelantos tecnológicos en las áreas de exploración y explotación minera con mayor grado de automatización. Sin embargo, toda esta tecnología es importada, ya que los grandes inversionistas extranjeros traen la tecnología necesaria para competir en costos a nivel mundial, dado que casi nada de ésta se produce a nivel local, salvo algunas excepciones, como la tecnología en la elaboración de explosivos que atiende la demanda minera local (Explosivos S.A.)

Un caso a destacar, pero en el ámbito educativo, es el Centro Tecnológico Superior (Tecsup)<sup>135</sup>, organización educativa privada sin fines de lucro, dedicada a formar y capacitar profesionales, así como brindar servicios de consultoría, investigación y aplicación de tecnología en Perú. Su sistema educativo se ha basado en experiencias del extranjero, y su implementación y desarrollo ha sido solventado gracias a los aportes de más de 200 empresas privadas peruanas y a la cooperación de instituciones internacionales.

Tecsup cuenta actualmente con dos sedes: una en Lima, en funcionamiento desde 1984, y la otra en Arequipa desde 1993, equipadas con modernos talleres y laboratorios. Los cursos se ofrecen tanto en sus locales como en las instalaciones de las empresas ubicadas en cualquier punto del país y con una moderna aplicación de tecnología de información también a través de Internet. Asimismo, mantiene programas con empresas proveedoras, como el programa internacional de entrenamiento CAT en Tecsup.

El número de egresados supera los 4.000, en las especialidades de: química y metalurgia, mantenimiento de maquinaria de planta, mantenimiento de equipo pesado, electrotecnia Industrial, electrónica y automatización industrial, y redes y comunicaciones de datos, que laboran en las principales empresas del país y del extranjero. Los egresados de Tecsup tienen un alto índice de empleo, que alcanza a un 94%.

#### **4.4.3 Grupo México**

Si bien el Grupo México<sup>136</sup> no posee un centro de investigación tecnológica, la empresa realiza bastante investigación interna en sus operaciones en México (principalmente en las operaciones de cobre La Caridad y Cananea, ubicadas en el Estado de Sonora, en las minas de zinc en San Luis Potosí, y en las minas subterráneas en la localidad de Parral, y en Perú, en las operaciones de Toquepala, donde tienen una planta piloto para pruebas de lixiviación, así como en la fundición de Ilo.

En México realizan una estrecha colaboración con las universidades locales ubicadas cerca de sus operaciones en Sonora, San Luis Potosí y Monterrey, así con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ubicada en Ciudad de México. La compañía invierte cerca de US\$ 4 millones anuales en I&D, y tienen ventas anuales

<sup>135</sup> Más detalles en: <http://www.tecsup.edu.pe/>

<sup>136</sup> Grupo México, [www.gmexico.com.mx](http://www.gmexico.com.mx)

cercanas a US\$ 5.000 millones. En los últimos años, sus prioridades de investigación han sido la minería subterránea, la biolixiviación de minerales y el mejoramiento de los procesos productivos para aumentar la recuperación de metales.

#### 4.4.4 Grupo Minero Peñoles

El Grupo Minero Peñoles tiene un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDT) que depende de la División de Servicios Industriales Peñoles (SIP S.A.), ubicado en la ciudad de Monterrey en el Estado de Nuevo León en el norte de México, lugar donde estaba ubicada una fundición de plata de la compañía y que fue trasladada a la localidad de Torreón, por lo cual actualmente se está evaluando trasladar el centro a esta ciudad<sup>137</sup>.

En los últimos años, el grupo ha utilizado los estímulos fiscales, fondos mixtos y sectoriales y los programas Avance y Consorcio del CONACYT para realizar proyectos de I&D tecnológico en México. Como resultado de la vinculación con universidades y otros centros de investigación, Peñoles destina 0,5% de sus ventas en I&D, logrando así optimizar el rendimiento de procesos mediante la reducción de costos, tecnologías limpias y aumento en la producción de minerales.

El centro realiza investigación con personal propio y en cooperación con universidades (de Sonora, Autónoma San Luis Potosí (UASLP)), así como el Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, entre otros, a través de proyectos asignados y conjuntos, programas de becas y becarios, estancias de profesores en sabáticos, y contratación de servicios. En febrero 1995 se firmó el primer Convenio de Colaboración Científica y Tecnológica SIP S.A. – UASLP.

Desde 1994, Industrias Peñoles ha financiado total o parcialmente más de 20 proyectos de investigación, principalmente en el diseño y desarrollo de nuevos procesos, la optimización de procesos actuales, y la investigación de carácter ambiental. La Tabla 4.10 muestra las relaciones de cooperación que mantiene el CIDT del Grupo Peñoles con centros de investigación y proveedores mexicanos e internacionales.

**Tabla 4.10. Alianzas Tecnológicas de CIDT del Grupo Peñoles**

Institución	País
Instituto Politécnico Nacional	México
CINVESTAV IPN-Salttillo	México
Universidad Autónoma de San Luis Potosí	México
G & T Metallurgical Service LTD	Canadá
I.T.E.S.M.	México
Universidad Autónoma Metropolitana	México
Beateman México, S.A.	Estados Unidos
BacTech	Sudáfrica
Universidad Autónoma de Nuevo León	México
Science Applications Inter. Corp.	Estados Unidos
CIDETEQ	México
Convenio IPN "CICATA"	México
EMR Industries	Canadá
UASLP-British Columbia-Noranda-Peñoles	México - Canadá

Fuente: Peñoles (2003)

Una importante línea de investigación es la biominería, para lo cual la empresa invirtió en una planta piloto de demostración en Monterrey, México, usando un circuito integrado con la tecnología bioleach, y las etapas de SX-EW con una capacidad de

<sup>137</sup> Grupo Minero Peñoles, <http://www.penoles.com.mx>

diseño de 500 kg/día de cobre, en colaboración con MINTEK de Sudáfrica, BacTech de Canadá y el Centro de Biotecnología del Instituto Tecnológico Superior de Monterrey (ITESM). En esta misma línea de investigación, la empresa con el Instituto de Investigación Científica Molecular (IPICYT), el Instituto de Metalurgia de la UASLP, y la Universidad de Nuevo León. Actualmente, están validando esta tecnología y realizando las evaluaciones económicas.

Además, el CIDT apoya a las operaciones mineras del Grupo Peñoles. En este ámbito destaca la validación metalúrgica del proyecto Milpillás, en colaboración con el IM2 de Codelco Chile. Este mismo tipo de colaboración fue utilizada por el Grupo Peñoles cuando hace 12 años ingresó al negocio de producción de oro y buscó una asociación con Newmont, el mayor productor de oro del mundo.

Este proyecto, ubicado en el Estado de Sonora, es el primer proyecto de cobre de la empresa, que históricamente ha sido una importante productora de oro y plata en México. Se espera producir el primer cátodo de cobre vía minería subterránea, lixiviación, SX-EW en el primer semestre de 2006. Más detalles de su operación se entregan en el siguiente capítulo.

#### **4.4.5 Codelco Chile**

Codelco ha sido una compañía minera que ha impulsado sostenidamente la Investigación e Innovación Tecnológica (I&IT) en sus operaciones. En el período de 1990 al 2004 invirtió en forma directa en proyectos más de US\$ 240 millones, donde 32% correspondió a estudios relacionados con el área minera (geología, geomecánica, planificación, carguío, transporte, perforación, tronadura, entre otros), 21% al área de fundición, 16% a hidrometalurgia, 12% a plantas concentradoras, 4% a refinería y 16 % a otras áreas<sup>138</sup>.

El crecimiento experimentado por la I&IT se ha debido principalmente a la promulgación, en el año 1996, de la “Política de Investigación e Innovación Tecnológica de Codelco-Chile”, la cual se compone de los siguientes lineamientos:

- ✓ Posicionamiento en el primer nivel de uso de la tecnología disponible en el mercado.
- ✓ I&IT en forma sistemática y permanente en áreas donde el mercado no ofrece una respuesta integral.
- ✓ Perfeccionamiento de la organización y de la gestión de I&IT.
- ✓ Desarrollo y especialización técnica de profesionales.
- ✓ Acuerdos de cooperación.
- ✓ Protección del patrimonio tecnológico.

Como resultado de la implementación de dicha política, se generaron distintas iniciativas de innovación, entre las que destacan, la creación en el año 1998 del Instituto de Innovación de Minería y Metalurgia (IM2)<sup>139</sup> y el desarrollo de programas corporativos tecnológicos.

Actualmente, el IM2 cuenta con cerca de 120 proyectos en distintas etapas de ejecución y con alrededor de 140 profesionales de diversas disciplinas científicas y tecnológicas que trabajan en proyectos relativos a medio ambiente, geología y geometalurgia, minería subterránea y a rajo abierto, procesamiento de minerales, pirometalurgia, hidrometalurgia, mecatrónica, automatización y control, tecnologías de la información y comunicaciones.

---

<sup>138</sup> Este monto no considera la inversión en I&D en empresas relacionadas, por ejemplo, Biosigma, Alliance Copper, entre otras.

<sup>139</sup> Su misión es la búsqueda y desarrollo de innovaciones tecnológicas en el ámbito minero y metalúrgico. Más detalles en: [www.im2.cl](http://www.im2.cl)

Para lo anterior, el IM2 trabaja a través de una red de instituciones del conocimiento, que incluye un intercambio fluido con instituciones académicas y/o de innovación, nacionales como extranjeras, así como una creciente relación con su cliente principal Codelco-Chile, a través de alianzas con las distintas divisiones y los programas tecnológicos corporativos.

Los programas tecnológicos implementados tienen por propósito desarrollar tecnologías donde el mercado no ofrece soluciones a los desafíos técnicos de la empresa, mediante la evaluación y validación de desarrollos tecnológicos, tanto a escala piloto como comercial. De este modo, desde el año 1997 al 2003, se desarrollaron tres programas relacionados con minería subterránea, procesamiento de minerales (concentración e hidrometalurgia) y fundición, cuyos resultados originaron nuevas propuestas de programas tecnológicos.

En este sentido, en la actualidad se están ejecutando diversos programas con la finalidad de validar sus usos en la operación minera, vinculados a la fundición-refinería, biolixiviación y minería subterránea. El programa de fundición-refinería tiene como propósito incrementar la capacidad de fusión del Convertidor Teniente (CT)<sup>140</sup>, desarrollar un proceso de conversión continua y dar soluciones a los problemas ambientales a causa de los concentrados con un alto nivel de impurezas (por ejemplo, arsénico).

Por otra parte, el programa de biolixiviación plantea como desafío aumentar la eficiencia de la recuperación y reducir la cinética de extracción de los minerales sulfurados de baja ley, y adicionalmente, se persigue convertir esta tecnología en una alternativa económicamente viable para el tratamiento actual de minerales sulfurados. Asimismo, el programa tecnológico de minería subterránea tiene como objetivo aumentar la productividad y producción de mineral enviado a la planta y reducir los costos de operación con la aplicación de técnicas de pre-acondicionamiento<sup>141</sup> y la inclusión de nuevos equipos para que la extracción, transporte y chancado del mineral sea más expedita. En un futuro cercano se espera incorporar nuevos programas tecnológicos de bio-minería in situ, robótica y minería a rajo abierto.

Otras de los ámbitos de acción de la compañía ha sido generar acuerdos de colaboración y alianzas; con empresas mineras, fabricantes y proveedores de equipos y maquinarias mineras, universidades e instituciones de investigación a nivel nacional e internacional con el propósito de desarrollar soluciones tecnológicas y compartir conocimientos en las áreas de intereses mutuos.

Entre los acuerdos de mayor relevancia destacan la creación de nuevos negocios tecnológicos (filiales), estos son:

- ✓ En el año 2001, Codelco se asoció con BHP Billiton, formando la sociedad Alliance Copper Ltd. (ACL), en partes iguales. El objetivo de esta alianza es demostrar a escala comercial la viabilidad técnica, económica y ambiental del proceso de biolixiviación de concentrados de cobre con microorganismos del tipo termófilos. En el año 2003, con una inversión de US\$ 60 millones se puso en marcha una planta prototipo en Codelco Norte con una capacidad de producción de 20.000 ton/año de cobre fino, a partir de concentrados con altos contenidos de arsénico (1,8% a 4%)<sup>142</sup>. En el año 2004, se evaluó la aplicación de esta tecnología a los concentrados complejos (con alta impureza) provenientes del yacimiento Ministro Alejandro Hales (ex-Mansa Mina).

<sup>140</sup> Equipo desarrollado por Codelco en el año 1977, actualmente utilizado en distintas fundiciones de cobre del mundo.

<sup>141</sup> Las técnicas utilizadas son el fracturamiento hidráulico y la detonación precisa con explosivo, éstas generan un conjunto de nuevas fracturas en el macizo rocoso previo a cualquier actividad de operación minera (socavación y hundimiento de bloque), con el objetivo de producir mineral más fragmentado al momento de su extracción.

<sup>142</sup> Más detalles en [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)

- ✓ En el año 2002, Codelco y Nippon Mining & Metals conformaron la sociedad investigadora Biosigma S.A, cuya propiedad es 66,66% de Codelco y el 33,33% de la compañía japonesa. El propósito de la sociedad es desarrollar tecnologías en biolixiviación para el procesamiento eficiente de recursos mineros de baja ley, cuya explotación mediante los sistemas tradicionales no es económicamente viable. Hasta la fecha, se han realizado importantes avances, destacando el descubrimiento e identificación de una nueva bacteria para biooxidar azufre y hierro, y el posterior secuenciamiento de su genoma, identificando cerca del 95% de su material genético, principalmente los genes responsables de acelerar el proceso de biolixiviación (Codelco, 2004)<sup>143</sup>.

Esta iniciativa, podría en el largo plazo ofrecer más oportunidades concretas de innovación tecnológica, a medida que la investigación básica de este proyecto muestre resultados positivos. En este sentido, este proyecto de Biominería se podría articularse con algún programa de desarrollo proveedores mineros, permitiendo así generar mayor *expertise* en biominería, y que esto se convierta en una ventaja competitiva de la industria minera chilena.

Un tercer negocio es la creación de la empresa MiCoMo (Mining Information Communications and Monitoring S.A.), en conjunto con la empresa japonesa líder en telecomunicaciones Nippon Telegraph & Telephone Corporation, NTT, en el mes de abril de 2006, y que se analiza en detalle en el capítulo de tecnologías de información y comunicación (TIC) en minería, más adelante.

En las Tablas 4.11 y 4.12 se ilustran algunas de las alianzas y acuerdos de colaboración tecnológicas suscritos entre Codelco y empresas o instituciones nacionales e internacionales.

**Tabla 4.11. Acuerdos de Colaboración Tecnológicos de Codelco Chile**

Nombre	Instituciones - empresas	Objetivo
MMT <sup>144</sup> (Mass Mining Technology)	Universidad de Queensland, De Beers, Rio Tinto, Newcrest, Sandvik LKAB, Western Mining, BHP Billiton, Orica, INCO, Xstrata Copper, Codelco.	Desarrollar conocimiento sobre fenomenología y operación de métodos de explotación subterránea por hundimiento.
HSBM (Hybrid Blasting Stress Model)	JKMRC <sup>145</sup> , De Beers, Rio Tinto, African Explosives, Sandvik, Anglo American, Codelco, Dino Nobel, Itasca.	Desarrollar conocimiento en la fenomenología de detonación de los explosivos y modelar su acción sobre la roca.
LOP (The Stability of Rock Slopes in Large Open Pit Mines)	CSIRO <sup>146</sup> , Codelco, Anglo American, Xstrata Copper, BHP Billiton, Barrick, De Beers, Newmont, Newcrest.	Mejorar el conocimiento de esta manera predecir la confiabilidad de la estabilidad de taludes de minería a cielo abierto.
Copper Technology Road Map	AMIRA <sup>147</sup> ; AngloAmerican, Phelps Dodge, BHP-Billiton, RTZ, Western Mining, Antofagasta Minerals.	Elaborar un mapa tecnológico de la industria del cobre, que incluya aspectos sociales, económicos y requerimientos de mercado.

Fuente: COCHILCO, en base a información de Codelco Chile, [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)

<sup>143</sup> Más detalles en: [www.biosigma.cl](http://www.biosigma.cl)

<sup>144</sup> Algunos de los productos alcanzados por este acuerdo se están aplicando en la actualidad en el programa tecnológico de minería subterránea.

<sup>145</sup> Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre (JKMRC), es un centro de transferencia tecnológica del Sustainable Mineral Institute (SMI) de la Universidad de Queensland (Australia), dedicado a generar soluciones a los problemas técnicos de la industria minera. <http://www.jkrc.ug.edu.au>

<sup>146</sup> Australian Commonwealth Scientific and Research Organization (CSIRO), es un centro de investigación científica australiano dedicado a entregar soluciones para la agricultura, energía y transporte, ambiente y recursos naturales, salud, información tecnológica, manufacturas, telecomunicaciones y recursos mineros. <http://www.cat.csiro.au>

<sup>147</sup> Australian Mineral Industries Research Association (AMIRA), es una agrupación que reúne a importantes compañías mineras, asociadas con el fin de patrocinar investigaciones colaborativas. <http://www.amira.com.au>

**Tabla 4.12. Alianzas Tecnológicas de Codelco Chile.**

Institución - empresa	Objetivo
Outokumpu, Finlandia	Acuerdo de cooperación, firmado en el año 2001, para el desarrollo y cooperación de innovaciones tecnológicas; y alianzas para explorar, desarrollar, explotar negocios en la industria de cobre en otros países.
DBT, Alemania <sup>148</sup>	Alianza que busca establecer mecanismos de cooperación orientados, fundamentalmente, al desarrollo y validación de las tecnologías de extracción y transporte continuo de mineral. Esta empresa está dedicada a proveer equipos mineros y equipos continuos para el manejo de materiales en la minería del carbón.
Universidad de Chile, Chile	Convenio para el perfeccionamiento de profesionales y para complementar esfuerzos en el área de modelamiento matemático, a través del Centro de Modelamiento Matemático (CMM) de esta casa de estudio.
Honeywell	Identificar una relación comercial que mejore las prácticas y resultados que se pueden obtener de la automatización en las plantas concentradoras de Codelco.
NTT, Japón	En la actualidad se está evaluando la posibilidad de adaptar a los procesos productivos algunos desarrollos de tecnologías de información y comunicación (TIC) de última generación, aún no disponibles en el mercado.
Kuka Robot Group	Orientado a identificar potenciales aplicaciones de robotización en operaciones mineras.

Fuente: COCHILCO, en base a información de la Memoria Anual 2004 de Codelco - Chile

#### 4.4.6 Empresa Nacional de Minería (ENAMI)

La Empresa Nacional de Minería (ENAMI, 2005)<sup>149</sup> acaba de lanzar su Plan Estratégico, donde uno de los lineamientos es la Gestión de Innovación y Desarrollo Tecnológico (I&D), con el objetivo de fomentar y apoyar internamente y entre los pequeños y medianos mineros, la investigación, innovación y desarrollo tecnológico, promoviendo la formación de consorcios en alianza con privados, universidades y centros de investigación, y posibilitando, de esta manera, el acceso del sector minero y de la empresa a recursos concursables del Fondo de Innovación para la Competitividad, indicado anteriormente.

Cabe señalar que para el sector de la pequeña y mediana minería en Chile, ENAMI tiene una política establecida; sin embargo, requiere de un reforzamiento y ampliación del alcance de los impactos (en todos los ámbitos de la empresa y sus clientes). Por su parte, la empresa, básicamente por las restricciones económicas de los últimos años, no tuvo como política fomentar internamente la innovación y el desarrollo tecnológico, prefiriendo la utilización de tecnologías probadas, usualmente adquiridas en el extranjero.

En este sentido, se han planteado las siguientes aplicaciones que permiten definir los indicadores para medir el desarrollo de este lineamiento estratégico:

- **Ámbito Pequeña y Mediana Minería:**
  - Publicaciones y programas de difusión en el sector, respecto a posibilidades de financiamiento de proyectos I&D y a las ventajas de la innovación tecnológica.
  - Hacer de puente entre el sector minero y universidades y/o centros de investigación.
  - Realización de concursos anuales de proyectos I&D para seleccionar y, si es necesario, ayudar a complementar y/o agrupar propuestas que postulan con posibilidades de éxito a recursos concursables del Fondo en Innovación para la Competitividad, y
  - Número anual de proyectos del sector asesorados por ENAMI.
- **Ámbito Interno:**

<sup>148</sup> Actualmente este convenio se está ejecutando en el marco del programa tecnológico de minería subterránea.

<sup>149</sup> Más detalles en: [www.enami.cl](http://www.enami.cl)

- Realización de concursos anuales de proyectos I&D que postulen a financiamiento interno y/o externo.
- Número anual de proyectos de I&D presentados dentro de la empresa, y
- Número anual de proyectos internos y con terceros, financiados y en desarrollo.

Para lo anterior, se han propuesto los siguientes planes estratégicos:

- ✓ Lograr financiamiento para promover y articular proyectos de I&D entre el sector minero y universidades y/o centros de investigación.
- ✓ Preparar y realizar concursos anuales de proyectos I&D entre pequeños y medianos mineros, haciendo puente con universidades y centros de investigación.
- ✓ Incorporar financiamiento, vía estudios pre-inversionales (EPI), para la promoción y el desarrollo en ENAMI de proyectos I&D.
- ✓ Evaluación del cambio cultural hacia la innovación, tanto en el sector minero como internamente.
- ✓ Definir procedimiento de evaluación y aplicar metodología.

Cabe señalar además, que en el año 2005, los Ministerios de Economía, Minería, y ENAMI, la Comisión Nacional del Medioambiente (CONAMA), la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), y el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) suscribieron un Acuerdo Marco para la Sustentabilidad Integral de la Pequeña Minería de Chile, con el objetivo de facilitar el desarrollo de la pequeña minería a través de un mejoramiento integral de su gestión, medio ambiente, seguridad minera y laboral, convirtiéndose en una actividad sustentable y competitiva en el mercado nacional e internacional, a través de un trabajo conjunto de los organismos de regulación, fomento, fiscalización sectorial y SONAMI, bajo la coordinación del Ministerio de Minería<sup>150</sup>.

#### 4.4.7 Sociedad Química y Minera de Chile S.A: (SQM)

Para SQM, sus recursos naturales son fundamentales para poder ofrecer los mejores productos y servicios a sus clientes. Por eso, se encuentra en una búsqueda constante de los mejores procesos, las tecnologías más avanzadas y las soluciones más innovadoras, para aprovechar al máximo los recursos disponibles, realizando una explotación sustentable y eficiente a la vez. Actualmente, la empresa tiene operaciones en la I y II Región de Chile (ver imagen)<sup>151</sup>, y en otros 8 países.



<sup>150</sup> Ver acuerdo en: [http://www.sonami.cl/pdf/acuerdo\\_marco.pdf](http://www.sonami.cl/pdf/acuerdo_marco.pdf)

<sup>151</sup> Fuente: sitio web de SQM, [www.sqm.com](http://www.sqm.com)



Inicialmente la empresa comenzó con la explotación del caliche para producir nitratos, yodo y sulfatos, y partir del año 2004 comenzó con la explotación de las salmueras del Salar de Atacama para producir potasio, litio, boro, entre otros productos, sino corría el riesgo de perder continuidad y competitividad en el mercado de fertilizantes y productos industriales. Son temas claves han sido la diversificación de la cartera de productos enfocada a la demanda de los clientes mundiales y la disposición a la innovación. La Figura 4.4 muestra la evolución en el desarrollo de productos en SQM.

**Figura 4.4. Evolución en el Desarrollo de Productos en SQM**

	YODO	NUTRIENTES VEGETALES ESPECIALES		LITIO
80'	Yodo	Nitrato de Sodio	Nitrato de potasio	
90'	Derevidado de yodo	Nutrilake	Cloruro de potasio (*)	
		Fertilizantes solubles	Ácido bórico	Carbonato de litio
		Sulfato de Sodio	Sulfato de potasio	
2000'	Sales de yodo	Fertilizantes foliares		Butyl litio
				Hidróxido de litio
		200 mezclas de especialidad		Cloruro de litio

Fuente: Presentación "Innovación Tecnológica en la Minería no Metálica: la Experiencia de SQM, Carlos Nakousi, Vicepresidente de Tecnología, en Seminario "Innovación en Minería", organizado por SONAMI; Abril de 2006, Santiago de Chile, [www.sonami.cl](http://www.sonami.cl)  
 (\*) Anteriormente se importaba.

En el caso del yodo y sus derivados, la producción aumentó desde 13.000 ton en el año 1990 (26% del mercado) hasta 25.000 ton en el año 2005 (38% del mercado), principalmente para nuevos productos: medios de contraste, electrónica.

Para la línea de productos de nutrición vegetal de especialidad, actualmente la empresa ofrece más de 200 mezclas, nitrato de potasio, nitrato de sodio, sulfato de sodio y potasio, entre otros productos, y sus esfuerzos se han enfocado a generar productos de mejor calidad para cultivos, debido principalmente a la escasez de agua y tierras cultivables.

Para el caso del litio y sus derivados, la producción aumentó desde 45.000 ton en el año 1990 (16% del mercado) hasta 75.000 ton en el año 2005 (35% del mercado), principalmente para nuevos productos que se utilizan en baterías recargables, grasas lubricantes (hidróxido de litio), y fármacos (butyl litio), entre otros.

Así, a través de una fuerte y constante inversión en innovación y desarrollo tecnológico, la compañía puede mantener y fortalecer su liderazgo mundial en sus 3 áreas de negocios principales.

Su gestión de I&D se realiza a través de la Vicepresidencia de Tecnología, que cuenta con 16 profesionales, entre ellos 4 doctores y 2 masters, y tiene un gasto de alrededor 0,7% de las ventas, que en el año 2005 alcanzaron a cerca de US\$ 900 millones. Cifra muy relevante respecto a los US\$ 183 millones del año 1990.

Sus principales líneas de investigación son:

- ✓ Energía – aprovechamiento de la energía solar (80% de la energía utiliza en el proceso) y eólica.

- ✓ Tecnologías de lixiviación y cristalización
- ✓ Desarrollo de productos y procesos de litio
- ✓ Desarrollo y optimización de procesos de potasio, nitratos y nutrientes vegetales de especialidad.

Lo anterior le permitirá a la empresa implementar y desarrollar proyectos por cerca de US\$ 600 millones en los próximos 3 años, principalmente para el mejoramiento de procesos y el desarrollo de productos. Sin duda, un importante desafío a analizar en más detalle.

#### 4.4.8 Fundación Chile

Otro caso de análisis es la Fundación Chile<sup>152</sup>, que si bien su trabajo no está ligado exclusivamente al sector minero, su estudio entrega directrices sobre un buen modelo de transferencia de negocios tecnológicos. La Fundación posee un presupuesto anual del orden de US\$ 25 millones, donde el 83% de éste es financiado por la propia Fundación. Su misión es introducir innovaciones y desarrollar el capital humano en los cluster claves de la economía chilena a través de la gestión de tecnologías y en alianza con redes de conocimiento locales y globales. La Fundación está conformada por centros tecnológicos en disciplinas claves para la economía chilena como la agroindustria, recursos marinos, bosques e industrias de la madera, medio ambiente y metrología química, tecnología de la información y capital humano, cuyas modalidades principales de transferencia y difusión tecnológicas son las siguientes:

- ✓ Desarrolla, adapta y vende tecnología a clientes de los sectores productivo y público, en el país y en el exterior,
- ✓ Promueve innovaciones institucionales e incorpora nuevos mecanismos de transferencia,
- ✓ Difunde tecnologías a múltiples usuarios (función de antena tecnológica).
- ✓ Participa en la creación de empresas innovadoras.

En relación al último punto, la Fundación ha creado más de 60 empresas, de las cuales alrededor de la mitad ya han sido vendidas al sector privado. La creación de empresas, casi siempre en asociación con privados, forma parte de un modelo propio de transferencia, destinado a demostrar la factibilidad técnica y comercial de algunos nuevos productos y tecnologías. Una vez probada su eficacia en la práctica, la Fundación vende su participación en dichas empresas.

Respecto del ámbito de acción de los centros tecnológicos de Fundación Chile, el más vinculado a la minería es el Centro Ambiental. En éste se busca fortalecer la inserción de las empresas locales en los mercados mundiales, mejorando su productividad y permitiéndoles alcanzar los más altos estándares ambientales y metrología, mediante la promoción y desarrollo de innovaciones de alto impacto que conduzcan al desarrollo sustentable del país. En la Tabla 4.13 se muestran las áreas en las cuales se focaliza su trabajo:

Por otra parte, la Fundación Chile, al igual que otras empresas o instituciones, ha formado alianzas para conseguir sus propósitos tecnológicos establecidos, como se muestra en la Tabla 4.14.

---

<sup>152</sup> Es una Corporación de derecho privado, sin fines de lucro, creada en el año 1976 a través de un acuerdo entre el Gobierno de Chile e ITT Corporation de los Estados Unidos. Más detalles en: [www.fundacionchile.cl](http://www.fundacionchile.cl)

**Tabla 4.13. Áreas Ambientales Foco de la Fundación Chile**

Tecnologías limpias, reciclaje y tratamiento de residuos.	Evaluación de riesgo y remediación ambiental.	Energía sustentable.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos productivos más limpios.</li> <li>• Nuevos productos de alto valor a partir de los residuos.</li> <li>• Reciclaje de residuos con valores metálicos.</li> <li>• Tratamiento de residuos líquidos con metales y compuestos persistentes.</li> <li>• Inertización de residuos peligrosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación y caracterización de sitios contaminados.</li> <li>• Evaluación de riesgo.</li> <li>• Herramientas y tecnologías para cierre de faenas mineras.</li> <li>• Remediación de sitios contaminados y rehabilitación de sitios mineros.</li> <li>• Gestión de pasivos ambientales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioenergía (producción – purificación de biogás) y energía desde biomasa.</li> <li>• Mercado del carbono.</li> <li>• Promoción de energías renovables.</li> <li>• Eficiencia energética (industrial, público y residencial)</li> </ul>

Fuente: Fundación Chile, Gerencia de Medio Ambiente y Metrología Química

**Tabla 4.14. Alianzas Tecnológicas de la Fundación Chile.**

Alianza	Nombre empresa - instituciones
<b>Empresas chilenas</b>	OXIQUM S.A, Indura, Minera Formas, Water Management, Hidroambiente, Forjados S.A, Geoinformación, SRGIS.
<b>Empresas extranjeras</b>	ECOREG, C&E, Bioplanta, Alemania; SWECO, Suecia; IMC y Envirotreast, UK; ETI, Canadá; Waterloo Hidrogeologic, Canadá; VGT, Australia.
<b>Instituciones tecnológicas</b>	IVL – Instituto Sueco de Medio Ambiente, Batelle Memorial Institute, Red Latinoamericana de Centros de Producción Limpia; CMLR (Centre of Mined Land Rehabilitation) de Australia
<b>Universidades chilenas</b>	Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Talca, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Católica del Norte, Universidad de la Serena y Universidad de Concepción.
<b>Universidades extranjeras</b>	Texas en Austin (USA), Humbolt (Alemania), Waterloo (Canadá), Queensland (Australia), Lund y Växjö (Suecia).

Fuente: Fundación Chile, Gerencia de Medio Ambiente y Metrología Química

En general, las principales empresas mineras operando en América Latina en los cuatro países analizados utilizan distintos métodos y vínculos para realizar investigación y desarrollo en sus campos de interés, como se muestra en la Tabla 4.15, lo cual permite dar una señal a las universidades, centros de investigación y proveedores locales que desean generar alianzas tecnológicas con estas operaciones.

**Tabla 4.15. Investigación Tecnológica en Empresas Mineras Internacionales.**

Empresa	Gasto (aprox.)		Centros de investigación y vínculos Tecnológicos	Principales Alianzas	Principales áreas de investigación
	US\$ millones	% de las ventas			
Anglo American	45	0,2	Anglo Research (Johannesburgo, Sudáfrica)	Empresas mineras, universidades, Mintek, AMIRA, CSIRO, JKMRRC.	Procesamiento de minerales, desarrollo sustentable, exploración geológica.
Anglogold Ashanti Ltd	4,5	0,2	ISS Internacional Ltd. (Stellenbosch, Sudáfrica)	Compañías mineras, Mintek, AMIRA, CSIRO, JKMRRC, CRC, Mintek, universidades.	Investigación sísmica y desarrollo sustentable ambiental, explotación minera.

Antofagasta Minerals	n.d	n.d	No cuenta con centro tecnológico, pero realizan investigación a través de alianzas.	AMIRA, JKMR <sup>153</sup> .	Procesamiento de minerales
Barrick Gold	n.d	n.d	No cuenta con centro tecnológico.	Universidades canadienses, empresas mineras, AMIRA, CRC.	Exploración, desarrollo sustentable.
BHP Billiton	30	n.d	Centros Tecnológicos en Johannesburgo (Sudáfrica), Perth Newcastle, Melbourne (Australia)	Empresas mineras, universidades australianas, Chinese Academy of Science (CAS), FutureGen Alliance <sup>154</sup> , AMIRA, JKMR, CSIRO, CRC, entre otras.	Exploración geológica, procesamiento de minerales, fundición, desarrollo sustentable.
Codelco-Chile	21	0,25	Instituto de Investigación en Minería y Metalurgia (IM2), Santiago, Chile.	Universidades chilenas, JKMR, compañías mineras, CSIRO, AMIRA y empresas proveedoras.	Explotación minera, procesamiento de minerales, desarrollo sustentable.
Compañía Vale Do Rio Doce (CVRD)	n.d.	0,5	Minas Gerais (Brasil), e investigación en operaciones mineras	Universidades, centros de investigación y clientes en Brasil y el exterior	Logística, desarrollo de proyectos mineros, procesamiento de minerales, medioambiente,
Grupo México	5,0	n.d.	Investigación en operaciones y alianzas tecnológicas	Universidades, centros de investigación, proveedores y empresas mineras	Minería subterránea, la biolixiviación de minerales y el mejoramiento de los procesos productivos
Newmont	n.d <sup>155i</sup>	n.d	Malozemoff Technical Facility, (Denver, Colorado, USA)	Centros de investigación estadounidenses, universidades, empresas mineras, CSIRO, AMIRA, CRC.	Exploración geológica, explotación minera, procesamiento de minerales, desarrollo sustentable.
Peñoles	25	0,5	CIDT (Monterrey, México)	Universidades, centros de investigación y otras empresas mineras	Procesamiento de minerales, automatización, biominería
Phelps Dodge Mining Company	19,0	0,4	Process Technology Center y Central Analytical Service Center (Safford, Arizona, USA), Climax Technology Center (Sahuarita, Arizona, USA)	Empresas mineras, universidades norteamericanas, AMIRA, CSIRO, CRC.	Procesamiento de minerales, exploración, minería, fundición y refinación de metales, desarrollo sustentable.
Placer Dome	8,0	0,5	Vancouver Research Centre (Vancouver, Canadá)	Universidades canadienses, empresas mineras, JKMR, AMIRA, CRC.	Explotación minera, procesamiento de minerales.
Rio Tinto	25,0	0,55	Grupo Tecnológico con operaciones en: Brisbane, Melbourne, Perth, Sydney (Australia), Bristol (UK) and Salt Lake City (USA).	Empresas mineras, FutureGen Alliance Maxygen, AMIRA, universidades australianas, CSIRO, JKMR, CRC.	Fundición de hierro, explotación minería, desarrollo sustentable.

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de antecedentes de sitios web de las empresas mineras  
n.d: no disponible

<sup>153</sup> A través de Minera Los Pelambres.

<sup>154</sup> Alianza conformada por distintas empresas estadounidenses y de otros países, que busca construir una planta para capturar dióxido de carbono y producir hidrógeno.

<sup>155</sup> El gasto de I&T está incluido en el ítem "exploration & research", el cual asciende a US\$ 80 millones aproximadamente.

Estudios más detallados sobre los temas particulares de investigación y de los programas de investigación e innovación de las empresas mineras y los gobiernos de los países analizados podría luego dar luces sobre los frenos para generar sinergias entre los programas públicos y privados de I&D.

Además, sería muy útil conocer las áreas temáticas que se cubren con las instancias de cooperación de las empresas CVRD y de Peñoles, u otras compañías mineras locales operando en América Latina, lo cual permitiría conocer las áreas donde se centra la absorción de tecnologías mineras.

#### **4.5 Hallazgos**

En general, los sistemas tecnológicos aplicados al sector minero en los países de América Latina en estudio están en etapas primarias de implementación y desarrollo, comparados con sistemas de países que presentan un historial más largo en desarrollo en I&D minero como son Canadá o Australia.

Algunos temas que es necesario potenciar son una mayor inversión en I&D, el acceso al financiamiento al mercado de capitales nacional e internacional, una mayor educación y capacitación de capital humano para innovar y de gestión y fomento (investigadores, empresarios y trabajadores), la definición de metodologías claras de participación en los procesos de I&D que innove respecto a las modalidades tradicionales de intervención; mayor coordinación institucional de los gestores de fondos sobre todo a nivel nacional y local; y mejorar la asociatividad de todos los actores y articulación de los programas que a menudo operan en forma aislada.

Respecto al rol de las empresas mineras nacionales e internacionales operando en los países en estudio, estas realizan investigación en minería para resolver problemas específicos en algunas de sus operaciones alrededor del mundo, proyectando sus innovaciones tecnológicas hacia una amplia gama de sectores productivos. En este sentido, por ejemplo, la minería del cobre se beneficia de la investigación minera en otros metales, donde predomina un proceso de adaptación de tecnologías creadas originalmente para otros minerales, preferentemente del hierro y de otros metales básicos.

Por otra parte, los centros de investigación de estas empresas mantienen una relación directa con las operaciones mineras, tanto para la transferencia tecnológica como para realimentarse con los desafíos reales que ellas siguen presentando y que requieren solución. Hacia el ámbito externo, se establecen redes con otros centros científicos y tecnológicos competentes en el campo internacional que potencian la labor de las unidades tecnológicas internas. Además se procura proyectar los logros tecnológicos hacia otras compañías vía transferencia comercial y/o formas de asociación.

En este sentido, pareciera una oportunidad para el sector minero en Chile, el fondo de innovación para la competitividad, mientras el programa de innovación BID – Gobierno de Perú resulta una verdadera opción para los actores locales, y donde este último ya tiene a la minería como uno de los sectores prioritarios.

Asimismo, esfuerzos debieran realizarse para aunar criterios entre todos los sectores públicos y privados para definir proyectos de interés común, y en definitiva permitan atraer recursos al sector científico y tecnológico de la minería.

## 4.6 Bibliografía

- Andrade, V., 2005, “*Gestión de la Tecnología en CVRD*”, presentación en Tercera Conferencia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo, marzo de 2005, Brasil.  
[http://www.cgee.org.br/cncti3/Documentos/Seminariosartigos/Presencainternacional/DraVania%20Andrade\\_apre.ppt](http://www.cgee.org.br/cncti3/Documentos/Seminariosartigos/Presencainternacional/DraVania%20Andrade_apre.ppt)
- Arruda, C., 2005, “Financiamiento”, en seminario temático Gestión y Regulación, Centro de Gestión y Estudios Estratégicos de Brasil, Marzo de 2005.
- Arteaga, D., 2003, “Las Capacidades de Investigación Científica y Tecnológica en el Perú en el Área Temática de Geología y Minería”, Informe Final, Programa Perú – BID de Ciencia y Tecnología (PE – 0203), Lima, Perú, Febrero 2003.  
[http://www.concytec.gob.pe/ProgramaCyT/FONCYC/informes/inf\\_579.pdf](http://www.concytec.gob.pe/ProgramaCyT/FONCYC/informes/inf_579.pdf)
- Álvarez, V., Aranda, P., y Pérez, V., 2000, “Diagnóstico sobre la Investigación e Innovación Tecnológica en Minería”, documento interno.
- Bande, J., Enrique, S., 2003, “El Cobre y la Minería: una plataforma para el desarrollo”, Crecimiento en Chile. Cámara Chilena de la construcción.
- Batista, J.C., 2001, “¿Es Posible un Cluster en Torno a la Bauxita en el Estado de Pará?”, en *Aglomeraciones Mineras y Desarrollo Local en América Latina*, Capítulo II, Rudolf M. Buitelaar (Compilador), proyecto IDRC – CEPAL; ISBN: 0-88936-985-2 (CIID), 958-682-330-X (Alfomega S.A.), Noviembre 2001, pp. 219 - 250.
- Baxter, K.G., Kaiser, C., Bateman Australia Pty Ltd, y G.D. Richmond, Western Metals Design of the Mt Gordon Chalcocite Project Resources Limited; ALTA Copper 1999,  
<http://www.batemanengineering.com/TECHNOLOGY/9June/Design%20of%20the%20Mt%20Gordon%20Chalcocite%20Project.pdf>
- Baxter, K.G., y Richmond, G. D., 2001, “Design and Operating Experience from the Mt. Gordon Copper Operations of Western Metals”, en ALTA Copper; (September 2001) and SAIMM (2001).  
<http://www.batemanengineering.com/TECHNOLOGY/Design%20and%20Operating%20Experience%20from%20the.pdf>
- Baxter, K.G., Dreisinger, D., y Pratt, G, 2003, “The Sepon Copper Project - Development of a Flow sheet”, en Hydrometallurgy Conference 2003, TMS.  
<http://www.batemanengineering.com/TECHNOLOGY/The%20Sepon%20Copper%20Project%20-%20Development%20of%20a%20Flowsheet.pdf>
- Bercovich, N., 2005, “*De las Aglomeraciones Territoriales a los Sistemas Productivos Locales: El Programa de Fomento a APL en Brasil*”, presentación en Seminario SECyT: “Conglomerados productivos, competitividad, desarrollo local e innovación”, Octubre de 2005, Buenos Aires, Argentina. Disponible en:  
[http://www.secyt.gov.ar/pype/seminario\\_conglomerados\\_prod/ponencias\\_seminario/Exposiciones/Nestor%20Bercovich/seminario\\_conglomerados\\_%20NBercovich.ppt](http://www.secyt.gov.ar/pype/seminario_conglomerados_prod/ponencias_seminario/Exposiciones/Nestor%20Bercovich/seminario_conglomerados_%20NBercovich.ppt)
- Buitelaar, R., 2002, “Reflexiones sobre Clusters y Marcos Regulatorios, pensando en el caso de la minería en el Norte de Chile”, en 53ª *Convención Anual del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile*, Calama, 6-9 de noviembre 2002, Calama, Chile
- Carvalho Melo, S., 2005, “Mato Grosso no Centro Oeste Sul-Americano”, Cuiabá, UFMT, 2005.
- Castro, S.H., Sánchez, M.A., Vergara, F., and Oyaneder, E., 1998, «Water and Slurry Wastes Assessment in the Chilean Copper Industry», in *Environment & Innovation in the Mining and Mineral Technology*, M.A. Sánchez, F. Vergara, and S.H. Castro (Editors), University of Concepción, Chile)

Castro, S., and Sánchez, M., 2002, "Environmental viewpoint on Small-scale Copper, Gold and Silver Mining in Chile", published in the Journal of Cleaner Production, Elsevier.

Chadwick, J., 2003, "Clean Copper Technology", en *Mining Environmental Management*, septiembre 2003, pp. 16- 18.

Codelco Chile, 2004, "Memoria Anual".

[http://www.codelco.cl/desarrollo/reporte/2004/Master%20 Codelco/Memoria/Memoria\\_web/Me m.html](http://www.codelco.cl/desarrollo/reporte/2004/Master%20Codelco/Memoria/Memoria_web/Me m.html)

CONICYT, 2004, Listado de Indicadores en CyT año 2004

<http://www.conicyt.cl/indicadores/gasto/nacional/gastonacional.html>

CONCYTEC, 2005, "Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano – PNCTI 2006 – 2021", Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (SINACYT), Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), Lima, Noviembre 2005.

<http://ap.concytec.gob.pe/planctei/archivo/PLAN-NACIONAL-CTI.pdf>

Dirección General de Promoción Minera, 2005, "Diagnóstico de Egresados en Ciencias de la Tierra en el Sector Minero-Metalúrgico", estudio en CD promocional "Mexican Mining", Ministry of the Economy, Undersecretariat for Mining Activities, Mining Promotion Division, Octubre 2005.

Dreisinger, D., 2004, "New Developments in Hydrometallurgical Treatment of Copper Concentrates", en *Hydro-Sulfides 2004*, Santiago de Chile, Noviembre 2004.

ENAMI; 2005, "Plan Estratégico: Propuesta de Futuro para la Mediana y Pequeña Minería Nacional", Empresa Nacional de Minería, Santiago de Chile.

<http://www.enami.cl/noticias/Nuevo%20plan%20estratgico20060203.pdf>

García, E., León, J.L., Montoya, F., Stucchi, M.A., Velásquez, J.E., y D'Álessio, F., 2003, "Análisis de la Competitividad de la Gran Minería Metálica del Perú y Propuesta de Estrategias Generales para su Desarrollo", *Documento de Enseñanza DTE02 – 2003*, CENTRUM Católica, Centro de Negocios Universidad Católica del Perú, Surco, 2003.

Habashi, F., 2005, "Copper Metallurgy at the Crossroads", presentación interna en la Comisión Chilena del Cobre, Department of Mining, Metallurgical, and Materials Engineering, Laval University, Quebec City, Canada, 20 de abril de 2005.

Katz, J., Cáceres, J., y Cárdenas, Kattia, 2000, "Instituciones y Tecnología en el Desarrollo Evolutivo de la Industria Minera Chilena", División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL.

Jaramillo, L., 2002, "Análisis de la Participación del Sector Privado Peruano en Ciencia, Tecnología e Innovación", Informe Final, Programa Perú – BID de Ciencia y Tecnología (PE – 0203), Lima, Perú, Diciembre 2002.

[http://www.concytec.gob.pe/ProgramaCyT/FONCYC/informes/inf\\_434.pdf](http://www.concytec.gob.pe/ProgramaCyT/FONCYC/informes/inf_434.pdf)

Lima, M., Meller, P., "Análisis y evaluación de un cluster minero en Chile", informe elaborado para el Consejo Minero; Universidad de Chile y Universidad Católica, 2003.

Ministerio de Ciencia y Tecnología Brasil (2005), "Indicadores de Ciencia y Tecnología"

<http://www.mct.gov.br/estat/Default.htm>

Ministerio de Minería de Chile, 2004, "Análisis de Factibilidad Técnica y Económica de la Creación de Un Cluster Minero", elaborado por la Universidad de Chile, documento interno.

Moussa, N., 1999, "Desarrollo de la Minería del Cobre en la Segunda Mitad del Siglo XX", División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL.

Mullin, J., 2002, "Perú/BID - Programa de Ciencia y Tecnología: Un Análisis del Sistema Peruano de Innovación". Una contribución al desarrollo del Programa de Ciencia y Tecnología BID/Perú, Proyecto PE-0203, Mullin Consulting Ltd y Asociados, Diciembre 2002. [http://www.concytec.gob.pe/ProgramaCyT/FONCYC/informes/sni\\_451.pdf](http://www.concytec.gob.pe/ProgramaCyT/FONCYC/informes/sni_451.pdf)

OECD, 2005, Main Science and Technology Indicators (MSTI): 2005/2 edition <http://www.oecd.org/dataoecd/49/45/24236156.pdf>

OMC, 2002, Examen de las Políticas Comerciales de México, Organización Mundial de Comercio, [www.wto.org](http://www.wto.org)  
Outokumpu, 2003, "Building a Vision, Shaping the Future of Metals, in *Outokumpu News* N° 1.

Peacey, J., Guo, X.J., y Robles, E., 2003, "Current Status, Preliminary Economics, Future Direction and Positioning versus Smelting". [http://www.hatch.ca/Non\\_Ferrous/articles/copper\\_hydrometallurgy.pdf](http://www.hatch.ca/Non_Ferrous/articles/copper_hydrometallurgy.pdf)

Peñoles, 2003, "Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, C.I.D.T.", presentación en Foro Consultivo, Científico y Tecnológico del Congreso Nacional de Vinculación para la Competitividad, Querétaro, México, Mayo 2003. [http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos\\_realizados/vinculacion/prentacionespdf/9quimicaybiotecnologia/bocanegrapienoles.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/vinculacion/prentacionespdf/9quimicaybiotecnologia/bocanegrapienoles.pdf)

Pérez, V., 2002, "La Investigación e Innovación Tecnológica en la Minería del Cobre", [http://www.cochilco.cl/contenido/b-publicaciones/estudios/libre\\_acceso/Investigación%20y%20tecnologia.pdf](http://www.cochilco.cl/contenido/b-publicaciones/estudios/libre_acceso/Investigación%20y%20tecnologia.pdf)

Pinto, A., y Chierigati, A.C., 2002, "*Estado da arte em tecnologia mineral no Brasil, EM*", Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Ciência, Tecnologia e Inovação, para CTMineral, Secretaria Técnica, do Fundo Setorial Mineral, mayo 2002 [http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/Documentos/CTMineral/ct-mineral06estado\\_da\\_arte.pdf](http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/Documentos/CTMineral/ct-mineral06estado_da_arte.pdf)

Revista Minería Chilena, "Chile es Pionero en la Aplicación y Desarrollo de la Flotación de Cobre, N° 254, Agosto 2002, pp. 17-22.

RICYT, 2003, "Indicadores de Ciencia y Tecnología por País – Red Iberoamericana y Interamericana". <http://www.ricyt.edu.ar/>

Taylor, A., 2002, "Big Guns Now in Copper concentrate Leaching Race", desde Alta Metallurgical Services, septiembre 2002. <http://www.altamet.com.au/>

Valenzuela, A., and Fytas, K., 2002, "Mercury Management in Scall-Scale Mining", *International Journal of Surface Mining Reclamation and Environment*, Raj Singhal (editor), Rotterdam, Netherlands, 16:1, p 2-23.

Valenzuela, A., 2003, "Desarrollo del cluster minero en Chile: Estado actual", 2003, en Recopilación de Trabajos "Mercado del Cobre y Desarrollo Sustentable en la Minería", editado por Comisión Chilena del Cobre, ISBN 956-8242-01-5, Santiago, Chile. Disponible en: <http://www.cochilco.cl/desarrollo/estudios/cluster.pdf>

Wood, P. R., y Hicks, A. M., 2002, "The Intec Copper Process: Superior and Sustainable Metals Production", en *International Seminar on Mining and Environment*, organizado por la Comisión Chilena del Cobre, Consejo Minero y Universidad de Concepción, abril 2002.

### **Páginas web**

- ✓ Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana- (RICYT), <http://www.ricyt.edu.ar/>
- ✓ Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), <http://www.cytcd.org/>



- ✓ Ciencia y Tecnología en la UE, <http://epp.eurostat.cec.eu.int/>
- ✓ Foro Económico Mundial, <http://www.weforum.org>

### **Chile**

- ✓ Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, <http://www.conicyt.cl>
- ✓ Corporación de Fomento de la Producción, [www.corfo.cl](http://www.corfo.cl)
- ✓ Comunidad de Intereses en Minería – CIMM, [www.innovacionminera.cl](http://www.innovacionminera.cl)
- ✓ Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM), [www.cimm.cl](http://www.cimm.cl)
- ✓ Comisión Chilena del Cobre, [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)
- ✓ Instituto de Innovación de Minería y Metalurgia (IM2), [www.im2.cl](http://www.im2.cl)
- ✓ Corporación del Cobre (Codelco Chile), [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)
- ✓ Empresa Nacional de Minería (ENAMI), [www.enami.cl](http://www.enami.cl)
- ✓ Fundación Chile, [www.fundacionchile.cl](http://www.fundacionchile.cl)

### **Perú**

- ✓ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, <http://www.concytec.gob.pe>
- ✓ Centro Tecnológico Superior, Tecsup, <http://www.tecsup.edu.pe/>

### **México**

- ✓ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, <http://www.conacyt.mx/>
- ✓ Banco Nacional de Comercio Exterior de México, BANCOMEXT, [www.bancomext.com](http://www.bancomext.com)
- ✓ Secretaría de Economía, <http://www.economia.gob.mx>
- ✓ Grupo México, [www.gmexico.com.mx](http://www.gmexico.com.mx)
- ✓ Grupo Minero Peñoles, <http://www.penoles.com.mx>
- ✓ Revista Investigación y Desarrollo, <http://www.invides.com.mx/>
- ✓ Facultad de Ingeniería UNAM, [www.ingenieria.unam.mx](http://www.ingenieria.unam.mx)

### **Brasil**

- ✓ Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil, [www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br)
- ✓ Financiadora de Estudios y Proyectos, [www.finep.gov.br](http://www.finep.gov.br)
- ✓ Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, [www.cnpq.br](http://www.cnpq.br)
- ✓ Centro de Tecnología Mineral, <http://www.cetem.gov.br>
- ✓ Instituto Nacional de Tecnología, [www.int.gov.br](http://www.int.gov.br)
- ✓ Instituto Brasileño de Información en Ciencia y Tecnología, [www.ibict.br](http://www.ibict.br)
- ✓ Centro de Gestión y Estudios Estratégicos, [www.cgee.org.br](http://www.cgee.org.br)
- ✓ Banco de Desarrollo de Brasil, [www.bndes.gov.br](http://www.bndes.gov.br)
- ✓ Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, [www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br)
- ✓ Compañía Vale Do Río Doce, <http://www.cvrd.com.br/>
- ✓ Centro Tecnológico de Minas Gerais, <http://www.cetec.br/>

## 5. EL SECTOR PROVEEDOR PARA LA MINERÍA Y LAS INICIATIVAS PARA SU FORTALECIMIENTO

### 5.1 El Sector Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios para la Minería

#### 5.1.1 La importancia del sector proveedor de la minería

La industria minera constituye uno de los sectores con mayor diversidad de bienes, insumos y servicios requeridos en las distintas etapas del proceso, como se mostró en el capítulo anterior y más adelante. En las mineras se manejan un número muy elevado de proveedores en distintos rubros. Algunas características de este sector y su impacto en el negocio minero se muestran en la Tabla 5.1.

**Tabla 5.1. Principales Características del Sector Proveedor de la Minería**

<b>Factor</b>	<b>Evaluación</b>
<b>Cantidad de Proveedores Importantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la minería se maneja un número muy elevado de proveedores en distintos rubros.</li> <li>• El 50% de las compras se concentra en unos 23 rubros, dentro de los cuales se observa una competencia importante.</li> <li>• Los principales proveedores corresponden a personal contratista y de planta, combustibles (principal insumo), reactivos, aceros, explosivos, neumáticos y servicios, entre otros.</li> <li>• En términos generales no existe concentración de compras a un rubro o proveedor específico.</li> </ul>
<b>Disponibilidad de Proveedores Sustitutos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En general, los distintos insumos de la industria minera cuentan con amplia variedad de proveedores.</li> <li>• Las empresas mineras tienen una amplia variedad de proveedores altamente dispuestos a tener nuevos clientes.</li> </ul>
<b>Costos de Cambio de Proveedor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En general no se identifican costos fuertes por cambio de proveedor, con excepción de algunas áreas específicas tales como equipos mina y equipos planta.</li> </ul>
<b>Amenaza de Integración hacia Adelante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe una amenaza de integración de los proveedores hacia la industria minera.</li> </ul>
<b>Contribución a la Calidad del Producto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay pocos insumos tales como reactivos que impactan en la calidad final de producto, pero no son relevantes en volumen de compras de una minera.</li> </ul>
<b>Impacto en los Costos Totales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe un muy alto impacto.</li> <li>• Aparte de las Remuneraciones, los ítemes de Energía, Servicios y Materiales totalizan del orden del 60% de los costos totales de una minera.</li> <li>• El desglose sería como sigue: Remuneraciones: 40%; Materiales: 28%; Combustibles: 10%; Energía: 8%; y Servicios: 14%.</li> </ul>
<b>Importancia de la industria para rentabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En general la mayoría de los proveedores tiene una oferta que se diversifica en otras industrias.</li> <li>• No obstante, hay algunos proveedores principales que se encuentran exclusivamente dedicados a la minería o para los cuales la minería es muy importante dentro de su negocio: aceros, explosivos, neumáticos, ladrillos refractarios (caso fundiciones).</li> </ul>

Fuente: Estudio "Identificación de Oportunidades de Negocio Globales en Base a Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) para el Cluster Minero y Relacionados", 2005. Ver: [www.pbct.cl](http://www.pbct.cl)

A continuación, se analizan algunas estadísticas que permiten mostrar las fortalezas y debilidades del sector proveedor de bienes, insumos y servicios mineros en los cuatro países de América Latina.

### 5.1.1.1. El sector manufacturero brasileño

En el año 2004, el país extrajo 84 productos mineros diferentes<sup>156</sup>. La producción de hierro, oro, granito, bauxita y caliza representa alrededor del 70% del valor total de la producción minera que fue de US\$ 30.000 millones en el año 2003.

Por su parte, el sector manufacturero brasileño está sumamente diversificado y contribuye a cerca del 23% del PIB total. En este sector destacan la metalurgia básica, la maquinaria y equipos, y los productos químicos. Destacan las exportaciones de laminado de hierro o acero que superaron los US\$ 2.000 millones en el año 2004, mientras que en los semimanufacturados destacaron el hierro fundido con US\$ 1.180 millones, y los semimanufacturados de hierro o acero con US\$ 2.120 millones.

Un reciente estudio constató que algunas de las industrias de Brasil tienen bajos índices de penetración de las importaciones, especialmente la metalurgia, mientras que este índice se ha incrementado significativamente en otras, a saber, materiales electrónicos y de comunicación, vehículos de motor y aviones<sup>157</sup>.

En 2003 se introdujo un nuevo programa de políticas para el desarrollo económico, parte del Plan Plurianual (PPA), que modificó la política pública, y que apunta, entre otras cosas a promover el desarrollo industrial y las mejoras tecnológicas en los sectores productivos de la economía brasileña. Las autoridades intentan alcanzar estos objetivos mediante, entre otras cosas, políticas industriales y tecnológicas horizontales y verticales, y el establecimiento de un marco normativo que proteja el entorno institucional y los derechos del consumidor, y promueva la estabilidad fiscal. Además, esta política intenta difundir tecnología a través de los sectores en los que se considera que el Brasil tiene ventajas comparativas y otorgar instrumentos adicionales a las actuales medidas fiscales y financieras tradicionalmente utilizadas por las autoridades, como se detalla más adelante.<sup>158</sup>

### 5.1.1.2. Perú y la importancia de las importaciones

Las exportaciones del sector minero peruano alcanzaron en el año 2004 cerca de US\$ 6.950 millones, representando un 55% del total de exportaciones peruanas. En el período 1995 – 2004 se invirtieron en minería cerca de US\$ 8.500 millones.

Por otra parte, las actividades manufactureras, según un informe de la OMC “sólo aportan una pequeña contribución a la economía de Perú; ya que éstas han sido objeto de una importante reestructuración debido al aumento de la competencia de las importaciones”. El sector minero ha sido el principal beneficiario del régimen de importación temporal de Perú, por el que se autoriza la suspensión de aranceles y otros impuestos con que se gravan determinadas importaciones de bienes e insumos mineros<sup>159</sup>. Por ejemplo, Southern Perú del Grupo México obtiene un crédito para impuestos sobre la renta por concepto de los impuestos al valor agregado de las compras de bienes de capital u otros bienes y servicios que utiliza en sus operaciones<sup>160</sup>.

Estudios de Kuramoto (2001a y b) señalan que los requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras en Perú pocas veces pueden ser satisfechos por las empresas nacionales. Ejemplos de esto son los equipos que son producidos sólo por

<sup>156</sup> Departamento Nacional de Producción Mineral, información en línea. Disponible en: <http://www.dnpm.gov.br>

<sup>157</sup> Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2003). Uma contribuição ao debate sobre a nova política industrial brasileira. Textos para Discussão 101.

<sup>158</sup> *Roteiro para agenda de desenvolvimento* (2003), página 6.

<sup>159</sup> Examen de las Políticas Comerciales de Perú, Organización Mundial de Comercio (OMC), abril 2000.

<sup>160</sup> Ver Informe Anual 2004, Grupo México, página 38, [www.gmexico.com.mx](http://www.gmexico.com.mx)

la empresa creadora de la tecnología; reactivos que no son producidos en el país, etc. Asimismo, parece que existen fallas de mercado debido a que las grandes empresas no tienen conocimiento de las capacidades tecnológicas de los proveedores nacionales mientras que éstos últimos carecen de un eficiente sistema de mercadeo que les permita llegar a las grandes empresas mineras.

### 5.1.1.3 México y la industria maquiladora

México también es un importante distrito minero, que en el período 1995 – 2004 recibió inversiones en el sector minero – metalúrgico por un valor de US\$ 6.500, que han permitido generar ingresos por más de US\$ 3.000 millones para ese período.

El año 2004 fue, para el sector minero, el de más alto crecimiento en los últimos años, con una tasa de 4.6% anual en el PIB de la minería no petrolera. Este crecimiento se sustentó tanto en el incremento del valor de la producción como de las exportaciones, ambos debidos al alto nivel que las cotizaciones de los principales metales no ferrosos alcanzaron en el mercado mundial; asimismo, estos resultados se vieron respaldados por la expansión del mercado interno de las materias primas mineras, resultado del crecimiento de la mayor parte de las industrias manufactureras, cuyo PIB, en conjunto, después de una crisis de tres años, logró un avance de 3.8%<sup>161</sup>.

En conjunto, la industria minera y manufacturera mexicana es un sector amplio y diversificado, que representó un 21% del PIB total como promedio durante el período 1996-2000. En esos años, el sector confirmó su importante función como catalizador del crecimiento económico. Su dinamismo ha estado asociado con un entorno normativo favorable, y el impulso dado por la constante expansión de la economía estadounidense, que es principal mercado de exportación de las manufacturas mexicanas.

En el año 2001, las industrias manufactureras más importantes fueron desde el punto de vista del valor agregado<sup>162</sup>: productos metálicos, maquinaria y equipo, que incluyen en particular los automóviles (32%); los productos alimenticios, las bebidas y el tabaco (24%); y los productos químicos y los plásticos (14%).

De acuerdo al “Examen de las Políticas Comerciales de México, 2002”, el sector manufacturero mexicano ha estado sometido a una fuerte presión para que aumente su productividad como resultado de la mayor integración del país en la economía mundial, especialmente a través del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), lo que ha obligado a las industrias nacionales a competir directamente con algunos de los productores más competitivos del mundo. Al mismo tiempo, un mercado norteamericano más unido ha facilitado el acceso de los productores mexicanos a la base de la demanda, el capital y la tecnología necesarios para aprovechar las economías de escala y mantener los aumentos de productividad.

Una de las características más notables del sector manufacturero mexicano es la importante función que desempeña la industria maquiladora, basada en la importación temporal, en franquicia arancelaria, de insumos (incluida maquinaria) que se utilizarán en actividades manufactureras orientadas a la exportación. En este sentido, este factor ha influenciado fuertemente en el desarrollo de productos locales, principalmente en el sector minero, como se analiza más adelante.

<sup>161</sup> Informe de la Industria Minera Mexicana, año 2004, Secretaría de Economía, Departamento de Promoción Minera, [www.economia.gob.mx](http://www.economia.gob.mx)

<sup>162</sup> Nota: La cifra que figura entre paréntesis corresponde a su proporción en el PIB generado por el sector manufacturero. Fuente: Examen de las Políticas Comerciales de México, Organización Mundial de Comercio, 2002.

#### **5.1.1.4 Los grandes proveedores de la minería en Chile**

En Chile se estima que operan más de 150 empresas mineras, las que utilizan más de 2.200 productos y servicios mineros, los cuales se abastecen por cerca de 400 empresas proveedoras y más de 1.000 representaciones. Se estima que más de 2.500 ejecutivos trabajan en torno de la actividad minera a través de empresas proveedoras<sup>163</sup>.

APRIMIN, la Asociación de Grandes Proveedores Industriales de la Minería, y que cuenta con 38 empresas asociadas, da empleo a cerca de 25.000 trabajadores directos más otros 9.000 indirectos que ofrecen bienes e insumos y prestan servicios de diversa índole en todas las minas operando en América Latina. En el año 2005, sus empresas asociadas US\$ 1.450 millones, lo que significó un aumento de 15% en relación al ejercicio anterior. Cabe señalar que del total de insumos mineros que venden en el país, el 51% corresponde a producción nacional y el 49% restante se importa principalmente desde Estados Unidos, Australia, Japón, Suecia y Finlandia, que son países donde tienen sus casas matrices las empresas socias<sup>164</sup>.

#### **5.1.2 Estimación de la demanda de bienes, insumos y servicios mineros**

Como bien se ha señalado en el Capítulo 3, las importantes cifras de inversión proyectada en exploración y explotación en los países en estudio sumadas a los significativos gastos de operación que incurren las operaciones mineras actuales, posicionan a Latinoamérica como el principal abastecedor mundial de productos mineros primarios.

Sin lugar a dudas este nivel de inversión minera y los gastos operacionales sostenidos en el tiempo en los países donde se emplazan los recursos mineros constituye un polo de atracción para los proveedores de bienes, insumos y servicios mineros que visualizan oportunidades de negocios frente a una industria minera con necesidades múltiples; expuesta a la volatilidad de los precios de los productos que comercializa y a una tendencia de costos de producción al alza.

Este escenario impone a las compañías mineras operar con altos estándares de eficiencia a partir de la aplicación de tecnología de punta y la ejecución de prácticas operacionales de excelencia en cada uno de los procesos que constituye el negocio minero. En un mundo globalizado como el actual, la preocupación por el medioambiente y el desarrollo de las comunidades locales se han posicionado como temas altamente relevantes en el desempeño y supervivencia de las empresas mineras. Es así como hoy en día el valor real de una empresa está definido por sus impactos económicos, ambientales y sociales.

Cada uno de los desafíos anteriormente descritos demanda proveedores de alta especialización, con un alto compromiso con la innovación, mejoramiento continuo y un desarrollo tecnológico permanente sustentado en la investigación aplicada.

##### **5.1.2.1 Aproximación de estimación de demanda**

Actualmente las proyecciones de inversión en minería no se encuentran lo suficientemente sistematizadas en todos los países en análisis. Como se estimó en el Capítulo 3, en el período 2006-2010 podrían invertirse cerca de US\$ 40.400 millones en el sector minero en los países en estudio, y a grandes rasgos, sólo los estudios de

<sup>163</sup> Fuente: Compendio de la Minería Chilena, 2004, Editec Ltda.

<sup>164</sup> Más detalles ver: [www.aprimin.cl](http://www.aprimin.cl)

ingeniería y la etapa de construcción de proyectos nuevos y aumentos de capacidad en los sectores del cobre, hierro, oro, níquel, zinc, plata y aluminio demandarían del orden US\$ 4.000 y US\$ 12.000 millones, respectivamente. Por su parte, la inversión en equipos e insumos se estima en US\$ 24.000 millones.

Las cifras anteriormente mencionadas no incluyen los gastos que demandan las actividades que directa o indirectamente se relacionan a la producción y posterior comercialización de los productos mineros. Esta información en general no está disponible en forma pública en detalle. Estas cifras permitirían determinar de manera más precisa el detalle de ítems y gastos con las que podría configurarse un escenario en el cual la institucionalidad de cada país puede definir a que áreas productivas apuntar sus estrategias de desarrollo a partir de las oportunidades de negocios que la actividad minera genera.

### **Los gastos operacionales de la Gran Minería en Chile**

En este mismo contexto, una de las pocas iniciativas en que se presentan cifras agregadas y agrupadas por ítem de gastos de operación, es el Informe de la Gran Minería editado por el Consejo Minero A.G.<sup>165</sup>. Este organismo gremial que fue fundado en 1998 agrupa a las compañías mineras extranjeras privadas operando en Chile, y la estatal Codelco Chile, y tiene como misión trabajar por el desarrollo del sector, difundir las actividades mineras, y aportar al fortalecimiento de Chile, su gente y su minería.

El informe del Consejo Minero da cuenta respecto a que el gasto de las grandes compañías mineras para mantener sus operaciones en el país ascienden anualmente a más de US\$ 5.000 millones, y de este total, el monto destinado a la compra de bienes e insumos promedia alrededor de US\$ 1.300 millones (partes y piezas, insumos de planta y mina, reactivos, equipos, entre otros), mientras otros US\$ 1.800 millones son demandados en servicios mineros (servicios generales y de mantención, contratistas y consultores).

Según estimaciones de COCHILCO, de acuerdo al monto de gastos operacionales presentado en el Informe del Consejo Minero, el valor promedio anual de la compra de bienes e insumos mineros se desglosa para el período 2000-2004 en: a) US\$ 513 millones importados directamente por las empresas mineras; b) US\$ 465 millones vendidos en el país, por representantes de proveedores extranjeros y nacionales, y c) aproximadamente sólo US\$ 322 millones de producción nacional (24% del total).

Por su parte, se estima que del gasto total incurrido en servicios mineros por las empresas de la Gran Minería chilena asciende a US\$ 1.800 millones, donde US\$ 180 millones correspondería a servicios de Ingeniería y Consultoría, US\$ 540 a servicios de construcción y cerca de US\$ 1.080 millones a gastos en servicios generales.

#### **5.1.2.2 La demanda en la industria del cobre y estudios de casos**

Como se mostró en el capítulo anterior, existe una gran variedad de bienes e insumos que requiere el sector minero del cobre en los países en análisis de América Latina.

De acuerdo a una metodología utilizada por COCHILCO en su trabajo "Oportunidades de Negocios para proveedores de bienes, insumos y servicios mineros en Chile"<sup>166</sup> se estima que sólo los proyectos nuevos de la industria minera del cobre en Brasil, Chile, México y Perú generarían una demanda potencial para algunos bienes e insumos cercana a los US\$ 2.000 millones, cuyo detalle se presenta en la Tabla 5.2.

<sup>165</sup> Este informe está disponible en: [www.consejominero.cl/intranet/upload/44memoria\\_CM\\_2004.pdf](http://www.consejominero.cl/intranet/upload/44memoria_CM_2004.pdf)

<sup>166</sup> Disponible en: [http://www.cochilco.cl/prensa/libros/libro\\_cochilco-20060126.pdf](http://www.cochilco.cl/prensa/libros/libro_cochilco-20060126.pdf)

**Tabla 5.2. Estimación de Demanda Potencial de algunos Bienes e Insumos en la Minería del Cobre en los países en estudio**

(Cifras promedio anuales en Millones de US\$. Período 2006-2010)

Ítem	Brasil	Chile	México	Perú	Total
Bolas	15	275	23	86	400
Ácido sulfúrico	6	318	32	32	388
Reactivos sulfuros	9	161	14	50	234
Neumáticos	6	140	15	34	194
Aceros de revestimiento	7	122	10	38	178
Camiones mineros	28	111	31	80	249
Reactivos óxidos	1	41	4	4	50
Palas Cable	10	37	10	27	85
Cargadores Frontales	4	9	3	7	23
Perforadoras Rajo	4	9	3	7	23
<b>Total</b>	<b>90</b>	<b>1.223</b>	<b>146</b>	<b>366</b>	<b>1.824</b>

Asimismo, a partir de los mismos supuestos de la estimación anterior se presenta en la Tabla 5.3 los resultados de la estimación para los servicios mineros.

**Tabla 5.3. Estimación de Demanda Potencial de Servicios en la Minería del Cobre**

(Cifras promedio anuales en Millones de US\$. Período 2006-2010)

Ítem	Brasil	Chile	México	Perú	Total
Ingeniería y Consultoría	14	192	23	57	286
Construcción	42	575	68	172	858
Servicios Generales y Mantenimiento de Equipos	84	1.151	137	345	1717
<b>Total</b>	<b>141</b>	<b>1.918</b>	<b>228</b>	<b>574</b>	<b>2.861</b>

Las cifras anteriormente presentadas pueden parecer bastante bajas para países como Brasil o México. Sin embargo debe considerarse que esta estimación se realiza sólo en base a la proyección de producción de cobre de cada uno de los países analizados.

En este sentido, debe considerarse la alta producción de cobre que ostenta Chile en comparación a los demás países de la región que producen mayoritariamente otros tipos de minerales y metales como hierro, oro y plata. Por lo tanto, las expectativas de oportunidades de negocios son bastante más auspiciosas que lo mostrado en las cifras anteriores.

El ejemplo anterior se presenta como una propuesta de lo que podría hacerse en los países en estudio para determinar el potencial de negocios que la actividad minera puede generar para los proveedores locales de bienes, insumos y servicios mineros. A modo de ejemplo, a continuación se presenta un informe sobre la demanda de bienes e insumos y se analizan algunas operaciones y proyectos de cobre, oro y hierro que permitan identificar oportunidades de negocios para los proveedores locales.

#### **a) Catastro de Equipamiento en la Minería de Chile y Perú**

Una forma de aproximarse a la demanda de bienes e insumos mineros por parte de las empresas mineras es a través de la realización de catastros de equipamiento de equipos mineros más relevantes usados en las faenas mineras en sus principales etapas como son la extracción y el procesamiento de minerales. A continuación, en la Tabla 5.4 se muestra el catastro de los principales equipos mineros y de las

principales marcas utilizadas en las principales operaciones de Perú y Chile, según una recopilación de Editec Ltda.

#### 5.4. Catastro de Equipos Mineros en principales operaciones en Perú y Chile

Operación Unitaria	Chile	Perú	Marcas
<b>Mina Subterránea</b>			
Camiones de bajo perfil	52	33	Wagner, DUX, Kiruna, Tamrock, Mitsubishi.
LHD	209	208	Wagner, Tamrock, Puma, CMS, Schopf, Driftech.
Jumbos	173	51	Atlas Copco, Tamrock, Secoma, Wombat, CMS.
Ventiladores	182	84	Woods, Joy, Sermitec, Howden, Tecmac, Airtec, Bufalo, Alphair, Timpasa.
<b>Mina Rajo Abierto</b>			
Camiones Fuera de Carretera	661	235	Caterpillar, Komatsu, Liebherr, Unit Rig.
Cargadores Frontales	134	77	Caterpillar, Le Tourneau, Volvo.
Equipos de Apoyo	337	111	Caterpillar, Komatsu, Tiger.
Palas de Carguío	98	28	P&H, Bucyrus, O&K, Demag, Hitachi, Caterpillar.
Perforadoras de Superficie	216	116	Atlas Copco, Ingersoll Rand, Bucyrus, Drilltech, P&H, Tamrock, Boart-Seco, Long Year.
<b>Plantas de Proceso</b>			
Bombas	976	703	Warman, Galigher, Goulds Pumps, Ksb, Ash, Vulco, Denver, Fima
Celdas de Flotación	2.253	794	Wemco, Denver, Outokumpu, Dorr Oliver-Eimco, Agitair
Chancadores	256	86	Metso Minerals, Fuller, Kue-Ken, Comesa.
Espesadores	163		Dorr Oliver-Eimco, Delkor, Outokumpu, Denver, Comesa.
Filtros	290	97	Delkor, Krebs, Outokumpu, U.S. Filter, Eimco, Comesa, Durco, Dorr Oliver-Eimco.
Hidrociclones	1.032	245	Krebs, Eral, Vulco, Cavex, Icba, Cluster, Mozley.
Molinos	307	143	Metso Minerals, Fuller, FFE Minerals, Comesa.

Fuente: Estudio "Equipamiento en la Minería Chilena y Peruana, versión 2003 – 2004, preparado por Editec Ltda., [www.editec.cl](http://www.editec.cl), Chile

#### **b) Proyectos de cobre de CVRD**

El portafolio de proyectos de cobre de CVRD se compone de los depósitos de mineral sulfurado, con contenido de cobre y oro relativamente elevados (minas de Sossego, Salobo, Alemão e Cristalino) y oxidado (Proyecto 118), localizados en la provincia minera de Carajás (PA) y distribuidos dentro de un radio no superior a 100 km. de distancia de las instalaciones de producción de mineral de hierro de la compañía.

Se suman a lo anterior, el complejo Estrada de Ferro de Carajás (EFC) y el Terminal Marítimo de Ponta de Madeira (TMPM), de propiedad de CVRD y la central hidroeléctrica de Tucuruí, lo cual genera un escenario propio para el desarrollo de actividades en torno a la minería, que se podría favorecer con la instalación de investigadores y proveedores locales que se relacionen con CVRD para la generación de proyectos conjuntos.

A continuación se detallan el estado de avance de cada uno de los proyectos de cobre mencionados anteriormente (Tabla 5.5)



**Tabla 5.5. Proyectos de Cobre de CVRD**

Proyecto	Características y Estado de avance
Sossego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción iniciada en junio de 2004, con una capacidad de 140.000 ton/año de concentrados con un contenido de 30% Cu.</li> <li>• Utilizada el proceso convencional de mina, beneficio de minerales y flotación.</li> </ul>
Salobo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de factibilidad concluyó en el año 2004</li> <li>• Recursos estimados en 986 millones de ton, con 0,82% Cu y 0,49 gr/ton Au, para una ley de corte de 0,5% Cu.</li> <li>• El proyecto contempla tratar 24 Mton/año de mineral para producir en promedio 540.000 ton/año de concentrados con 38% Cu (primeros años)</li> <li>• La vida útil de la operación sería 42 años.</li> <li>• CVRD decidió probar una ruta hidrometalúrgica para tratar el concentrado de cobre a través del proceso desarrollado por Cominco Engineering Services Ltd. (CESL), descrito en el capítulo anterior.</li> <li>• La planta tendrá una capacidad tratar 38.000 ton/año de concentrados de calcopiritita y producir 10.000 ton/año de cátodos. Comenzará a operar en el segundo trimestre de 2007. La inversión estimada es de US\$ 58 millones<sup>167</sup>.</li> </ul>
Alemão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos totales de 161 millones ton, con 1,3% Cu y 0,86 gr/ton Au.</li> </ul>
Cristalino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de pre-factibilidad concluido en el año 2003, y se utilizaría el mismo proceso que Sossego</li> <li>• Reservas preliminares indican: 312 millones ton con 0,77% Cu y 0,13 gr/ton Au</li> </ul>
118	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se estima su entrada en producción para comienzos del 2007</li> <li>• Proyecto de lixiviación, SX-EW con una capacidad instalada de 45.000 ton/año de cátodos de cobre.</li> </ul>

Fuente: elaboración COCHILCO, usando datos de CVRD, [www.cvrd.com.br](http://www.cvrd.com.br) y [www.cesl.com](http://www.cesl.com)

### **c) Grupo México**

El Grupo México es una de las compañías mineras más importantes de México, propietarias de operaciones de cobre, plomo, zinc, plata, entre otros metales en este país y Perú, principalmente.

El Grupo México tiene una política de abastecimiento corporativa para México con oficinas en Cananea, Hermosillo (capital del Estado de Sonora) y la Ciudad de México (para las compras en los Estados Unidos e internacionales). Muchas empresas proveedoras tienen oficinas al interior de las faenas del Grupo, y desde allí hacen sus ventas, en una especie de concesión.

Durante algún tiempo, se le exigió a la compañía adquirir bienes, insumos y servicios mineros localmente, situación que ya no se produce. En situaciones más bien puntuales la compañía ha desarrollado proveedores en México cercanos a sus operaciones que le ha permitido reducir costos, principalmente en rubros como proveedores de brocas, neumáticos, motores, explosivos, así como en servicios varios. En su Informe Anual 2004<sup>168</sup>, la empresa presenta los principales equipos mineros utilizados en sus operaciones en México, Estados Unidos y Perú, que se detallan a continuación en las Tablas 5.6 y 5.7.

### **Complejo La Caridad**

Esta operación cuenta además con una flotilla de bulldozers, niveladoras de caminos, pipas de agua y otros equipos. El mineral extraído de la mina es procesado en una planta concentradora de 90.000 ton/día para obtener un concentrado de cobre y molibdeno, que posteriormente es procesado en una planta de molibdeno con una capacidad de 2.000 ton/día de concentrados Cu-Mo. En 1980, se construyó una planta de cal para producir cal a partir de piedras calizas para ser utilizada en el proceso de

<sup>167</sup> Ver más detalles en: Presentation: CESL Process - Moving from Pilot to Production Scale (Hydro-Sulphides 2004). Disponible en [http://www.cesl.com/downloads/ppt\\_hs\\_2004.pdf](http://www.cesl.com/downloads/ppt_hs_2004.pdf)

<sup>168</sup> Ver Informe Anual Grupo México, páginas 45 - 59: [www.gmexico.com.mx](http://www.gmexico.com.mx)

concentración, y que actualmente tiene una capacidad de 340 ton/día de producto terminado.

**Tabla 5.6 Principales Equipos Mineros utilizados por el Grupo México, en México y Estados Unidos**

Minería Rajo Abierto	Camiones	Palas de	Perforadoras
	Mineros	Carguío	Eléctricas
La Caridad	38	8	6
Cananea	55	11	9
Mission	8	9	
Ray	37	6	
Silver Bell	8	4	
<b>Total</b>	<b>146</b>	<b>38</b>	<b>15</b>

Minería Subterránea	Máquinas de	Perforadoras	Jumbos de	Cargadores	LHD	Camiones de	Locomotoras
	Sondajes	manuales	perforación	de explosivos		bajo perfil	
Charcas	14	82	9	4	18	4	6
Santa Eulalia	5	68	2		9	4	
Santa Bárbara	9	95	13		36		16
San Martín	5	17	11		16	14	
Taxco	9	100	4		15	6	
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>362</b>	<b>39</b>	<b>4</b>	<b>94</b>	<b>28</b>	<b>22</b>

Los concentrados de concentrados de cobre son enviados a la fundición (capacidad de 300.000 ton/día, tecnología Outokumpu y horno vertical (tecnología comprada a Asarco para la fusión de residuos de cobre provenientes de la refinería)) para producir ánodos de cobre de 99,6% de pureza, los cuales son enviados a la refinería. Esta fundición cuenta con dos plantas de ácido sulfúrico de 2.650 y 2.160 toneladas métricas de ácido sulfúrico al día. Por su parte, la refinería utiliza la tecnología de cátodo permanente desarrollada por Kidd Creek de Canadá y una capacidad máxima de 300.000 ton/año, consistente de dos naves con 31 secciones con 1.115 celdas de concreto polimétrico con capacidad para 58 ánodos y 57 cátodos de acero inoxidable, una máquina preparadora de ánodos, dos máquinas despegadoras de cátodos y una máquina lavadora de residuos de cobre, todas marca Aisco.

El complejo La Caridad cuenta además con una planta de metales preciosos donde la sección de hidrometalurgia es tecnología de Mexicana de Cobre-HG, el área de pirometalurgia tiene un horno de fusión tipo Kaldo y la refinería de oro y plata de tecnología sueca de Boliden, la cual inició operaciones en julio de 1999 con una capacidad anual de tratamiento de 2,8 ton de lodos anódicos y una producción de 3,0 toneladas de oro de 99,99% y 50 ton de plata de 99,99% de pureza.

Adicionalmente se cuenta con una planta de alambión de cobre con una capacidad anual de 150.000 ton/año, que produce alambión de 8 mm. de calidad Magneto, Multilínea y Estándar de una pureza de 99,99%.

Por su parte, el mineral de baja ley, con una ley promedio de 0,25% de cobre se ha ido acumulando con el paso de los años, y actualmente se procesa mediante lixiviación, SX-EW en una planta con una capacidad de producción anual de 21,900 ton de cátodos de cobre.

## **Complejo Cananea**

La unidad de Cananea se dedica a la producción de concentrados de cobre y cátodos de cobre vía lixiviación, SX-EW, y está ubicado a 112 km. de La Caridad y a 60 km. al sur de la frontera con Arizona en las afueras del pueblo de Cananea. Los equipos de mina son indicados en la Tabla 5.5. La planta concentradora tiene una capacidad para procesar 80.000 ton/día de mineral para producir cerca de 470.000 ton/año de concentrados de cobre, que son enviados a la fundición de La Caridad.

El complejo cuenta con dos instalaciones de lixiviación, SX-EW (llamadas ESDE 1 y 2) con una capacidad total de producción de aproximadamente 50.000 ton/año de cátodos de cobre

## **Asarco**

El negocio de cobre de Asarco incluye las minas Misión y Ray en Arizona, un 75% de la mina de cobre Silver Bell, en Arizona, una fundición de cobre en Hayden (Arizona) y una refinería de cobre en Amarillo, Texas, en Estados Unidos<sup>169</sup>.

## **Industrial Minera México S.A. (IMMSA)**

IMMSA opera cinco complejos mineros subterráneos situados en el centro y norte del país, y que emplean sistemas de exploración y equipos mineros convencionales, como se muestra en la Tabla 5.5. Otras instalaciones de estas operaciones se describen a continuación.

- **Charcas** (110 km. al norte de la ciudad de San Luis de Potosí): planta concentradora con una capacidad de 4.000 ton/día, de flotación selectiva para producir concentrados de plomo (que se vende a terceros en México), cobre y zinc, que se procesan principalmente en la refinería de zinc y la fundición de cobre, ambas ubicadas en la misma ciudad.
- **Santa Eulalia** (25 km. al este de la ciudad de Chihuahua): una planta de flotación con una capacidad de 1.500 ton/día que produce concentrados de plomo (vendido a tercero) y zinc (procesado en San Luis de Potosí), con cantidades importantes de plata.
- **Santa Bárbara** (25 km. al suroeste de la ciudad de Hidalgo del Parral en el sur de Chihuahua), con una planta de flotación (capacidad: 4.800 ton/día) que produce concentrados de plomo (vendido a terceros), cobre y zinc, con cantidades importantes de plata y algo de oro, tratados en San Luis de Potosí o bien exportado.
- **San Martín** (100 km. al suroeste de la ciudad de Durango), con una planta de flotación (capacidad: 4.600 ton/día) que produce concentrados de plomo (vendido a terceros), cobre y zinc, con cantidades importantes de plata, tratados en San Luis de Potosí o exportado.
- **Taxco** (ciudad de Taxco de Alarcón, en la parte norte del Estado de Guerrero), con una planta de flotación (capacidad: 3.300 ton/día) que produce concentrados de plomo (vendido a terceros) y zinc, con algunas cantidades de plata y oro, tratados en San Luis de Potosí o bien exportados.

La refinería de zinc operada por IMMSA tiene una capacidad para procesar 200.000 ton/año de concentrados de zinc para producir sobre 100.000 ton/año de zinc refinado (99,995%) y aleaciones de zinc con aluminio, plomo, cobre o magnesio en cantidad y tamaños variables dependiendo de la demanda del mercado. Además, la planta produce como sub-productos: ácido sulfúrico (175.000 ton/año), cadmio refinado (600 ton/año), residuos de cobre (3.000 ton/año) y residuos de plomo – plata (10.000 ton/año), aproximadamente. Por su parte la fundición de cobre tiene una capacidad de tratamiento cercana a 60.000 ton/año para obtener cerca de 23.000 ton/año de cobre blister en el año 2004.

<sup>169</sup> Más detalles de estas operaciones ver Informe Anual 2004 de Grupo México, páginas 52 – 55.

Desde 1924, IMMSA opera el complejo de carbón y coque de Nueva Rosita, ubicado en el estado de Coahuila, a 280 km. de la frontera con Texas, Estados Unidos., y comprende una mina subterránea de carbón con una capacidad anual de 280.000 ton, y una coquizadota con 21 hornos de coque capaces de producir 90.000 ton/año de coque metalúrgico.

### **Southern Peru Copper Corporation (SPCC)**

SPCC, donde el Grupo México tiene una participación accionaria de 75,1%, opera en Perú, las minas de cobre a rajo abierto de Toquepala y Cuacone, la planta de lixiviación-SX-EW (llamada ESDE: extracción por solventes y depositación electrolítica) en Toquepala, así como un complejo minero en el puerto de Ilo, integrado por una fundición, una refinera de cobre y una planta de metales preciosos. La Planta ESDE tiene una producción de cátodos de cobre de aproximadamente 50.000 ton/año. La Tabla 5.7 detalla los principales equipos utilizados en estas operaciones.

**Tabla 5.7 Principales Equipos Mineros utilizados por el Grupo México, en Perú**

<b><u>Toquepala</u></b>	
Mina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palas (3 de 73 ton c/u; 4 de 22 ton c/u)</li> <li>• 4 perforadoras eléctricas rotatorias</li> <li>• Camiones (17 de 217 ton, 5 de 231 ton, 10 de 181 ton y 10 de 109 ton c/u)</li> <li>• Un ferrocarril para el transporte de mineral de la mina a la concentradora</li> </ul>
Concentradora Capacidad: 60.000 ton/día mineral para una producción de cobre contenido de 160.000 ton en 2004.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chancadores (1 primario, 3 secundarios, 6 terciarios)</li> <li>• Molinos ( 8 de barras, 24 de bolas)</li> <li>• 1 molino de bolas Fuller (12.000 ton/día) y 8 molinos de bolas para remolienda</li> <li>• Flotación Rougher: 4 celdas Outokumpu (100 m<sup>3</sup>), WEMCO (6 de 130 m<sup>3</sup>, 4 de 60 m<sup>3</sup> y 24 de 1.500 m<sup>3</sup>). La etapa de limpieza tiene 13 celdas en columna.</li> </ul>
<b><u>Cuacone</u></b>	
Mina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palas (2 de 72 ton c/u; 1 de 54 ton c/u, 1 de 22 ton c/u)</li> <li>• Un cargador frontal de 46 ton</li> <li>• 3 perforadoras eléctricas rotatorias</li> <li>• Camiones (8 de 231 ton, 18 de 217 ton)</li> <li>• Un ferrocarril para el transporte de mineral de la mina a la concentradora</li> </ul>
Concentradora Capacidad: 87.000 ton/día mineral para una producción de cobre contenido de 190.000 ton en 2004.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chancadores (1 primario, 3 secundarios, 6 terciarios)</li> <li>• 10 molinos de bolas, y 4 molinos de bolas para remolienda, y un molino vertical</li> <li>• 30 celdas de flotación Outokumpu de 100 m<sup>3</sup> y 6 celdas en columna.</li> <li>• Se cuenta además con una planta para recuperar molibdeno.</li> </ul>
<b><u>Complejo de Ilo</u></b>	
Fundición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encuentra en un proceso de modernización con una inversión de US\$ 306 millones, que consideró, entre otros, la instalación de la tecnología de fusión de concentrados de Isasmelt (Xstrata, Australia) por un monto de US\$ 13 millones; la ingeniería, abastecimiento y gerencia de construcción del proyecto por US\$ 39 millones a través de Flur, y la adquisición de otros equipos: planta de ácido, oxígeno, etc., por un monto de US\$ 81 millones<sup>170</sup>.</li> <li>• La capacidad de fusión será de 1,2 millones ton/ año de concentrado, y entrará en operación en el año 2007.</li> </ul>
Refinería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La refinera está interconectada con la fundición a través de 8 km. de vía ferroviaria.</li> <li>• La planta tiene una capacidad de producción de 280.000 ton/año de cátodos de cobre, y cuenta además con una planta de metales preciosos, produciendo oro, plata, selenio y sulfato de níquel como subproductos.</li> </ul>

### **d) Proyecto de cobre Milpillas, Grupo Minero Peñoles**

<sup>170</sup> Ver presentación en Seminario Internacional "La Minería y su Industria Proveedoras en Chile y Perú": Proyectos de Expansión y Modernización de Southern Perú, Agosto 2004. Disponible en [www.asimet.cl](http://www.asimet.cl)

Este proyecto, ubicado en el Estado de Sonora, es el primer proyecto de cobre de la empresa, que históricamente ha sido una importante productora de oro y plata en México.

La capacidad de producción de la mina será inicialmente de 6.000 ton/día, que se incrementará hasta 9.000 ton/día a partir del quinto año de operación. La planta de proceso tendrá con capacidad inicial de 45.000 ton/año de cátodos de cobre, la cual se incrementaría a 65.000 ton/año, a partir del quinto año de operación. La inversión inicial requerida para ingeniería, equipo, instalaciones, desarrollo y preparación de mina, planta de proceso e infraestructura fue del orden de US\$ 220 millones.

De acuerdo a información entregada por la empresa, la primera ingeniería básica fue desarrollada por la empresa chilena INDEC, y más tarde SNC Lavalin realizó la ingeniería de detalles con algunas modificaciones a la ingeniería básica original. En el año 2003, Outokumpu ofreció sus servicios y equipos y realizó una nueva ingeniería básica y SNC Lavalin realizó una nueva ingeniería de detalles a partir de su oficina en Santiago en Chile. La gestión de la ingeniería y construcción fue realizada por la División del Grupo Peñoles, mientras la construcción fue ejecutada mayoritariamente por empresas mexicanas.

El abastecimiento de bienes e insumos para las operaciones del Grupo se realiza a nivel corporativo, principalmente las compras mayores. Específicamente, en el proyecto Milpillás hay un importante grado de tercerización de servicios generales y de mantención, que realizarán las empresas que abastecieron los insumos, por ejemplo el carguío y transporte, perforadoras (SANDVIK), tronadura (ORICA), camiones (CAT – Fanning), chancado (METSO), entre los principales, por lo cual no se ha contemplado por el momento un programa de desarrollo de proveedores locales. Outokumpu fue un importante abastecedor de equipos, destacando los mezcladores y decantadores en la planta de SX, las celdas de electro-obtención (EW), las campanas de las celdas para evitar las emisiones de neblina ácida en la nave de EW, la máquina despegadora de cátodos, entre otros. Por su parte, la planta de tratamiento de crud es una patente desarrollada en Codelco Norte. A continuación en la Tabla 5.8 se presentan los principales equipos que se utilizarán en la operación de la mina del proyecto Milpillás<sup>171</sup>.

### 5.8. Principales Equipos para Operación de la Mina del Proyecto Milpillás:

Scoop-trams de 6 m3 de capacidad	11	unidades
Equipo de barrenación de 1 brazo	4	"
Equipo de barrenación de 2 brazos	3	"
Camiones 40 t	3	"
Quebradora de quijadas 50"x60"	1	"
Alimentador de orugas	1	"
Amacizador mecánico	1	"
Plataforma para anclaje	1	"
Extractor centrífugo de 264,000 pcm	2	"
Compresor de aire, 1650 pcm	2	"
Lanzadora de concreto	1	"
Autohormiguera 2.4 m3	1	"
Tractor de orugas	1	"
Camión lubricantes	1	"
Camión diesel	1	"
Camión grúa	1	"
Tractores/supervisión	5	"

#### e) Proyecto Spence de BHP Billiton, II Región de Antofagasta, Chile

<sup>171</sup> Informe "Una Nueva Operación Minera Subterránea de Cobre en México", Armando Sánchez López, Fernando Grajales Muñoz y Enrique Mata Rangel, Servicios Industriales Peñoles, S.A. de C.V., Gerencia de Proyectos Mineros, Minera Parreña, S. A. de C. V., PROYECTO MILPILLAS, Santa Cruz, Sonora, México

Este proyecto de cobre, cuya inversión asciende a cerca de US\$ 1.000 millones, está siendo desarrollado por Aker Kvaerner a través de un contrato EPCM (Ingeniería, Adquisición y Gestión de la Construcción). Se estima que en la etapa de construcción, Spence está dando trabajo a más de 5.000 personas y en el período de operación la empresa ocupará cerca de 600 trabajadores directos más otros 490 contratistas permanentes. Spence tendrá una capacidad para producir 200.000 toneladas anuales de cátodos de cobre, cifra que alcanzará cuando opere a régimen, a partir de septiembre de 2007.

### **Principales equipos e instalaciones**<sup>172</sup>

En la mina, el proyecto considera perforadoras, palas de 70 yardas cúbicas; cargadores frontales de 23 yardas cúbicas; camiones de carguío de 240 ton; equipo auxiliar (bulldozers, motoniveladoras, camiones aljibe, etc.); y un taller mecánico para camiones y otros servicios necesarios para las instalaciones.

En el año 2004, la empresa Finning se adjudicó una orden de equipos por US\$ 69 millones, compuesta por 21 camiones mineros CAT 793C y dos cargadores frontales CAT 994D, así como equipos de apoyo CAT, que incluyen cinco bulldozers de orugas D10T, dos bulldozers de ruedas 834G, tres motoniveladoras 16H, tres camiones-aljibe 777D, un cargador enrolla-cable 980G y un grupo generador. Tres perforadoras Atlas Copco 351 Pit Viper completan el paquete adquirido. Tanto la mantención como las reparaciones del equipamiento se efectuarán por parte de Finning, que preliminarmente se estimaba para los primeros cinco años de operación.

En lo que respecta a infraestructura de proceso, contempla un circuito de chancado primario/secundario y terciario con una capacidad de tratamiento de 50.000 ton/día de mineral, circuito de aglomeración; circuito de lixiviación (para mineral oxidado lixiviación química y para mineral sulfurado lixiviación bacterial; y una pila de tipo ROM, utilizando el mineral tal cual sale de la mina para la lixiviación de mineral de baja ley y material de sulfuro de transición); instalaciones de SX y EW.

Cabe destacar que la empresa metalmecánica y de reparación de componentes SORENA, construyó en su planta de planta Antofagasta, II Región de Chile, el tambor aglomerador más grande del mundo (17 m de largo, 4 m de diámetro y 140 toneladas de peso), fabricado a la medida para FFE Minerals, quien presta servicios a Aker Kvaerner, empresa a cargo de la construcción del proyecto Spence<sup>173</sup>.

La infraestructura de servicios comprende instalaciones para abastecimiento de agua y almacenamiento de ácido sulfúrico y reactivos; campamento de construcción y operaciones; bodegas e instalaciones para administración; subestaciones de energía eléctrica y sistemas de distribución; sistemas de comunicaciones, protección contra incendios y de seguridad; e instalaciones de tratamiento y disposición de aguas servidas, desechos y residuos.

### ***f) Proyecto Gaby de Codelco Chile***<sup>174</sup>

Este proyecto contempla la explotación de 584 millones de toneladas de mineral oxidado, con una ley media de 0,41% de cobre total, durante 14 años. El proceso productivo considera la explotación de la mina a rajo abierto, lixiviación de los minerales en pilas dinámicas, extracción por solventes y electroobtención, para producir 150.000 ton/año de cátodos de cobre de alta pureza. La inversión estimada

<sup>172</sup> Fuente: Revista Minería Chilena, N° 281, Noviembre 2004.

<sup>173</sup> Fuente: Minería Chilena, N° 297, Marzo 2006, página 96, [www.mch.cl](http://www.mch.cl)

<sup>174</sup> Fuente: Presentación "Proyecto Gaby", en desayuno APRIMIN; Marzo 2006

total es de US\$ 700 millones y su producción comercial hacia mayo de 2008. El proyecto sería adjudicado en un contrato EPCM.

Entre 1996 y 2004 se realizó la campaña de sondajes que consideró perforar 172.103 metros a través de 814 sondajes. El pre-stripping considera remover cerca de 34 millones de ton durante 15 meses, desde agosto de 2006. Los principales equipos de la mina se muestran en la Tabla 5.9.

**Tabla 5.9. Principales Equipos de la mina en el proyecto Gaby de Codelco Chile**

Equipo	Características	Cantidad
Camiones	330 tc	16
Equipos de Carguío	Pala 73 yd <sup>3</sup>	2
	Cargador 31 yd <sup>3</sup>	2
Perforadoras	Producción	2
	Apoyo	1
Equipos Movimiento de Tierra	Bulldozer	3
	Wheeldozer	3
	Motoniveladora	3
	Cargador 4,5 Yd <sup>3</sup>	1
Equipos Auxiliares	Camión Riego	2
	Grúa móvil	1
	Camión Grúa	1
	Retroexcavadora	1

Además, los países en análisis cuentan con una importante minería de oro y hierro, que requieren una serie de equipos, bienes, insumos y servicios mineros que deberían ser considerados en la demanda potencial. Aunque la estimación de esa demanda requerirá de un estudio especial, a continuación se presentan algunas faenas mineras de estos sectores en los países de América Latina, donde es posible identificar los principales bienes e insumos que conformarían esa demanda.

### 5.1.2.3 Bienes e insumos en la industria del oro

#### **a) Yamana Gold, Brasil**

La compañía canadiense Yamana Gold está implementando dos nuevas minas en Brasil: el Proyecto São Francisco de Santa Elina Desenvolvimento Mineral en el Estado de Mato Grosso, que debiera entrar en operación en el primer semestre de 2006 con una producción estimada promedio de 125.000 onzas/año de oro<sup>175</sup>; y el proyecto Chapada<sup>176</sup>, de Mineração Maracá en el Estado de Goias, cuya construcción, adjudicada a través de un contrato EPCM a HATCH comenzó en noviembre de 2004 y se espera que las actividades de explotación comiencen en septiembre de 2006 para extraer 16 millones/año de mineral de calcopirita conteniendo cobre y oro, para producir a partir de comienzos del año 2007, cerca de 220.000 ton/año de concentrados de cobre teniendo aproximadamente 28% Cu y 20 gr./ton oro. La vida de la mina es de 19 años y una inversión inicial de capital de US\$ 178 millones. Los principales equipos para ambos proyectos son:

- **Projeto São Francisco** (Santa Elina Desenvolvimento Mineral): 35 camiones Randon RK 430-B, 1 tractor CAT D8R, 2 motoniveladoras CAT 140H, 2 tractores CAT D6R, 2 perforadoras Bucyrus 35HR, 4 excavadoras hidráulicas

<sup>175</sup> Más detalles en: <http://www.yamana.com/properties/sao-francisco.html>

<sup>176</sup> Ver Informe Técnico Proyecto Oro – Cobre proyecto Chapada. Disponible en: <http://www.yamana.com/properties/pdf/chapada-technical-report.pdf>

Liebherr R964B, 1 perforadora Atlas Copco D711, 1 chancador de mandíbulas Metso, 3 chancadores cónicos Metso, 1 chancador VSI Metso, 5 harneros vibratorias Metso, 3 alimentadores vibratorios Metso, 6 intercambiadores de calor APV, entre otros

- **Projeto Chapada** (Mineração Maracá): 2 camiones-pipa Mercedes-Benz ATEGO 1315, 1 camión comboy MB 2423K/36, 32 camiones Randon RK430B, 1 camión MB ATEGO 1315, 15 camionetas Mitsubishi, 4 excavadoras hidráulicas Liebherr R-964B versión retro, 1 furgón Fiorino, 1 perforadora neumática MW-5000, 3 motoniveladoras CAT 140H, 1 retroexcavadora CAT 416-D, 1 semi-remolque SR CT PL 0475, 1 tractor de orugas CAT D8, 3 tractores de orugas CAT D6R11, 1 molino semi-autógeno, 1 molino de bolas, 1 columna de flotación, 1 molino vertical VTM-1000WB, 1 chancador de cono HP-800 y 1 perforadora Bucyrus 35HR.

### **b) La Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., Perú**

La Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.<sup>177</sup> tiene base en Perú y se encuentra entre los 10 principales productores de oro y plata del mundo, y su gestión de compras está orientada a la oportuna adquisición de bienes nacionales e importados con la mejor calidad, precio y con transparencia.

En su política de adquisición destacan los siguientes lineamientos: Establecer relaciones a largo plazo con proveedores estratégicos, Integrar proveedores a la cadena de abastecimiento, Procedimientos simples y transparentes, Búsqueda de productos alternativos y Estandarización de equipos. Mientras sus modalidades de compra son: Ordenes de compra mediante cotizaciones: compras abiertas, Contratos de abastecimiento y usufructo: stock en las unidades de producción (consignación) y Convenios de abastecimiento: stock en almacén del proveedor.

Mientras los principales requisitos para ser proveedor de la empresa son: carta de presentación y referencias de principales clientes, catálogo detallado de productos, últimos estados financieros auditados, principales productos y precios de referencia, y evaluación por parte de Buenaventura. La Tabla 5.10 muestra las compras consolidadas de suministros y equipos de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.<sup>178</sup>.

**Tabla 5.10. Compras de equipos e insumos  
Compañía de Minas Buenaventura S.A.**

Compra, US\$	2002	2003	2004
Importaciones,	6,21	8,05	6,30
Compra Local,	26,63	30,32	41,24
<b>Total,</b>	<b>32,8</b>	<b>38,3</b>	<b>47,5</b>

La empresa estima que sus proyecciones de compras serán de US\$ 40 a 50 millones anuales para los próximos años. Específicamente, los principales equipos y suministros requeridos por minera Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. son (Tabla 5.11).

<sup>177</sup> Presentación de Carlos Caballero, Jefe de Logística Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. "Política de Adquisiciones y Proyecciones de Compra" en Seminario "Proyectos de Inversión Minera en Perú y Chile", Santiago, Julio de 2005, Centro de Eventos de Sofofa, organizado por ProChile, Minexport Chile y Cochilco.

<sup>178</sup> Estas compras abastecen a las operaciones de Buenaventura (Julcani, Recuperada, Orcopampa, Uchucchacua), Imminsur (Caravelí, Antapite, Arenizo), Cedimin (Shila, Paula), y los proyectos (La Zanja, Polacota, Pozos Ricos, otros).



**Tabla 5.11. Principales suministros y equipos de Compañía de Minas Buenaventura S.A.**

Equipos	Suministros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos de perforación Jumbo, 12' – 14'</li> <li>• Camiones de bajo perfil de 14 – 20 ton</li> <li>• Scoops de 0,5 – 3,5 yd<sup>3</sup></li> <li>• Carros mineros de 35 – 160<sup>3</sup></li> <li>• Palas neumáticas de 250 – 400 kg.</li> <li>• Locomotoras a Trolley y baterías de 4 – 15 ton</li> <li>• Chancadoras de 70 – 180 ton/h</li> <li>• Molinos de 5' x 5', 8' x 10', 7' x 10', 12' x 16'</li> <li>• Zarandas de 2' x 6', 4' x 12', 6' x 9', 6' x 12'</li> <li>• Bombas para pulpa de 1-1/2" x 1", 3" x 3", 4" x 3", 6" x 4", 8" x 6", 10" x 8"</li> <li>• Bombas verticales, horizontales, sumergibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repuestos para los equipos de la columna de la izquierda</li> <li>• Reactivos               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cianuro de sodio (44 ton/mes)</li> <li>• Aerophine 3418-A (5,5 ton/mes)</li> <li>• Dextrina (15 ton/mes)</li> <li>• Hidrosulfito de sodio técnico (32 ton/mes)</li> <li>• Tiosulfato de sodio (14 ton/mes)</li> </ul> </li> <li>• Cables eléctricos para scoops</li> <li>• Bolas de 1" – 4" y barras de acero de 3 – 1/2" x 3,5 m.</li> <li>• Equipos y artículos de seguridad</li> <li>• Tuberías de alta presión tipo Alvenius de 4" x 12"</li> <li>• Válvulas</li> <li>• Geomembranas y recubrimientos textiles</li> <li>• Ventiladores industriales de 2.000 – 20.000 cfm</li> <li>• Madera de pino (postes de 15 m clase E, piezas de 8" x 8" x 18')</li> </ul>

**c) Proyecto “Yanacocha Gold Mill”, Perú<sup>179</sup>**

La mina Yanacocha se ubica en Perú, y es la operación con mayor producción de oro en Sudamérica y uno de los distritos auríferos más importantes del mundo, es operada por Newmont Mining de Denver USA, principal accionista con 51.35%, mientras minera Buenaventura posee el 43.65%, y el Banco Mundial mediante la Corporación Financiera Internacional es dueño del restante 5%.

La operación esta ubicada a 48 km. al norte de la ciudad de Cajamarca a elevaciones que van desde los 3.500 a 4.200 m.s.n.m. La producción de oro comenzó en el año 1993 y ya hacia el año 1996, la compañía estaba produciendo 800.000 oz Au/año, y luego de varias inversiones la producción actual llega a sobre los 3 millones oz/año (año 2004).

Minera Yanacocha SRL, tiene planeado invertir este año alrededor de US\$ 250 millones con el fin de mantener su producción anual, para lo cual está construyendo un proyecto metalúrgico para el tratamiento de minerales complejos provenientes de todas sus minas (42 millones ton, ley promedio de 3,92 g/t Au y 24,37 g/t Ag), y que entraría en operación en el 2008. En la Tabla 5.12 se muestran los principales requerimientos de equipos e insumos para este proyecto.

<sup>179</sup> Presentación de Kim Hackney, Gerente de Proyecto y Marco Herrera, Director de Proyectos para América del Sur, “Estado de Avance del Proyecto del Molino de Oro” en Seminario “Proyectos de Inversión Minera en Perú y Chile”, Santiago, Julio de 2005, Centro de Eventos de Sofofa, organizado por ProChile, Minexport Chile y Cochilco.

**Tabla 5.12. Principales requerimientos de equipos e insumos para el Proyecto “Yanacocha Gold Mill”**

<b>Etapas</b>	<b>Bienes e insumos</b>
<b>Chancado primario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chancador de mandíbula (1.500 t/d), existente</li> <li>• Alimentador y correas transportadoras</li> <li>• Insumos: energía, revestimientos de acero</li> </ul>
<b>Molienda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevo molino SAG (625 t/h) y molino de bolas (11,5 MW), hidrociclones Krebs D-26, bombas y sumideros</li> <li>• Insumos: bolas de molienda, revestimientos de acero, cal y cianuro</li> </ul>
<b>Espesamiento pre-lixiviación:</b> para recuperar agua de proceso el circuito de molienda y espesar la pulpa para la posterior lixiviación que permita optimizar el tiempo de residencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesador, tanque para el agua de proceso.</li> <li>• Insumos: floculante, anti-incrustantes.</li> </ul>
<b>Lixiviación:</b> lixiviación de oro y plata desde el mineral, cobre es lixiviado como un sub-producto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 tanques (tiempo de residencia: 24 hrs.)</li> <li>• Insumos: cianuro, cal, aire a bajo presión</li> </ul>
<b>Circuito CCD y lavado:</b> separación sólido / líquido para producir solución rica en metal/cianuro para recuperación de oro, plata, cobre y cianuro. Los sólidos son enviados a disposición.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 etapas de espesadores (28 a 30 m. de diámetro), aproximadamente 600 m<sup>3</sup>/h de solución (razón de 1,2:1 para recuperación &gt; 99%).</li> <li>• El último espesador es de alta densidad – como profundo. Insumos: floculante</li> </ul>
<b>Circuito SART (Sulfidization, acidification, recycle, y thickening)</b>  Sulfuros de Cu y Ag son vendidos como concentrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque agitador del overflow del primer espesador CCD</li> <li>• Espesadores de precipitación y formación de yeso (gypsum), el cual es retornado al circuito de molienda.</li> <li>• Tanques neutralizadores (4)</li> <li>• Filtro de prensa y planta de embalaje de concentrados de Cu y Ag</li> <li>• Recuperación de Au vía 7 etapas de columnas de carbón activado</li> <li>• Insumos: NAHS, ácido sulfúrico, cal, floculante</li> </ul>
<b>Elusión / Regeneración de carbón:</b> Planta existente en La Quinua, mientras la recuperación del Au final se realizará en la planta / refinera Merrill Crowe en Yanacocha Norte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insumos. Carbón, soda cáustica, cianuro, anti-incrustante, petróleo diesel, ácido hidroclórico.</li> </ul>
<b>Recuperación Cianuro AVR (Acidificación, Volatilización y Recuperación).</b> El exceso de cianuro será recuperado y reusado en la molienda para mantener su balance.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 columnas de extracción</li> <li>• Insumos: hidróxido de sodio, ácido sulfúrico</li> </ul>

**d) Mina de oro Refugio, Chile<sup>180</sup>**

En el caso de una operación de oro en Chile, a continuación se detallan los principales equipos e insumos de la mina Refugio operada por Compañía Minera Maricunga, ubicada a 156 km. al sueste de Copiapó, en la III Región. La faena estuvo en estado de cierre temporal desde el segundo semestre del año 2001. A fines del 2003, después de una campaña de exploración de nuevas reservas, se anunció su reapertura. Así en agosto de 2005 comenzaron las operaciones. La vida útil de proyecto es estimada en 10 años a una producción promedio de oro al año de 232.000 onzas.

La mina es operada a cielo abierto, incluyendo las etapas de perforación, tronadura, carguío y transporte. Se contempla una extracción total de mina del orden de 24

<sup>180</sup> Fuente: “Compañía Minera Maricunga: Mina Refugio”, en Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos, pp. 135 – 140, [www.portaminero.com](http://www.portaminero.com)

millones ton/año, con una relación lastre a mineral de 0,7-0,8. Sus principales insumos y equipos se muestran a continuación en la Tabla 5.13.

**Tabla 5.13. Principales insumos y equipos Mina de Oro Refugio**

<b>Etapas mina</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<b>Perforación:</b> bancos de 10 m. de altura, plan: 205.000 m/año, equivalente a 18.630 pozos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barras, triconos, aceros, adaptadores, anillo guía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 perforadoras Ingersoll Rand, modelo DMM-2</li> <li>• 1 perforadora Ingersoll Rand, modelo ECM-720</li> </ul>
<b>Tronadura:</b> consumo del orden de 200 gr./ton, principalmente Anfo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anfos, explosivos, iniciadores, retardos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camión fábrica que transporta nitratos, emulsiones.</li> </ul>
<b>Carguío y Transporte Mina</b> Las mantenciones y reparaciones de los equipos mineros se hacen a través de un contrato MARC con la empresa Finning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía, cable carga petróleo, neumáticos, lubricantes y filtros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 cargadores frontales, 19m<sup>3</sup></li> <li>• 12 camiones, 150 ton</li> <li>• 5 tractores orugas (D8-R a D11-R)</li> <li>• 2 motoniveladoras (14H y 16H)</li> <li>• 1 camión regador (773 E)</li> <li>• 1 excavadora (330 CL)</li> </ul>

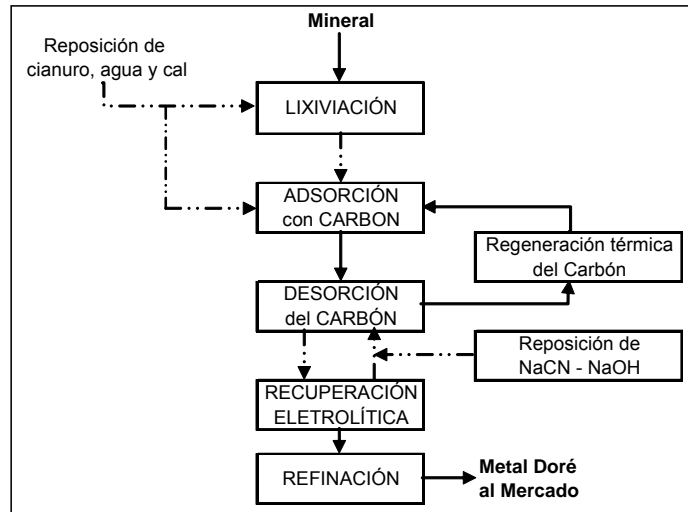
Por su parte la planta considera una tasa de tratamiento de mineral de 40.000 ton/día, lixiviación en pilas permanentes de 7 m. de altura, y 49 m. en total. Luego, las soluciones ricas provenientes de las pilas pasan al proceso final de recuperación de oro, compuesto por las etapas de absorción, desorción y refinación (planta ADR).

Las columnas de la planta están cargadas con carbón activado. La descarga del oro desde el carbón activado se realiza utilizando el sistema ZADRA, en circuito cerrado con celdas electrolíticas, cuyos cátodos son fundidos para producir barras de metal doré, e incluye los siguientes insumos y equipos principales.

<b>Etapas planta</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<b>Chancado:</b> chancado primario, secundario y terciario (METSO), y transporte de mineral hacia las pilas de lixiviación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• colectores de polvo, agua, energía, guarderas, polines, poleas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chancador primario, giratorio 54 x 74</li> <li>• Chancadores secundarios, MP 800</li> <li>• Chancadores terciarios, MP 800</li> <li>• Harneros</li> <li>• Correas transportadoras</li> </ul>
<b>Lixiviación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cianuro de sodio (0,4 kg/ton mineral)</li> <li>• Cal (2 kg/ ton min.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piscina solución barren (70.000 m<sup>3</sup>)</li> <li>• Piscina de recirculación (90.000 m<sup>3</sup>)</li> <li>• 4 bombas de 125 HP</li> <li>• 6 bombas de 600 HP</li> </ul>
<b>Recuperación de Oro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón activado (1,95 kg/m<sup>3</sup>)</li> <li>• Soda Cáustica (0,02 l/m<sup>3</sup>)</li> <li>• Anti incrustante (0,01 l/m<sup>3</sup>)</li> <li>• Propano (0,07 l/m<sup>3</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 columnas en serie de adsorción</li> <li>• Horno de regeneración (1 unidad)</li> <li>• Torre de elusión (1 unidad)</li> <li>• Columna de lavado ácido (1 unidad)</li> <li>• Estanque de electrolito (30 m<sup>3</sup>)</li> </ul>

Las instalaciones adicionales en superficie comprenden toda la infraestructura necesaria para la operación y corresponden a: estanques de combustible y reactivos, polvorines, estanques de agua, bodegas, campamento, oficinas, planta de agua potable, sistemas de disposición de basuras, sistema de tratamiento de aguas servidas, taller de mantención y un laboratorio químico. El siguiente diagrama de flujos esquemático que muestra las etapas principales para la aplicación del proceso de Carbón Activado en la recuperación de oro y plata desde minerales<sup>181</sup>.

<sup>181</sup> Fuente: Hidrometalurgia: Fundamentos, procesos y aplicaciones, Esteban Domic, 2001.



**e) Mina de oro La Coipa, Chile<sup>182</sup>**

Compañía Minera Mantos de Oro, es una sociedad de propiedad en partes iguales de Placer Dome Inc. Y Kinross Gold Corp., que inició en octubre de 1991 la puesta en marcha de la mina La Coipa en la III Región de Copiapó, Chile.

La mina es explotada a rajo abierto con un promedio de extracción de roca cercana a las 90.000 ton/día. La planta procesa un promedio de 17.350 ton/día de mineral y en el año 2004, la producción de oro fue de 302.000 onzas.

A diferencia de la mina Refugio, esta faena procesa el mineral de oro y plata en una planta de lixiviación por agitación con solución de cianuro, obteniendo como producto intermedio, mediante proceso Merrill Crowe precipitado de oro, plata y mercurio. Este precipitado posteriormente es sometido a un proceso piro metalúrgico en hornos retortas para la separación del mercurio, por medio de la evaporación y condensación, obteniendo un producto final de metal doré. Los principales insumos y equipos de esta etapa son (Tabla 5.14):

<sup>182</sup> Fuente: "Compañía Minera Mantos de Oro: Faena La Coipa", en Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos, pp. 127 – 134, [www.portalmienero.com](http://www.portalmienero.com)

**Tabla 5.14. Principales insumos y equipos Mina de Oro La Coipa**

Etapas planta La Coipa	Insumos principales	Equipos principales
<p><b>Molienda:</b> el mineral proveniente del chancado primario es enviado desde el acopio de mineral, a través de correas transportadoras hasta el molino SAG, cuya descarga previamente clasificada en un harnero es bombeada a una batería de ciclones, a través de los cuales alimenta un molino de bolas que opera en circuito cerrado. El fino de los ciclones es enviado a un espesador cuya descarga es enviada a 8 estanques de cianuración para su disolución del oro y plata.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua, reactivos de disolución de oro y plata, energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 molino SAG</li> <li>• 2 chancadores de cono</li> <li>• 1 harnero vibratorio</li> <li>• 1 batería de ciclones</li> <li>• 1 molino de bolas</li> <li>• bombas de impulsión de pulpa</li> </ul>
<p><b>Cianuración:</b> el mineral, normalmente bajo – 150 mallas, está en forma de pulpa con un 56-57% de sólido, que es lixiviada en ocho estanques agitadores con solución alcalina de cianuro.</p> <p>Cada estanque tiene alimentación de aire generada por compresores para aumentar la velocidad de reacción, además de un control estricto del pH el cual no puede ser inferior a 10,5, para evitar emanaciones del gas cianhídrico.</p> <p>El último agitador N° 8, alimenta por gravedad a un estanque amortiguador, el cual posteriormente alimentará al área de CCD (decantación continua en contra corriente), en donde se realizará la separación sólido-líquida a través de 3 espesadores de alta capacidad, en donde el líquido o rebose es la solución rica alimentada al área de refinera y la descarga o sólido al área de filtrado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agitadores mecánicos</li> <li>• Válvulas neumáticas</li> <li>• Líneas de alimentación de aire</li> <li>• Cianuro</li> <li>• Cal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 estanques Denver, 2.987 m<sup>3</sup> c/u.</li> <li>• Planta de preparación de cianuro de sodio. <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Estanques de preparación</li> <li>→ Bombas</li> <li>→ Estanque de cal</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Filtración</b></p> <p>El sólido aportado desde el área de CCD, con un porcentaje de sólido de 56-59%, hacia el estanque amortiguador del área, alimenta con bombas independientes a dos líneas de filtros (6 filtros cada una), y luego a una batería de hidrociclones D-26 que clasifican la pulpa.</p> <p>Una vez realizado el lavado del queque – con una razón de 0,14 m<sup>3</sup>/ton con agua industrial – y el secado – para realizar una recuperación de finos de Ay y Ag incrustados en la pulpa – este queque tiene entre 18-20% de humedad, lo que es necesario para el depósito del sedimento a través de correas transportadoras que conducen al tranque de relaves.</p> <p>Los filtros Delkor son capaces de filtrar 600 kg/m<sup>2</sup> hr, entregando un producto con 18-20% de humedad. Las bombas de vacío extraen las soluciones para provocar un secado en el queque del filtro ayudado con el reactivo filtrante que es adicionado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cianuro de sodio</li> <li>• Floculante</li> <li>• Ayuda filtrante</li> <li>• Cal</li> <li>• Telas para filtros Delkor</li> <li>• Repuestos mecánicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 estanques agitadores con capacidad de 2.987 m<sup>3</sup>, agitación mecánica central, eje con aspa.</li> <li>• Estanque amortiguador de pulpa con agitación central mediante un eje con dos aspas con un volumen de 2.662 m<sup>3</sup>.</li> <li>• Espesadores Delkor (3,37 m x 21,3 m). área: 357,7 m<sup>2</sup>, volumen: 1.200 m<sup>3</sup>.</li> <li>• 12 filtros Delkor (380 volt. 103 Amp. 55 kW, 1.480 rpm. Dimensiones: 3,2 m de ancho x 33 m de largo.</li> </ul>
<p><b>Fundición</b></p> <p>La calcina obtenida luego del secado en el área de retortas y con una ley &lt; 150 ppm de Hg, es cargada en los silos, en los cuales se ingresan los datos de las leyes de cada Batch, para calcular la adición de fundentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcina</li> <li>• Fundente (bórax, ceniza y harina)</li> <li>• Embalaje de barras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 silos para el stock de calcina</li> <li>• 1 silo para bórax (3.000 kg.)</li> <li>• 1 silo para ceniza de soda (3000 kg.)</li> <li>• 1 silo para el almidón (harina), 500 kg.</li> </ul>

<p>La calcina más los fundentes son fundidos a una temperatura de 1.150 °C. En esta etapa en el interior del horno se produce una separación por diferencia de peso quedando en la superficie la escoria, la cual es retirada por medio del vaciado a unos conos, lo que permite la preparación y acondicionamiento del caldo fundido para el moldeo del metal doré (oro más plata). Finalizado el escoriado se instala un carrusel el cual está equipado con 3 moldes para barras y se comienza el vaciado del horno a estos moldes, con una capacidad de 200-215 kg. de metal c/u. La eficiencia de fundición está sobre el 99%.</p> <p>Un equipo fundamental son los Scrubber, cuya función es extraer y lavar los gases por medio de una lluvia tipo sprite en forma descendente, de tal manera que las partículas sólidas sean atrapadas por el estanque barométrico, a la vez que los gases bajan su temperatura y son evacuadas al medio ambiente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petróleo</li> <li>• Oxígeno</li> <li>• Refractario</li> <li>• Grasa</li> <li>• Moldes de barras y de escoria</li> <li>• Crisoles</li> <li>• Bolsas de nylon</li> <li>• Anti-incrustante (Nalco)</li> <li>• Patrones de mediciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 puentes grúas</li> <li>• 2 elevadores tipo cangilones.</li> <li>• 1 mezclador</li> <li>• 2 hornos reverberos, marca Proyecta, cap. 4.000 kg./día de calcina</li> <li>• 2 elevadores de despacho</li> <li>• 2 scrubber (256 m<sup>3</sup>/min), con una velocidad de rotor de 1800-1950 rpm. Poseen un sistema de purificación que incluye ventura, parrillas, rotores y chimenea.</li> <li>• Estanque de oxígeno criogénico (30.000 kg.)</li> <li>• Estanque de petróleo (20.000 l.)</li> <li>• 2 sistemas de panel de control de oxígeno y petróleo</li> <li>• 2 balanzas</li> </ul>
<p><b>Transporte y Embarque</b></p> <p>El transporte de metal doré es realizado por la empresa Brinck, en camiones blindados y acondicionado para tal efecto.</p> <p>Las barras obtenidas al moldear el horno, son limpiadas primeramente en una máquina y luego se repasan manualmente, para asegurar la calidad e imagen del producto final. Luego se realiza el pesaje de barras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza (grilletes, gancho giratorio, baterías)</li> <li>• Sunchos (chapa de acero inoxidable, mordazas roscadas, pernos , casquillos)</li> <li>• Puente grúa (motores, cable de elevación, carriles de rodadura, uniones de viga, rodamientos, poleas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 balanzas, una stand-by. Calibradas con patrones de 20 kg. Certificadas cada 6 meses por Cesmec.</li> <li>• Cajas para el metal doré, equipadas con sunchos de amarre y los elementos de cierre, con sus clavos y grapas.</li> <li>• Puente grúa para realizar el traslado de las barras en el interior del área (200-215 kg. c/u). es remoto y posee una capacidad de 10 ton.</li> </ul>

**f) Proyecto Pascua Lama, Chile - Argentina<sup>183</sup>**

Este proyecto de US\$ 1.500 millones se enmarca en el Tratado de Integración Minera con Argentina y se materializará mediante el protocolo específico firmado en Agosto de 2004. El proyecto tiene un carácter binacional, al considerar obras y operaciones tanto en territorio chileno como argentino. En Chile, el yacimiento está ubicado a unos 150 km al suroriente de la ciudad de Vallenar, Comuna de Alto del Carmen, Provincia de Huasco, III Región. Mientras en Argentina, el proyecto se ubica unos 300 kilómetros al norponiente de la ciudad de San Juan, en el Departamento de Iglesia, Provincia de San Juan. La operación se realizará entre los 3.800 y 5.200 m de elevación.

Se considera el transporte del mineral por correa, desde la mina, ubicada principalmente en Chile, hacia la planta de procesos de 33.000 ton/día y el tranque de relaves, que se emplazará en Argentina.

La mina será operada a cielo abierto, incluyendo las etapas de perforación, tronadura, carguío y transporte. La producción anual será de entre 750.000-775.000 onzas de oro y 30 millones de onzas de plata. La vida útil de la mina será de 20 años. En la etapa de construcción se contempla un movimiento de tierra de 9 millones de metros cúbicos de material, un prestripping de 80 millones de toneladas, un túnel de 2,7 km, 65.000 m<sup>3</sup> de Concreto, 12.000 t de acero estructural, 4.000 toneladas de acero y 99.000 m de cañería.

A continuación en la Tabla 5.15 se detallan los principales equipos e insumos que contempla la puesta en marcha y operación del proyecto estimada a partir del año 2009.

**Tabla 5.15. Principales insumos y equipos Proyecto de Oro Pascua Lama**

<b>Etapas mina</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<i>Perforación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barras, triconos, aceros, adaptadores, anillo guía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 perforadoras Blasthole</li> </ul>
<i>Tronadura</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anfos, explosivos, iniciadores, retardos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Camión fábrica que transporta nitratos, emulsiones.</li> </ul>
<i>Carguío y Transporte Mina</i>  <i>Transporte del mineral por correa, desde la mina hacia la planta.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía, cable carga petróleo, neumáticos, lubricantes y filtros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 Palas Cable de 54,5 m<sup>3</sup></li> <li>2 Palas Cable de 29 m<sup>3</sup></li> <li>4 cargadores frontales, 25m<sup>3</sup></li> <li>37 camiones, 232 ton</li> <li>24 camiones, 340 ton</li> <li>9 tractores</li> <li>5 motoniveladoras de 275 HP</li> <li>6 Wheeldozer de 800 HP</li> </ul>

<b>Insumos principales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operación: 420.000 t/año</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía Eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción: Entre 2 y 12 MW</li> <li>Operación: Entre 109 MW y 121 MW</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Petróleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción: 2.500.000 lt/mes</li> <li>Operación: 6.600.000 lt/mes</li> </ul>
<b>Otros Insumos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hormigón</li> <li>Tuberías</li> <li>Medios de Molienda</li> <li>Aceros</li> <li>Reactivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtros de aceite y aire</li> <li>Solventes de limpieza y aire</li> <li>Oxígeno</li> <li>Acetileno</li> </ul>

<sup>183</sup> Fuente: Presentación "Proyecto Pascua Lama", en desayuno APRIMIN, Agosto 2005, Santiago, Chile.

#### 5.1.2.4 Bienes e Insumos en la industria del hierro

##### **a) Operaciones de CVRD, Brasil<sup>184</sup>**

Brasil tiene una de las mayores reservas mundiales de mineral de hierro. CVRD nació como una empresa procesadoras de mineral de hierro, y hasta hoy es su principal producto de producción y exportación, ya sea mineral de hierro o pellets. La compañía tiene dos sistemas productivos (Sur o Norte), cada uno formado por mina, ferrocarril, planta de pellets y terminal marítimo<sup>185</sup>.

##### **Sistema Sur**

El Sistema Sur está compuesto por cuatro complejos mineros: Itabira, Mariana, Minas Centrais y Minas do Oeste, que incluyen más de 15 minas, localizadas en Minas Gerais (Cuadrilátero Ferrífero), con reservas probadas de más de 2,9 billones de toneladas de mineral de hierro. La capacidad de producción actual de este sistema es de 90 millones de toneladas. Las minas en cada uno de los cuatro complejos son:

- ✓ Complejo Itabira: Minas de Cauê, Conceição, Dois Córregos, Onça, Esmeril, Chacrinha e Periquito.
- ✓ Complejo Mariana: Minas de Alegria, Timbopeba, Fábrica Nova, Fazendão e Morro da Mina.
- ✓ Complejo das Minas Centrais: Minas de Água Limpa, Brucutu, Córrego do Meio e Gongo Soco.
- ✓ Complejo das Minas do Oeste: Minas de Córrego do Feijão e Fábrica.

##### **Sistema Norte**

Este sistema está compuesto por el complejo minero de Serra dos Carajás, en Pará, y por el Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), en Maranhão, que a su vez se integran el transporte de mineral a través de EFC (Estrada de Ferro Carajás).

El complejo de Serra dos Carajás posee reservas probadas de alrededor de 1,5 billones de toneladas de mineral de hierro. La mina es operada a cielo abierto con las operaciones típicas mineras: perforación y tronadura, carguío y transporte del material extraído por camiones mineros a las instalaciones de la planta de tratamiento que consta de las etapas de chancado primario a terciario, molienda, clasificación y filtrado de la alimentación a la planta de pellets. La planta tiene una capacidad de producción de 56 millones ton/año, y obtiene básicamente tres productos de granulometrias distintas: sinter feed, granulado, pellet feed natural y pellet feed húmedo, que son transportados en ferrocarril por 892 Km. hacia el TMPM, donde gran parte de los productos son embarcados hacia los mercados internacionales, y el mineral más fino, conocido como pellet feed, es enviado a una planta de pelletización, cuyo producto será embarcado posteriormente.

<sup>184</sup> Fuente: Negócios (CVRD); [www.cvrd.com.br](http://www.cvrd.com.br)

<sup>185</sup> Además de sus propias operaciones, CVRD tiene participación accionaria en las siguientes empresas del sector: Caemi Mineração e Metalurgia S.A. (subsidiária mineração: Minerações Brasileiras Reunidas - MBR); Gulf Industrial Investment Company E.C. (GIIC); Companhia Coreano-Brasileira de Pelotização – KOBASCO; Companhia Nipo-Brasileira de Pelotização – NIBRASCO; Companhia Ítalo-Brasileira de Pelotização – ITABRASCO; Companhia Hispano-Brasileira de Pelotização – HISPANOBAS; Samarco Mineração S.A.; Minas da Serra Geral S.A. - MSG (joint venture com sócios japoneses); Baovale Mineração S.A. (joint venture com sócios chineses); Companhia Portuária Baía de Sepetiba S.A. – CPBS (concessão pública)



## Planta de Pelletización

Hacia fines de la década de los 60, CVRD inició la instalación de un complejo de plantas de peletización en Victoria, actualmente constituido por 7 plantas con una capacidad total de producción de 25 millones de ton/año de pellets<sup>186</sup>.

En marzo de 2002, se dio inicio a la operación de la planta São Luís, con una inversión de US\$ 408 millones y una capacidad de producción de 6 millones ton/año de pellets, construida en el área del TMPM, en São Luís, Maranhão, siendo la primera construida en el Sistema Norte, y la más moderna y de mayor capacidad de producción del país.

Durante la construcción se generaron 2.500 empleos directos e indirectos, y se utilizaron 20.000 m<sup>3</sup> de concreto y 9.000 ton de estructuras metálicas en la planta. Actualmente, los empleos directos e indirectos durante la operación alcanzan a 750 trabajadores.

### b) Compañía Mineradel Pacífico S.A. (CMP), Chile

Para conocer la demanda de equipos e insumos en la minería del hierro se analizarán las operaciones de CMP, que comprenden la faena minera El Romeral ubicada en la IV región (467 km. al norte de Santiago y 22 km al noreste de La Serena), y la planta de pellets Huasco en la III Región., que producen aproximadamente 2,2 y 5,2 millones de toneladas de mineral de hierro, respectivamente<sup>187</sup>. A continuación en la Tabla 5.16 se presentan los principales equipos e insumos de la operación de la mina.

**Tabla 5.16. Principales insumos y equipos Mina de Hierro El Romeral**

<b>Etapas mina</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<i>Carguío:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía eléctrica</li> <li>• Combustibles</li> <li>• Aceite, grasas</li> <li>• Neumáticos fuera de carretera y equipos menores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palas eléctricas Bucyrus Erie 195-B, con balde de 13 yd<sup>3</sup> de llenado rápido.</li> <li>• 2 cargadores frontales CAT 992-C con balde de 11,67 yd<sup>3</sup>.</li> <li>• 6 camiones Caterpillar 785-B de 140 ton</li> <li>• 3 camiones Lectra Haul M-100 de 91 ton</li> </ul>
<i>Desarrollo:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cables pala</li> <li>• Adaptadores y puntas baldes pala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 cargador frontal Caterpillar 988-B</li> <li>• 2 tractores de oruga Caterpillar D9-N</li> <li>• 2 tractores de ruedas Caterpillar 824</li> <li>• 2 motoniveladoras Caterpillar 14-G</li> <li>• 1 camión regador Dart con aljibe de 50 m<sup>3</sup>.</li> </ul>

El mineral proveniente de la mina es enviado a la planta de chancado de tres etapas (primario, secundario y terciario), donde es reducido de tamaño a un 100% bajo 25 mm. y posteriormente almacenado en un stock intermedio.

<b>Etapas planta</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<i>Chancado:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revestimientos (corazas, mantos, cóncavos)</li> <li>• Energía eléctrica</li> <li>• Lubricantes</li> <li>• Poliuretanos</li> <li>• Rodamientos</li> <li>• Cintas transportadoras</li> <li>• Rodillos</li> <li>• Lifter y guarderas de goma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentador hidráulico NICO</li> <li>• Harnero – parrilla (scalping screen) Allis Chalmers</li> <li>• Chancador primario de mandíbulas 48 x 64" Allis Chalmers</li> <li>• Harneros secundarios de dos cubiertas 6' x 16', Allis Chalmers</li> <li>• Chancador secundario de cono Standard de 6' Symons Nordberg</li> <li>• Polea electromagnética Eriez Magnetic</li> <li>• Harneros terciarios de una cubierta 6' X 16', Allis Chalmers</li> <li>• 2 chancadores terciarios de cono cabeza corta de 6', Symons Nordberg</li> </ul>

<sup>186</sup> Dos plantas pertenecen exclusivamente a Vale y las demás fueron implementadas en joint ventures con grupos siderúrgicos de Japón, España, Italia y Corea del Sur.

<sup>187</sup> Fuente: "Compañía Minera del Pacífico S.A.: Faena El Romeral y Planta de Pellets Huasco", en Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos, pp. 93 – 105, [www.portalmienero.com](http://www.portalmienero.com)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Placas goma perfilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>correas transportadoras de 48", 42" y 36" de ancho.</li> <li>Acopio intermedio con capacidad de almacenamiento de 200.000 ton.</li> </ul>
--	---	--

El material proveniente del stock intermedio alimenta a la planta concentradora la que utiliza operaciones de conminución, concentración magnética en seco y concentración magnética húmeda, para generar como producto, a granzas, finos y preconcentrados. Los preconcentrados requieren un proceso posterior en la planta de molienda y concentración para obtener Pellet Feed y Finos Magnéticos. Los principales equipos e insumos se detallan a continuación en la Tabla 5.17:

**Tabla 5.17. Principales insumos y equipos Planta de Pellets Huasco**

<b>Etapas</b>	<b>Insumos principales (consumos anuales)</b>	<b>Equipos principales</b>
<i>Planta concentradora</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bolas alto cromo (190 TM)</li> <li>Bolas forjadas (230 TM)</li> <li>Oxígeno (2.000 Cil)</li> <li>Filtros de disco (1.300 unidades)</li> <li>Colector Lilafлот D817M (60 TM)</li> <li>Depresante Dextrina Amidex 182 (40 TM)</li> <li>Espumante Metil Carbinol (15 TM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 alimentadores vibratorios Philadelphia</li> <li>2 tolvas de alimentación a harneros</li> <li>6 harneros de una cubierta 6' x 14' Allis Chalmers</li> <li>6 poleas magnéticas Eriez Magnetic</li> <li>6 baterías húmedas con tres tambores magnéticos c/u, Eriez Magnetic</li> <li>6 harneros desaguadores de alta frecuencia Simples</li> <li>2 HSD de 36" x 96"</li> <li>1 molino de rodillo KHD Humboldt Wedang AG, de 1,4 x 1,4 m</li> <li>2 harneros Banana Haver Boecker de 8' x 24'</li> <li>2 harneros de doble cubierta 8' x 20' Allis Chalmers</li> <li>4 HSD de 36" x 70"</li> <li>1 tolva de rechazos</li> <li>correas transportadoras de 24" y 36"</li> <li>1 espesador de colas de 40 m Outokumpu Technology</li> <li>bombas y estanques de manejo de aguas</li> </ul>
<i>Planta de molienda y concentración</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Molienda:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 molino de bolas de 16' x 33' FFE, accionado por motor 5.000 HP</li> <li>bombas de sumidero Weir Vulco MCH 450, de 18" x 20"</li> <li>Batería de 6 ciclones CVX 650 13" x 6, Weir Vulco</li> </ul> </li> <li><b>Concentración:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 hidroseparadores de 14 m de diámetro</li> <li>7 baterías de doble tambor magnético de 48" x 120" c/u marca Multotec Magnapower</li> </ul> </li> <li><b>Separación sólido – líquido:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 espesador de concentrado de 100'</li> <li>1 espesador de colas de 150'</li> <li>1 estanque agitador</li> <li>1 filtro de banda marca Delkor de 134 m<sup>2</sup>.</li> <li>2 filtros de Discos Dorr Oliver</li> <li>Correas transportadoras de 24"</li> <li>1 depósito de relaves de 70 millones m<sup>3</sup> de capacidad (El Trigo)</li> </ul> </li> <li><b>Flotación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 estanques agitadores</li> <li>2 celdas de flotación neumáticas inversa IHMOFLOAT</li> <li>bombas y ductos</li> <li>1 batería scavenger con un tambor magnético.</li> </ul> </li> </ul>
<i>Bombeo y almacenamiento de agua</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>4 bombas verticales</li> <li>1 estanque de 500 m<sup>3</sup></li> <li>1 estanque de reserva de 2.200 m<sup>3</sup></li> </ul>

Los productos son transportados desde Romeral hasta el puerto de Guayacán por ferrocarril a través de una distancia de 38 km., siendo la línea férrea y los equipos de propiedad de la CMP

El transporte ferroviario opera en forma continuada seis días de la semana en dos turnos de 8 horas por día. La flota cuenta con cuatro convoyes de 23 carros cada uno. Mientras un convoy carga en Romeral, otro descarga en Guayacán y 2 están en viaje, uno cargado con destino a Guayacán y el otro vacío con destino a Romeral.

El puerto mecanizado de Guayacán permite atender navíos de hasta 315 m de eslora, 16,2 m de calado y 50 m de manga. El embarque de finos y granzas se realiza a un ritmo de 3.000 TM por hora, por medio de correas transportadoras de 48" de ancho ubicadas en los túneles de concreto armado construidos bajo las canchas de almacenamiento. El embarque del pellet feed se realiza alimentando, con cargadores frontales, tres tolvas de 15 TM de capacidad. Las tolvas, ubicadas a un costado del acopio, transfieren el producto a una correa transportadora de 48" de ancho que lo traspasa a la correa principal de embarque.

Por su parte la planta de pellets Huasco fue diseñada para producir 3.500.000 TM de pellets al año. Sucesivas modificaciones al proceso permitieron a partir del año 1989 alcanzar una capacidad de producción de 4 millones TM anuales, de las cuales hoy un 35% es pellets de reducción directa y el restante 65% pellets básicos para altos hornos.

El proceso de peletización de la planta corresponde al sistema "Grate-Klin-Coller" en el tratamiento térmico de los pellets; este método en particular corresponde al diseñado por Allis Chalmers y se basa en la combinación "Parrilla recta – horno rotatorio – enfriador anular", con recuperación de calor.

El mineral alimentado al proceso proviene principalmente de la mina Los Colorados, donde es sometido a diversas etapas de chancado y concentración magnética seca. El producto obtenido, contiene aproximadamente un 58% de Fe, y es denominado preconcentrado. Este producto se transporta en ferrocarril hasta la planta de pellets, donde es almacenado y homogenizado en las canchas de recepción, antes de ser procesado vía molienda y concentración húmeda.

<b>Etapas planta</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<b>Molienda:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolas alto cromo</li> <li>• Bolas forjadas, 50, 40 y 30 mm de diámetro</li> <li>• Lubricantes, aceites y grasas</li> <li>• Cintas transportadoras</li> <li>• Rodillos</li> <li>• Guarderas</li> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 molinos bolas Kobe de 16,4 x 37,5 pies. Potencia: 6.000 HP, capacidad: 280 tph</li> <li>• 6 alimentadores vibratorios</li> <li>• 1 carro repartidor</li> <li>• 3 silos de 5.000 tm c/u</li> <li>• 3 buzones de 150 tm c/u</li> <li>• 1 apilador</li> <li>• 1 cargador frontal</li> <li>• 1 pesómetro</li> <li>• 1 detector de metales</li> <li>• Sistema de correas transportadoras</li> </ul>
<b>Concentración vía húmeda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua y energía eléctrica</li> <li>• Mallas harneros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 baterías con 6 hidrociclones Krebs de 26" (tipo D26B) c/u.</li> <li>• 3 hidroseparadores Dorr Oliver de 10,7d, 3h, 1,9 m (cono), capacidad: 350 tph</li> <li>• 24 separadores magnéticos Eriez Magnetics de 36", potencia: 750 Gauss</li> <li>• 16 separadores magnéticos Eriez Magnetics de 48", potencia: 1.000 Gauss, Veloc.: 9 rpm.</li> <li>• 1 espesador de colas Dorr Oliver de 61d x 3h x 3h (m), capacidad: 4.000 tpd</li> <li>• 9 bombas verticales</li> <li>• 2 espesadores de concentrado Dorr Oliver de 21d x 3,1 h (m), velocidad: 0,1 rpm</li> <li>• 2 estanques agitadores</li> </ul>

En el año 2002, CMP decidió aumentar la producción de pellets de reducción directa (R.D.) con bajo contenido de sílice, y comienza a operar una planta de Flotación Neumática Inversa de Fierro, con una capacidad diaria de tratamiento de 14.000 ton/día de mineral seco de concentrado magnético primario y una disponibilidad efectiva del 98%.

<b>Etapa</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<i>Flotación:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depresante</li> <li>• Colector</li> <li>• Espumante</li> <li>• Floculantes</li> <li>• Oxígeno</li> <li>• Agua</li> <li>• Energía eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 celdas de flotación neumáticas IMHOFLOT de 4,5d (m), capacidad: 48m<sup>3</sup></li> <li>• 1 espesador de colas Dorr Oliver de 15d x 2,5h (m), capacidad: 450 m<sup>3</sup>.</li> </ul>

El proceso de filtrado es llevado a cabo en discos filtradores, para obtener un queque filtrado con una humedad de 9%, que alimenta a discos peletizadores, cuyo producto (pellets verdes) son clasificados de acuerdo a su tamaño. Los pellets verdes fuera de tamaño son transportados por una correa a los buzones de queque filtrado, previo rompimiento y desaglomerado, mientras aquellos dentro del rango de tamaño apropiado (6 a 16 mm) son sometidos a un proceso de endurecimiento térmico.

<b>Etapa</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<i>Filtrado y Balling:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Telas filtros discos</li> <li>• Energía eléctrica</li> <li>• Cintas transportadoras</li> <li>• Rodillos</li> <li>• Guarderas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 discos peletizadores Kobe Steel, 7,5d (m), potencia: 430 HP, velocidad: 5 a 11 rpm, capacidad: 200 tph</li> <li>• 1 distribuidor de carga (Carro Tripper).</li> <li>• Harneros de rodillo de 6,6 x 18 pies, cada harnero tiene 57 rodillos.</li> <li>• 7 filtros de discos de 2,7d (m), capacidad: 140 tph</li> <li>• Correa transportadora</li> </ul>
<i>Endurecimiento térmico</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón</li> <li>• Placas parrillas</li> <li>• Eslabones horno parrillas</li> <li>• Ladrillos refractarios</li> <li>• Concretos refractarios</li> <li>• Petróleo IFO-180</li> <li>• Correas transportadoras</li> <li>• Rodillos</li> <li>• Guarderas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 parrilla móvil KOBE, Allis Chalmer de 50l x 4,72<sup>3</sup> (m), potencia: 50 HP, velocidad: 6,6 m/min, capacidad: 550 tph</li> <li>• 1 horno rotario KOBE, Allis Chalmer de 6,9d x 50l (m), potencia: 535 x 2 HP.</li> <li>• 1 quemador de carbón</li> <li>• 1 quemador de petróleo</li> <li>• 1 enfriador anular KOBE, Allis Chalmer de 15,7di x 21,3de (m), velocidad: 2,8 rpm.</li> <li>• 1 enfriador recto KOBE Steel de 38,4l x 1,8 a (m), potencia: 49 HP, velocidad: 8 m/min.</li> <li>• 1 harnero vibratorio, Kobe Steel de 6,11 x 2,74a (m), potencia: 49 x 2 HP</li> <li>• 1 Demister Munsters de 7,5 x 7,5 (m)</li> <li>• 1 Scrubber Bact multielemento, potencia: 900 kW.</li> </ul>

El puerto Guacolda II está próximo a planta de pellets, 4 kms. al sur de Puerto Huasco. Las instalaciones de apilamiento del Puerto, consisten en dos canchas paralelas de norte a sur de 800 m. de largo, 50 m. de ancho, localizadas al norte de la planta de pellet.

<b>Etapa</b>	<b>Insumos principales</b>	<b>Equipos principales</b>
<i>Puerto de Guacolda</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correas transportadoras</li> <li>• Rodillos</li> <li>• Guarderas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correas transportadoras de 851 m. de largo y 36" de ancho</li> <li>• 1 correa transportadora de 762 m de largo y 42" de ancho</li> <li>• 1 apilador móvil con un alcance longitudinal de 34 m.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rieles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperadores de cachos montados sobre orugas</li> <li>• Correa de 832 m de largo y 60" de ancho.</li> </ul>
--	--	---

En los últimos 12 meses se utilizó la siguiente cantidad de insumos principales en la planta de pellets (Tabla 5.18).

**Tabla 5.18. Principales insumos y equipos Planta de Pellets Huasco**

Insumo	Cantidad
• Bolas alto cromo	• 394 tm.
• Bolas forjadas	• 488 tm.
• Cemento maquillado	• 83.225 bolsas
• Lubricantes aceites	• 166.344 lts.
• Lubricantes grasas	• 51.447 kgs.
• Oxígeno	• 4.498 cil.
• Telas filtros discos	• 5.856 unidades
• Carbón	• 85.492 tm.
• Caliza	• 122.098 tm.
• Cal viva	• 15.965 tm.
• Ladrillos refractarios	• 13.899 unidades
• Concretos refractarios	• 232.225 kg.
• Petróleo IFO-180	• 2.817 tm.
• Floculantes	• 46.250 kg.
• Placas parrillas	• 3.921 unidades
• Eslabones placas parrillas	• 306 unidades
• Correas transportadoras	• 2.936 m.
• Agua	• 3.805.665 m <sup>3</sup>
• Energía eléctrica	• 264.599 MW

### 5.1.3 Los proveedores y las necesidades de las empresas mineras

En la minería latinoamericana, una buena parte de los requerimientos de equipos, insumos de operación y servicios están siendo proporcionados principalmente por empresas proveedoras consolidadas a nivel mundial provenientes de Europa, Norteamérica o Asia. El aprendizaje incorporado en fases productivas anteriores de sus economías les ha permitido consolidar sus nichos de mercado y proyectarlos en regiones como África, Asia, Oceanía y América Latina.

Vale destacar el desarrollo más reciente de proveedores de bienes y servicios de economías mineras como Australia, Canadá y Sudáfrica que a partir de los esfuerzos conjuntos de cada uno de los actores relevantes de la industria minera han empezado a posicionar sus productos en los mercados mineros latinoamericanos, como se muestra en el capítulo 6.

Como se ha señalado con anterioridad, las necesidades de las compañías mineras en sus operaciones abarcan un amplio espectro de productos que son satisfechos por un importante número de proveedores con diversos giros comerciales.

En general, actualmente existe un importante número de proveedores extranjeros de bienes e insumos que tienen empresas de representación en los países analizados, así como proveedores locales que abastecen a las empresas mineras. En algunos casos, éstos importan los productos ya ensamblados para venderlos a las compañías mineras y a otros sectores o ensamblan sus productos en el país utilizando algunos productos locales o producen sus insumos utilizando materias primas importadas, así como materias primas locales.

La página web Infomine<sup>188</sup> muestra un registro de bienes, insumos y servicios para la minería de los países en estudio de unas 322 familias de productos. El análisis de la cadena productiva de la minería y el monto asociado a cada uno de los productos permite elaborar una lista más reducida que contiene los bienes, insumos y servicios mineros más representativos de la amplia gama de necesidades que la industria minera requiere.

### 5.1.3.1 Empresas proveedoras de bienes

A partir de una revisión de las empresas proveedoras de equipos que son imprescindibles en toda operación minera, se ha confeccionado un listado (Tabla 5.19) de los equipos y maquinaria minera, el nombre del proveedor y el país de origen. Se observa una alta presencia de empresas extranjeras provenientes de Europa, Norteamérica y Australia en menor medida.

**Tabla 5.19. Presencia de las principales empresas proveedoras de bienes**

Maquinarias y Equipos	Proveedor	Origen	FILIAL EN CADA PAIS			
			Brasil	Chile	México	Perú
1 Bombas e hidrociclones	Weir KSB Krebs Engineers	Reino Unido Alemania E.E.U.U	Weir Minerals KSB-Brasil K Engineers Brasil	Weir-Vulco S.A KSB-Chile K Engineers Chile	KSB-México	Weir-Vulco Perú KSB-Perú
2 Camiones Mina Rajo Abierto	Caterpillar Komatsu Liebherr Mining International Terex	E.E.U.U Japón/E.E.U.U E.E.U.U E.E.U.U	SOTRAQ DCML Liebherr Brasil Terex Mining Brasil	Finning Komatsu Chile Raico Terex Mining Chile	Madisa Multiservicios Oriente Makimex Maquinaria Intercontinental	Ferreyros Mitsui Maquinarias Metal Técnica Gordon Ingenieros
3 Cargadores Frontales	Caterpillar Komatsu Maratón Le Turneau Volvo	E.E.U.U Japón/E.E.U.U E.E.U.U Bélgica	SOTRAQ DCML Mine-Pro Brasil Volvo Const & Equip	Finning Komatsu Chile Mine-Pro Chile SKC Maquinaria	Madisa Multiservicios Oriente Mine-Pro Mexico Converto Dexcel SA	Ferreyros Mitsui Maquinarias Mine-Pro Perú Volvo Perú
4 Camiones Mina Subterránea	Atlas Copco S.A.-Wagner Sandvik-Toro DUX Machinery Caterpillar	Suecia Suecia Canadá E.E.U.U	Atlas Copco -Brasil Sandvik do Brasil SOTRAQ	Atlas Copco Chilena Sandvik Chile M&S Ltda. Finning	Atlas Copco Mexico Sandvik de México Prominter Madisa	Atlas Copco Peruana Sandvik del Perú DUX Andina Ferreyros
5 Equipos LHD	Atlas Copco S.A.-Wagner Sandvik-Toro DUX Machinery Caterpillar	Suecia Suecia Canadá E.E.U.U	Atlas Copco -Brasil Sandvik do Brasil SOTRAQ	Atlas Copco Chilena Sandvik Chile M&S Ltda. Finning	Atlas Copco Mexico Sandvik de México Prominter Madisa	Atlas Copco Peruana Sandvik del Perú DUX Andina Ferreyros
4 Equipos para Planta concentradora	Outokompu Dorr-Oliver Eimco S.A FFE Minerals Metso Minerals	Finlandia Canadá E.E.U.U Finlandia	Outokompu Brasil D.O. Eimco Brasil FFE Minerals Brasil Metso Brasil	Outokompu Technology D.O. Eimco Chile FFE Minerals Chile Metso Chile	Outokompu Mexicana D.O. Eimco-México Metso México	Outokompu Technology D. O. Eimco Perú
5 Chancadores	FFE Minerals Metso Minerals Delkor Sandvik Rock Processing ThyssenKrupp Robins Inc.	E.E.U.U Finlandia Sudáfrica Suecia E.E.U.U	FFE Minerals Brasil Metso Brasil Sandvik do Brasil ThyssenKrupp Brasil	FFE Minerals Chile Metso Chile Delkor Sud América Sandvik Chile ThyssenKrupp Chile	Metso México Sandvik de México ThyssenKrupp México	Reinsa Sandvik del Perú
6 Correas Transportadoras	FFE Minerals Metso Minerals Sandvik Rock Processing ThyssenKrupp Robins, Inc. Asea Brown Boverly Good Year Conveyor Belt STM Edyce Caucho Técnica FMC Technologies Man Takraf	E.E.U.U Finlandia Suecia E.E.U.U Suiza E.E.U.U Chile Chile E.E.U.U Alemania	FFE Minerals Brasil Metso Brasil Sandvik do Brasil ThyssenKrupp Brasil ABB Brasil G.Y. Conveyor Brasil X X X Man Takraf do Brasil	FFE Minerals Chile Metso Chile Sandvik Chile ThyssenKrupp Chile ABB Chile G.Y. Conveyor Chile X X X Man Takraf Chile	Metso México Sandvik de México ThyssenKrupp México ABB México G.Y. Conveyor Mexico	Sandvik del Perú ABB Perú X X

**Tabla 5.19. Presencia de las principales empresas proveedoras de bienes (continuación)**

<sup>188</sup> Ver más detalles en: <http://chile.infomine.com/suppliers/categories.asp>

Maquinarias y Equipos	Proveedor	Origen	FILIAL EN CADA PAIS			
			Brasil	Chile	México	Perú
7 Equipos de perforación M.Subterránea	Atlas Copco S.A. Sandvik-Tamock Equipos Mineros Boart Long Year Ltda	Suecia Suecia Chile E.E.U.U	Atlas Copco -Brasil Sandvik do Brasil Boart Long Year Brasil	Atlas Copco Chilena Sandvik Chile X Boart Long Year Chile	Atlas Copco Mexico Sandvik de México Perfo Service SA	Atlas Copco Peruana Sandvik del Perú Boart Long Year Perú
8 Equipos de perforación M.Rajo Abierto	P&H Carmix Do Brasil Bucyrus Atlas Copco S.A. Sandvik Metalúrgica Wolf	E.E.U.U Brasil E.E.U.U Suecia Suecia Brasil	Mine-Pro Brasil X Bucyrus Brasil Atlas Copco -Brasil Sandvik do Brasil X	Mine-Pro Chile Bucyrus Chile Atlas Copco Chilena Sandvik Chile	Mine-Pro Mexico Bucyrus (Arizona) Atlas Copco Mexico Sandvik de México	Mine-Pro Perú Bucyrus Perú Atlas Copco Peruana Sandvik del Perú
9 Equipos de Sondajes	Atlas Copco S.A. Boart Long Year Ltda Carmix Do Brasil Metalúrgica Wolf  Layne Christensen Universal Drill Rigs Acker Drill Company Tei Rock Drills	Suecia E.E.U.U Brasil Brasil  E.E.U.U Australia E.E.U.U E.E.U.U	Atlas Copco -Brasil Boart Long Year Brasil X X  Boyles Bros. do Brasil  Acker Drill Tei Rock Drills Brasil	Atlas Copco Chilena Boart Long Year Chile   Christensen Chile S.A U.D.R. Chile	Atlas Copco Mexico Perfo Service SA  Layne de Mexico	Atlas Copco Peruana Boart Long Year Perú  Boyles Bros. Diamantina
10 Equipos de apoyo y mov de tierra	Caterpillar Komatsu Liebherr Mining International Terex John Deere Volvo	E.E.U.U Japón/E.E.U.U E.E.U.U E.E.U.U E.E.U.U Bélgica	SOTRAQ DCML Liebherr Brasil Terex Mining Brasil John Deere Brasil Volvo Const & Equip	Finning Komatsu Chile Raico Terex Mining Chile Agrícola Gildemeister SKC Maquinaria	Madisa Multiservicios Oriente Makimex Maquinaria Intercontinental John Deere México Converto Dexcel SA	Ferreyros Mistsui Maquinarias Metal Técnica Gordon Ingenieros IPESA Volvo Perú
11 Equipos automatización para	Asea Brown Boverly Siemens 3M Mining	Suiza Alemania E.E.U.U	ABB Brasil Siemens Brasil 3M Mining Brasil	ABB Chile Siemens Chile 3M Mining Chile	ABB México Siemens México 3M Mining México	ABB Perú Siemens Perú 3M Mining Perú
12 Molinos	FFE Minerals Metso Minerals Outokompu	E.E.U.U Finlandia Finlandia	FFE Minerals Brasil Metso Brasil Outokompu Brasil	FFE Minerals Chile Metso Chile Outokompu Technology	Metso México Outokompu Mexicana	Outokompu Technology
13 Motores	Detroit Diesel Corp Cummins Caterpillar	Alemania/E.E.U.U E.E.U.U E.E.U.U	MTU do Brasil Ltda. Cummins Brasil Ltda. SOTRAQ	Detroit Chile S.A. Cummins Chile, S.A. Finning	D D-Allison Mexico Madisa	Detroit Diesel MTU Peru Ferreyros
14 Palas Minería Rajo Abierto	Caterpillar Komatsu Liebherr Mining International Terex P&H Hitachi Bucyrus	E.E.U.U Japón/E.E.U.U E.E.U.U E.E.U.U E.E.U.U E.E.U.U E.E.U.U	SOTRAQ DCML Liebherr Brasil Terex Mining Brasil Mine-Pro Brasil Mine-Pro Brasil Bucyrus Brasil	Finning Komatsu Chile Raico Terex Mining Chile Mine-Pro Chile Mine-Pro Chile Bucyrus Chile	Madisa Multiservicios Oriente Makimex Maquinaria Intercontinental Mine-Pro Mexico Mine-Pro Mexico Bucyrus (Arizona)	Ferreyros Mistsui Maquinarias Metal Técnica Gordon Ingenieros Mine-Pro Perú Mine-Pro Perú Bucyrus Perú
15 Ventiladores y Accesorios	Asea Brown Boverly (ABB) Elta Fans Industrial Tubos S.A. Schadler y Cia Ltda. AFC do Brasil Ltda. Alvabras Equipamentos Berlinerluft	Suiza Reino Unido Perú Chile Brasil Brasil Alemania	ABB Brasil Elta Fans Brasil  X X Berlinerluft Brasil	ABB Chile TermoVent  X	ABB México	ABB Perú  X

Los rasgos que caracterizan a estas empresas son los siguientes:

- ✓ Los fabricantes de equipos mineros pertenecen a empresas globales muy diversificadas, lo que significa que en muchos casos la minería es sólo uno de sus giros. Uno de los ejemplos más notables es Liebherr. Esta empresa que tiene sus oficinas centrales en Suiza fabrica electrodomésticos, componentes de aviones comerciales y una cantidad importante de aplicaciones industriales. Por ejemplo, la fabricación de camiones mineros de alto tonelaje es realizada en Estados Unidos y las palas hidráulicas son fabricadas en Brasil.
- ✓ El número de proveedores para un mismo equipo a veces es reducido, dos o tres en algunos casos, lo que impide la entrada de nuevos actores al mercado.
- ✓ Aplican estrategias comerciales agresivas con oficinas comerciales en cada uno de los países analizados, estableciendo su centro de operaciones en un país plataforma latinoamericano o a partir de empresas locales representantes de sus productos. Por ejemplo, Finning Chile importa principalmente equipos mineros, así como partes y piezas asociadas a estos equipos. Los principales equipos corresponden a camiones fuera de carretera, tractores, cargadores frontales y motoniveladoras, en su gran

mayoría de marca Caterpillar. Las principales partes y piezas importadas son repuestos para estos equipos, lo que resulta lógico si se considera la cantidad de equipos que importan y la conveniencia para Finning Chile de realizar directamente la mantención y/o reparación de los equipos abastecidos.

Komatsu a través de su División Construcción y Equipamiento Minero es otro importante proveedor de equipos con una participación de mercado creciente en camiones, palas hidráulicas y equipos de apoyo<sup>189</sup>.

Por ejemplo, entre 1998 y 2005 ha vendido en el mundo más de 100 unidades de su camión gigante modelo 930E (30% en Codelco Chile). Se trata de un camión de 330 toneladas cortas de capacidad de carguío, equipado con motor Cummins QSK 60 de 2.700 hp, neumáticos 53/80 R63 y de transmisión eléctrica. Estas unidades son atendidas por contratos del tipo Full Marc (Maintenance and Repair Contracts), que consiste en proveer un servicio de mantención y reparación con disponibilidades contratadas y garantizadas<sup>190</sup>.

Por su parte, Atlas Copco importa principalmente maquinas perforadoras y equipos de carguío y transporte para minería subterránea, además de partes y piezas para equipos de perforación (barras, culatines, acoples, etc.).

- ✓ El know how desplegado por estas empresas es muy intenso, lo que facilita el desarrollo de nuevos productos, generando procesos de innovación muy dinámicos. En reiteradas oportunidades las operaciones mineras conciben sus diseños mineros a partir de las especificaciones de los equipos que el proveedor dispone. Tiende a reducirse el número de “equipos a la medida del cliente”, lo que permite reducir costos y obtener mayores eficiencias de los fabricantes.
- ✓ Los centros de investigación de estas empresas son descentralizados de las casas matrices. De esta forma una empresa puede tener centros de investigación en Estados Unidos, Alemania y China lo que permite generar productos y servicios innovadores en distintas partes del mundo aprovechando las ventajas competitivas de cada región. Es importante resaltar que la gran mayoría de las empresas proveedoras tiene sus centros tecnológicos fuera de Latinoamérica.
- ✓ Se observa una tendencia de estas empresas a ofertar servicios de ingeniería altamente especializados. De esta forma, la ejecución de un proyecto de ingeniería básica encomendada al departamento de ingeniería del proveedor (en muchos casos sin costo adicional para el mandante), genera la oportunidad para que la compañía minera adquiera tanto el equipo como los servicios de mantención asociados. Empresas como Outokumpu, FFE Minerals o Metso se han adjudicado proyectos de suministro de equipos una vez que los propios proveedores han recomendado los equipos en los estudios de ingeniería.

Existen algunos equipos y accesorios mineros producidos por proveedores locales que pueden ser destacados:

---

<sup>189</sup> Komatsu Co. es una empresa internacional ligada a la fabricación de equipos de movimiento de tierras para los sectores de minería, construcción y forestal, además de participar activamente en las áreas de electrónica, robótica y fabricación de prensas automotrices. Consta de 174 compañías consolidadas, de las cuales 108 se ubican en Japón y 37 en las Américas y el resto del mundo. El parque de equipos a nivel global supera las 400.000 unidades, en sus seis productos principales: tractores de oruga, cargadores sobre neumáticos, motoniveladoras, camiones mineros, excavadoras de orugas y sobre neumáticos. Posee ventas netas por US\$9.800 millones anuales, de las cuales cerca de US\$200 millones provienen de los negocios en Chile, a través de Komatsu Chile. A nivel mundial cuenta con 32.000 empleados y en Chile con sobre 1.400 empleados. Más detalles en: [www.komatsu.com](http://www.komatsu.com)

<sup>190</sup> Fuente: [www.portalminero.com](http://www.portalminero.com)



- ✓ En equipos y accesorios de perforación destacan el Grupo de Empresas Drillco en Chile e Implemin, ambas de Chile, y la empresa brasileña PW Hidropneumática.

Drillco es una compañía privada familiar y opera en el mercado minero desde 1990. La compañía diseña y fabrica martillos DTH (Down the Hole), brocas y accesorios de perforación de roca. El grupo Drillco también incluye a la Empresas Drillco Perforaciones y Estratos. Drillco Perforaciones es especialista en perforación de producción para minería de Rajo Abierto y Estratos es especialista en Tratamientos Especiales de Terreno como Anclajes, Micropilotes, Inyecciones para Obras Civiles, etc. Drillco Tools se beneficia de esta relación, teniendo acceso a las actuales y futuras aplicaciones de perforación de roca a través de sus empresas relacionadas<sup>191</sup>.

Implemin es una empresa chilena fabricante de columnas completas de perforación: De sondaje circulación reversa y de gran diámetro para tronadura de minas. En los últimos la empresa se ha embarcado en un proceso de mejoramiento de la calidad ha logrado la certificación ISO 9001:2000 otorgada por BVQI Chile S.A.<sup>192</sup>

PW Hidropneumática lleva 15 años en el mercado de la perforación, y ha comercializado más de 600 carros de perforación y más de 800 perforadoras neumáticas. Actualmente, su red de distribuidores cuenta con 18 unidades en Brasil y dos en el exterior (Chile y Ecuador).

- ✓ En la fabricación de partes y piezas de correas transportadoras se destaca la presencia de Metalúrgica Revesol y Caucho Técnica en Chile.
- ✓ Conymet (Chile) inició sus operaciones prestando servicios de mantenimiento al sector minero en el área de la extracción, en la década de los setenta. Una de las fortalezas de esta empresa regional ha sido la búsqueda constante de innovación tecnológica, lo que le permitió instalar la primera fábrica de tolvas en Antofagasta, II Región de Chile el país.

Además, la empresa inició la apertura de oficinas en Melbourne, Australia, tras la adquisición de la firma Dunlop Duratray, fábrica de gomas, materia prima que a su vez, le permitió aportar una nueva innovación: la caja de volteo, o tolva suspendida. Ello significó fabricar una tolva reemplazando el piso de acero y las placas de desgaste asociadas de las convencionales, por una carpeta de goma suspendida por sogas transversales que, a su vez, se ajustan a la estructura de la pared lateral.

Actualmente, Duratray fábrica y comercializa la tolva con piso de goma en suspensión, utilizada en los camiones mineros, para los mercados Norteamericanos (Estados Unidos y Canadá), América Latina y Asia Pacífico.

### 5.1.3.2 Empresas proveedoras de insumos

El grupo de empresas proveedoras de insumos mineros responde a una lógica similar a la de los proveedores de equipos y maquinaria minera en relación a la importante presencia de proveedores extranjeros en los distintos países de la región y a una participación de mercado mayoritario. A partir de la Tabla 5.20 se observa una presencia incipiente de empresas proveedoras locales que exportan volúmenes menores a países latinoamericanos y de manera esporádica a algunas regiones remotas como el Asia Pacífico.

**Tabla 5.20. Presencia de las principales empresas proveedoras de insumos**

<sup>191</sup> Más detalles en: <http://www.drillcotools.com>

<sup>192</sup> Más detalles en: <http://www.implemin.cl>

Insumos de Operación	Proveedor	Origen	FILIAL EN CADA PAIS			
			Brasil	Chile	México	Perú
1 Abrasivos	3M Mining Thermal ceramics YM COMPANY Asa Abrasivos ISESA COPER FIX FABRAS	E.E.U.U E.E.U.U México Perú Chile Brasil Brasil	3M Mining Brasil Morganite Brasil   X X	3M Mining Chile Carbochile  X	3M Mining México TM México X	3M Mining Perú   X
2 Aceros de desgaste y estructuras	Edyce AJ Weller Aciva CSH IMSA Armco Staco AUMUND Fördertechnik CSN SSAB Oxelund Grupo Bohler Uddeholm Dofasco Proacer ME Global	Chile E.E.U.U Brasil Chile México E.E.U.U Alemania Brasil Suecia Austria Canadá Chile E.E.U.U	Tricenter SA  X  X X X SSAB Swedish Steel Acos Bohler-Udd do Brasil	Edyce X  X Imsa Chile   X Elecmetal	   Grupo Imsa  Hardox México Dofasco México	Esmetal     SSAB Oxelösund AB Bohler del Perú  Fucasa
3 Aceros de Perforación y perforadoras	Atlas Copco S.A. Sandvik-Tamock Equipos Mineros Boart Long Year Ltda Fordia Drillco Tools Implemin Universal Drill Rigs RNPSA Western Drilling Coast Minexo do Brasil	Suecia Suecia Chile E.E.U.U Canadá Chile Chile Australia México Canadá Brasil	Atlas Copco -Brasil Sandvik do Brasil  Boart Long Year Brasil   X	Atlas Copco Chilena Sandvik Chile X Boart Long Year Chile Fordia Sud America X X UDR Chile	Atlas Copco Mexico Sandvik de México  Perfo Service SA Universal Diamond Tools  X Varel S.A.	Atlas Copco Peruana Sandvik del Perú  Boart Long Year Perú  Fordia Andina S.A.C X X
4 Ácido Sulfúrico	Interacid Trading Noranda Dupont Mexicana de Cobre Pan Pacific BCT Chentrade	Suiza USA México Japón Perú	X	X X X X X	X	X  X
5 Medios de molienda (barras y bolas)	Scaw Materials Proacer CSH Metalúrgica Peruana Magotteaux	Sudáfrica Chile Chile Perú Bélgica	   Magotteaux do Brasil	Moly Cop-Chile X X	  Magotteaux México	Moly Cop-Adesur  X
6 Cables, cadenas y tuberías de acero	Bekaert-WRI Kupfer Hermanos S.A. CSH SKY Tubos	Bélgica Chile Chile Brasil	Bekaert Brasil  X	Prodinsa X X	Bekaert México	Bekaert Perú
7 Cal y cemento	La Farge Cementos Bio Bio Holcim Cemento Andino Vaesa SA Cementos Lima	Francia Chile Suiza Perú México Perú	La Farge Brasil  Holcim Brasil	Cemento Melón X Cementos Polpaico	La Farge Cemento SA  Holcim Apasco X	Cementos Pacasmayo X X
8 Combustibles y lubricantes	Shell Copec EMCOPESEC Esso Kluber Metatron Lubrilib Petrobras	Reino Unido Chile Perú  Alemania México Canadá Brasil	Shell Brasil  Esso do Brasil Kluber Lubrication Brasil  X	Shell Chile X Esso Chile Petrolera Kluber Lubrication Chile  X	Shell México  Kluber lubricación Mexicana Metatron Lubrilib México	Shell Perú  X  Dicomet SRL Producción y tecnología X
9 Elementos de fortificación	Degussa CC Fatzner AG Atlas Copco S.A. Kupfer Hermanos S.A.	E.E.U.U Suiza Suecia Chile	Degussa CC-Brasil Malta Soares Rep. Ltda. Atlas Copco -Brasil	Degussa CC-Chile Geobrugg Andina Atlas Copco Chilena X	Degussa CC-Mexico Cables de Acero S.A Atlas Copco Mexico	MBT Unicon TDM Atlas Copco Peruana

**Tabla 5.20. Presencia de las principales empresas proveedoras de insumos (Continuación)**

Insumos de Operación	Proveedor	Origen	FILIAL EN CADA PAIS			
			Brasil	Chile	México	Perú
10 Explosivos y accesorios de voldura	Orica Mining Services Enaex Denasa Famesa Exxsa Austin Powder	Australia Chile Chile Perú Perú E.E.U.U	Orica Brasil	Orica Chile X X Explonor	Orica Norteamérica    X	X  Famesa Explosivos X
11 Gases y Soldadura	Indura Air liquide Mersud Zinsa Esab BWS Welding Alloys Linde Group	Chile Francia Chile Perú Reino Unido Brasil Reino Unido Alemania	Air liquide Brasil  X X Welding Alloys Brasil AGA Brasil	X Air liquide Chile X  AGA Chile	X  X  Welding Alloys Panamericana AGA México	X  X  AGA Perú
12 Neumáticos	Bridgestone Michelin	Japón España, Francia	Michelin do Brasil	Bridgestone LA Michelin Chile	Bridgestone Mexico Michelin México	Neuma Perú
13 Partes y piezas de correas transportadoras	Rema Tip Top Metalúrgica Revesol Good Year Conveyor Belt STM Edyce Caucho Técnica Man Takraf Forder Technik	Alemania Chile E.E.U.U Chile Chile Alemania	NorteSul Industrial Ltda  G. Y. Conveyor Brasil X Man Takraf do Brasil	Tip Top Chile X G. Y. Conveyor Chile X X Man Takraf Chile	Tip Top Industrial SA G. Y. Conveyor México	Tecnomina SR Ltda  X X
14 Partes y piezas para equipos de perforación, carguío y tte.	Caterpillar Komatsu Maratón Le Turneau Conymet Volvo Atlas Copco S.A.-Wagner Sandvik-Toro P&H Bucyrus	E.E.U.U Japón/E.E.U.U E.E.U.U Chile Bélgica Suecia Suecia E.E.U.U E.E.U.U	SOTRAQ DCML Mine-Pro Brasil  Volvo Const& Equip Atlas Copco -Brasil Sandvik do Brasil Mine-Pro Brasil Bucyrus Brasil	Finning Komatsu Chile Mine-Pro Chile X SKC Maquinaria Atlas Copco Chilena Sandvik Chile Mine-Pro Chile Bucyrus Chile	Madisa Multiservicios Oriente Mine-Pro Mexico  Converto Dixel SA Atlas Copco Mexico Sandvik de México Mine-Pro Mexico Bucyrus (Arizona)	Ferreyros Mistsui Maquinarias Mine-Pro Perú  Volvo Perú Atlas Copco Peruana Sandvik del Perú Mine-Pro Perú Bucyrus Perú Cognis Perú Co.
15 Reactivos y químicos	Cognis Cytec	E.E.U.U E.E.U.U	Cytec do Brasil	Cognis Chile Cytec Chile		Cognis Perú Co.

Existen algunos insumos mineros producidos por proveedores locales que en la lógica imperante de las economías abiertas han sido exitosos en la consolidación de los mercados internos. Algunas de las empresas e insumos que pueden mencionarse son los siguientes:

- ✓ En la fabricación de explosivos y accesorios de tronadura Enaex tiene una porción mayoritaria del mercado chileno. Lo mismo ocurre con FAMESA en Perú.
- ✓ En aceros de desgaste y estructuras el Grupo IMSA de México. CSN de Brasil y CSH de Chile son dos compañías siderúrgicas que abastecen a varios países de Sudamérica con productos de acero.

En Chile, también destaca Elecmetal que produce repuestos de acero fundido para la minería, la construcción y la industria, principalmente repuestos para equipos de molienda, repuestos para equipos de chancado, y repuestos para movimiento de tierra. Adicionalmente fabrica bombas para procesamiento de minerales y eslabones de orugas para maquinaria pesada. La compañía cuenta con cuatro fundiciones con una capacidad total de producción superior a 60.000 ton/año. Dos fundiciones están situadas en Chile y dos en Estados Unidos<sup>193</sup>.

- ✓ En la Fabricación de Cementos Inacesa (Chile), Cementos Lima (Perú) y Vaesa (México) abastecen a los mercados internos.
- ✓ Moly Cop (SCAF Materials) y Proacer en Chile y Metalúrgica Peruana fabrican bolas y barras de acero para ser utilizadas como medios de molienda.

<sup>193</sup> Cabe señalar que en diciembre de 2003, Elecmetal se adjudicó el 60 por ciento de la propiedad de la sociedad Fundación Talleres S.A. de la División Talleres de Codelco Chile, con lo cual espera aumentar su participación en el mercado. Más detalles en: [www.elecmetal.cl](http://www.elecmetal.cl) y [www.talleres.cl](http://www.talleres.cl).

- ✓ Petrobras (Brasil) que abastece de combustible y lubricantes al mercado doméstico y tiene oficinas comerciales en los países en estudio.

Estas son algunas de las empresas proveedoras locales que tienen algún grado de diversificación comercial y que podrían denominarse pioneras en el desarrollo de productos locales. Es importante mencionar que por la cercanía territorial, las empresas chilenas y peruanas han logrado entrar a los mercados vecinos. Este ingreso es más difícil para empresas brasileñas y mexicanas. La interrogante para los próximos años es saber si aumentará el número de empresas locales que abastecerá de insumos mineros a las operaciones mineras asentadas en la región y a otras regiones del planeta.

### **5.1.3.3 Empresas prestadoras de servicios mineros**

#### **El Proceso de la Tercerización**

La tercerización se originó en los Estados Unidos a partir de la II Guerra Mundial, donde las industrias bélicas comenzaron a concentrarse en el desarrollo de la producción de armamentos y delegaron algunas actividades en empresas prestadoras de servicios. Esta práctica se traspasó a otros sectores, principalmente el textil, y en los últimos años se ha convertido en una práctica común del sector minero.

Los efectos de la globalización y la necesidad de las compañías mineras por aumentar su competitividad y disminuir sus costos de producción han generado oportunidades para que empresas externas a las empresas mineras puedan desarrollar una amplia gama de servicios con distintos grados de especialización. De esta forma se ha evolucionado desde la década del 70, cuando incluso actividades que no tenían relación con la producción (aseo y mantenimiento industrial, servicios de alimentación y campamento, transporte a puerto, etc) eran efectuados con personal propio. La tendencia actual indica que casi la totalidad de las actividades que no tienen relación directa con la producción es externalizada.

Así, el antiguo modelo de gestión de la minería era autártico o autosuficiente, que consideraba la gestión y operación de la ingeniería y construcción, así como el abastecimiento de una variada gama de rubros, destacando la infraestructura (viviendas, construcción de obras viales, energía), servicios (hospitales, educación, cementerio, etc.), alimentación, vestuario, entre otros rubros. Con el paso del tiempo, y acorde a los nuevos modelos de gestión, la industria se ha focalizado en el negocio minero generando una serie de encadenamientos productivos en actividades relacionadas, que incluyen actividades directas de la operación (servicios de exploración, carguío y transporte, desarrollo minero, mantenimiento de equipos, etc.), así como actividades indirectas (alimentación, transporte de personal y productos, gestión de personal, informática, alojamientos, etc.).

La información de mercado muestra que una parte importante de empresas proveedoras de bienes e insumos son a su vez prestadoras de servicios. De acuerdo a la definición de servicio, éste tiende a ser intangible, personalizado y su nivel de calidad depende principalmente de las personas involucradas en su producción así como también, de dónde y cuándo éste es entregado.

En su página web, Codelco entrega una clasificación de servicios en tres grandes grupos: servicios de ingeniería y consultoría, servicios de construcción y montaje, y servicios generales y mantenimiento. La Tabla 5.21 muestra un listado de los servicios agrupados en estas categorías.

A continuación se entrega información relevante para cada de estas categorías. Sin embargo, cabe señalar que la ausencia de un catastro de empresas proveedoras de servicios en los países analizados, impide establecer un mapa de la presencia global de las empresas de servicios extranjeras y locales. Sin embargo en el año 2005, un estudio realizado por COCHILCO identificó preliminarmente un catastro de empresas chilenas y extranjeras de ingeniería y construcción que participan en estudios de factibilidad o en la licitación y posterior construcción de la infraestructura que las operaciones mineras requieren en Chile<sup>194</sup>, muchas de ellas operando en América Latina. Complementario a la información anterior, se analizan algunos casos de empresas locales prestadoras de servicios.

**Tabla 21. Categorización de servicios mineros**

Generales y Mantenimiento	Ingeniería y consultoría	Construcción y Montaje
Generales 1. Alimentación 2. Campamento 3. Aseo y seguridad industrial 4. Ambientales 5. Computacionales 6. Administrativos 7. Capacitación 8. Arriendo de bienes inmuebles 9. Arriendo de maquinarias 10. Mineroducto 11. Servicios 12. Portuarios 13. Instalaciones menores 14. Apoyo a la producción 15. Perforación primaria 16. Transporte de personal 17. Transporte de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido sulfúrico</li> <li>• Concentrados</li> <li>• Cargas varias</li> </ul> Mantenimiento 1. Maestranza 2. Mantenimiento y reparación de equipos Mina, planta y fundición 3. Mantenimiento industrial	1. Ingeniería (todas las especialidades) 2. Arquitectura 3. Geología 4. Control de gestión 5. Servicios legales 6. Apoyo a la planificación 7. Apoyo administración e inspección técnica de proyectos 8. Servicio integral de sistemas de información y gestión 9. Servicio muestreo y preparación mecánica de muestras geológicas 10. Servicios integrales de geomensura 11. Servicios de laboratorios químico 12. Servicios medioambientales 13. Otras asesorías técnicas	1. Desarrollos mineros 2. Fortificación 3. Obras civiles y montajes 4. Obras varias eléctricas y mecánicas

Fuente: COCHILCO en base a página web de Codelco, noviembre 2005

### **Empresas de Ingeniería y Consultoría – Construcción y Montaje**

En este mercado, la estrategia de asociación entre grandes empresas de Ingeniería y Construcción transnacionales y locales es fundamental para un mayor desarrollo de estas últimas. Un aspecto a tener en cuenta es que los profesionales que trabajan en las empresas denominadas “extranjeras” son mayoritariamente locales. Los cargos a nivel gerencial o de control de gestión son ocupados por ejecutivos provenientes de los países donde se encuentran las casas matrices.

Dada la magnitud de los proyectos, las compañías mineras optan en general por empresas con experiencia comprobada a nivel nacional e internacional que garantice la materialización de las inversiones. De esta forma se genera frecuentemente un esquema donde la empresa “mayor” subcontrata a empresas locales que se dedicarán a tópicos más específicos del proyecto minero.

<sup>194</sup> Ver: “Oportunidades de Negocios para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile”, <http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/164-267-317-encademanientos.pdf>

No es de extrañar por lo tanto que en la mayoría de las licitaciones de contratos EPCM<sup>195</sup> participen empresas de Ingeniería como Aker Kvaerner (Noruega), Fluor-Daniel (Norteamérica), SNC Lavalin (Canadá), Bechtel Ingeniería (USA) o empresas de construcción como Techint (Italia), Zublin International GMBH (Alemania) o Bechtel (USA), entre otros. Nuevamente se observa una estrategia empresarial de aumentar su participación de mercado por medio de compañías integradas.

La Tabla 5.22 muestra un cuadro comparativo donde se clasifica por nivel de ventas anuales a las principales empresas de ingeniería y consultoría que prestan sus servicios a la minería en Chile.

**Tabla 5.22. Clasificación de Empresas de Ingeniería y Construcción por Nivel de Ventas (Chile)**

Entre 10 y 30 Millones de US\$/año	Entre 5 y 10 Millones de US\$/año	Entre 1 y 5 Millones de US\$/año	Menor a 1 Millón de US\$/año
<b>Ingeniería</b>			
<b>Extranjeras</b> Aker Kvaerner Fluor-Daniel Chile Indepro Ingeniería SKM Minmetal S.A. SNC Lavalin Bechtel Ingeniería  <b>Nacionales</b> ARA Ingeniería Cade - Idepe Ingendesa S.A. JRI Ingeniería S.A. Martínez y Cuevas	<b>Extranjeras</b> Arcadis Geotécnica Golder Associates S.A. SAM S.A. SDI Ingenieros S.A. Hatch Chile  <b>Nacionales</b> REG Estudios Ltda Gestión Ambiental	<b>Extranjeras</b>          <b>Nacionales</b> Heredia y Santana Ing Cuatro Ltda. Ingentra Metálica S.A. NCL S.A Metaproject PM Ingenieros Ltda Vector S.A.	<b>Extranjeras</b>  Amec International S.A.  <b>Nacionales:</b>  Aldunate y Asoc. Ltda. Cica Consultores Geoexploraciones S.A. Idesol Ingeniería S.A. Proconsa Ingeniería S.A. R & Q Ingeniería S.A. RFA Ingenieros Consultores SMI Luis San Martín y Cia. Subterra Ingenieros Ltda Zañartu Ingenieros

Mayor a 50 Millones de US\$/año	Entre 10 y 50 Millones de US\$/año	Entre 5 y 10 Millones de US\$/año	Menor a 5 Millones de US\$/año
<b>Construcción</b>			
<b>Extranjeras</b>  Techint Zublin International GMBH Chile Soletanche Bachy Chile S.A NDS LTDA. Bechtel Incolor  <b>Nacionales</b> Ingeniería y Construcción Sigdo Parina LTDA. Salfa Montajes S.A. Tecsá S.A. Belfi ICAFAL LTDA. Constructora Gardilic BDS Delta	<b>Extranjeras</b> Marinero Zona Franca SA Siemens      <b>Nacionales</b> Geovita IECSA LTDA. Mas Errazuriz Besalco Fé Grande Claro & Vicuña B&C	<b>Extranjeras</b> Tecno Fast Atco Com. Catering Fuller      <b>Nacionales</b> Agecomet Cerro Alto LTDA. Consorcio KBA Sural EMIN Vecchiola Echeverría Izq.	<b>Extranjeras</b> FCI Maclean Power System      <b>Nacionales</b> Chesta Ingeniería Araucanía LTDA. Const. Aconcagua Ocegtel

Fuente: COCHILCO a partir de páginas web de AIC y la Corporación de Bienes de Capital, e información proporcionada por empresas mineras.

<sup>195</sup> EPCM significa Engineering, Procurement, Construction and Management. Un contrato de estas características es aquel en el cual el oferente realiza directamente los servicios totales de ingeniería, gestión de la adquisición de materiales y equipos, licitación de obras y los servicios relacionados con la inspección técnica de obras y la administración de las actividades de terreno, al menos hasta la partida operacional de las instalaciones.

La especialización de las empresas de ingeniería chilena abarca las áreas de gestión, minería, gas natural, sistemas concesionados, producción de celulosa y papel y otros. Según estimaciones de la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G. (AIC), 4,57 millones de horas de ingeniería son utilizados en proyectos del área minería. Lo anterior se traduce en unos US\$137 millones anuales.

Si se considera que este valor representó al menos un 80% del tamaño del mercado total de servicios de ingeniería y consultoría durante el año 2004, el valor total de servicios de ingeniería y consultoría fue del orden de unos US\$ 171 millones anuales.

Se estima que la capacidad exportadora de las empresas de ingeniería chilena que prestan sus servicios a la minería es del orden de US\$ 55 millones anuales, considerando que entre un 60 y 70 % de esta cifra puede realizarse desde Chile y la parte restante debe efectuarse en el extranjero por profesionales chilenos.

Uno de los destinos donde la exportación de servicios de ingeniería y construcción chilenos ha sido exitosa es Perú. Se destaca el proyecto Antamina (BHP Billiton, Teck Cominco) con una inversión de US\$2.600. Las empresas de Ingeniería y construcción con casas matrices en Chile facturaron más de US\$ 311 millones en el período invernal de este proyecto.

Además, en los últimos años, los servicios de ingeniería relacionados a proyectos mineros se han exportado a Colombia, Bolivia, México, Uruguay, Venezuela, Estados Unidos, India, Namibia, Zambia y Tailandia. Se destaca la exportación de servicios en el ámbito de la minería en el período 2000-2005 por parte del consorcio de empresas de ingeniería denominado "Servicios Internacionales de Ingeniería de Consulta" a varios países de América Latina, África, Asia y Norteamérica por un monto cercano a los US\$ 7 millones.

En Perú, las principales empresas de servicios de ingeniería son las siguientes<sup>196</sup>: Buenaventura Ingenieros S.A.; COSAPI S.A.; Graña y Montero S.A.; CESEL S.A.; Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A.; SVC Ingeniería y Construcción S.A.; Building S.A.C.; CAO V Asesores Consultores Generales S.A.C.; De La Piedra Consultores Generales S.A.C.; Ecoplaneación Civil S.A. y Tecknospace Internacional S.A.C.

Un caso a destacar en Perú es la empresa Gestión Minera S.A. (GEMIN) del Grupo Milpo, dedicada a la prestación de servicios de ingeniería y construcción, principalmente en proyectos de profundización, expansión y operación en minería subterránea. En el año 2003, GEMIN realizó los siguientes trabajos en la mina El Porvenir del Grupo Milpo:

- ✓ Ingeniería, supervisión y construcción del proyecto de Profundización – Fase II
- ✓ Preparación y desarrollo de la Mina
- ✓ Levantamiento de la presa de relaves

Asimismo, durante el año, GEMIN participó activamente en la revisión de los estudios tanto del Proyecto Chapi como Cerro Lindo de la misma empresa. De manera paralela a los servicios prestados dentro del Grupo Milpo, GEMIN ejecutó servicios de ingeniería en proyectos de expansión de minas y profundización a diversas empresas

---

<sup>196</sup> Fuente: "Perfil de Mercado de Servicios de Ingeniería y Construcción – Perú", Junio 2005, ProChile Lima (documento interno)

nacionales y extranjeras. El nivel de facturación anual de la empresa es aproximadamente US\$ 10 millones<sup>197</sup>.

A juicio de los ejecutivos de las empresas de ingeniería y construcción con mayor presencia en la industria minera, los desafíos que enfrenta el sector en este ámbito son los siguientes<sup>198</sup>:

#### **a) Contractuales**

- ✓ Cada vez será mayor el número de clientes que contratará servicios integrados, tales como EPC, EPCM, llave en mano y BOT, entre otros.
- ✓ La minería se perfila concentrándose en su "core business", lo cual implicará que las compañías deberán conformar asociaciones de empresas de ingeniería, construcción y organismos de financiamiento.
- ✓ Marcar diferencias en las tarifas de acuerdo al valor del producto entregado.

#### **b) Ingeniería y construcción**

- ✓ La minería tiene limitaciones crecientes de infraestructura (agua, energía).
- ✓ La disposición de residuos sólidos es de complejidad creciente (lastre, ripios, relaves).
- ✓ Desarrollo de nuevas tecnologías, vale decir, minería subterránea de gran capacidad, biolixiviación, etc.
- ✓ Desarrollo al máximo de soluciones estandarizadas, uso extensivo de herramientas y programas computacionales, de modo de aumentar la eficiencia y optimizar el precio de la ingeniería.
- ✓ Gran desafío en minería será la explotación de minas cada vez más complejas y profundas, en especial la minería subterránea de mineral primario y la profundización de los grandes rajos del país.
- ✓ Discutir y proponer alternativas que permitan a las empresas de ingeniería y construcción participar en desarrollos técnicos y de nuevos productos.

#### **c) Generales**

- ✓ Aumento de la eficiencia de la mano de obra, a todo nivel, mediante entrenamiento continuo. Sensibilización de todo el personal en la política de "cero incidente".
- ✓ Aunar esfuerzos, experiencia y talentos entre empresas mineras, empresas de ingeniería y construcción y proveedoras de equipos.
- ✓ El proceso de globalización implica que cada vez llegará más competencia extranjera, lo que se traducirá en que las empresas chilenas deberán lograr una mayor participación en el extranjero.
- ✓ Incorporación de tecnología de punta en todo el proceso minero, lo cual permita obtener productos cada vez más competitivos. Esto genera la necesidad que los profesionales se reciclen constantemente y que las empresas de ingeniería y construcción puedan adquirir la mencionada tecnología y puedan también llegar a aplicarlas.

En este sentido, la creación de consorcios entre empresas de ingeniería y construcción se tornan cada vez más necesarios. Ante la apertura de nuevos mercados estos consorcios adquieren una mayor presencia en las licitaciones internacionales y pueden competir con las compañías transnacionales en mejores condiciones. Los consorcios tienen las siguientes características:

- ✓ Una clara orientación del mercado.
- ✓ Usualmente se materializa:
  - A partir del fin de ingeniería básica (proyectos menores a medianos)

---

<sup>197</sup> Dentro de éstas se podría mencionar a: COMSUR, Mina Don Mario (Bolivia); PAN AMERICAN SILVER, Expansión de la Mina Huarón (Perú); PAN AMERICAN SILVER, Due Diligence Proyecto "M"; CONSORCIO MINERO HORIZONTE, Proyecto de Profundización (Perú).

<sup>198</sup> Fuente: Ver: "Oportunidades de Negocios para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile, 2006", <http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/164-267-317-encademanientos.pdf>



- Con cierto avance de la ingeniería de detalle (proyectos mayores; negociación directa).
- ✓ Se está más cerca del cliente quién pide avalar la ingeniería básica.
- ✓ Se tiene una visión más global del proyecto.
- ✓ Se cuenta con conocimientos y sistemas en adquisición de equipos.
- ✓ Desarrollar la ingeniería implica definir la mayor parte de la inversión.
- ✓ Se optimiza y se re-adección los diseños a partir del equipo multidisciplinario.
- ✓ La ingeniería apoya en la construcción y montaje y tiene un rol clave en puesta en marcha.

### **Servicios Generales**

El número de servicios generales que las empresas prestan a la minería es extenso, y hay una tendencia para seguir aumentando su participación, lo cual podría generar una mayor presencia de proveedoras locales. De acuerdo a las visitas en terreno realizadas, se estima que en Brasil, Perú y Chile, este proceso es más generalizado. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en este ítem se incluyen servicios como arriendo de maquinaria, transporte de personal y carga, extracción de basuras y otros servicios que son menos intensivos en conocimiento y tecnología. A modo de ejemplo, la Tabla 5.23 muestra los principales rubros que comprenden los servicios generales, así como las empresas que los prestan a la gran minería en Chile.

**Tabla 5.23. Algunas empresas prestadoras de servicios generales**

Servicios Generales	Empresas Proveedoras
Arriendo de equipo computacional y Mobiliario de Oficina	S & A CONSULTORES ASOC.CHILE S.A. XEROX DE CHILE S.A. FERNANDO MAYER S.A. UNO COMPUTERLAND MICROCARE S.A.
Arriendo de equipo pesado	MAQ. Y CONST. CERRO ALTO LTDA. RENTAEQUIPOS LEASING S.A MARINEER ZONA FRANCA S.A. TRANSPORTES COLLARTE LTDA. MOVITEC ESEVA
Arriendo de vehículos livianos	AUTORRENTAS DEL PACIFICO LTDA. RENTAEQUIPOS LEASING S.A TRANSPORTES DEL COBRE TRADELCO S.A.
Extracción de basuras, aseo y ornato	SOCIEDAD MANTENCION Y CONSTRUCCION KDM S.A. CORP. NACIONAL FORESTAL DISAL RESITER NTC LTDA.
Servicios Apoyo a la Producción (Admin de polvorines, Manejo Relaves, Estiba, Tronadura, etc.)	ENAEX S.A. ORICA CHILE S.A. COMPLEJO PORTUARIO MEJILLONES S.A.
Servicio de perforación primaria (Incluido en grupo Servicios Construcción . Perforación sondajes diamantina y aire reverso)	PERFOMIN SOC. MINERA LEGAL ROJAS Y BLANCO
Transporte de ácido sulfúrico	EMP. DE TRANSP. FERROVIARIO S. A. SERV. DE TRANSFERENCIA TBA S.A. TERMINALES QUIMICOS S.A. TRANSPORTES QUILAICILLO LTDA.
Transporte de cargas varias	TRANSAP S.A. ASOC. GREMIAL DUEÑOS DE CAMIONES TRANSCARGO LTDA. SOTRASAL TRANSPORTES LAURY LTDA.
Transporte de concentrado, soluciones, productos y residuos mineros (excepto ácido sulfúrico)	FERROCARRIL DEL PACIFICO S.A. AGRETRANS EL LOA ASOC. GREMIAL DUEÑOS DE CAMIONES
Transporte de personal	PULLMAN CHILE S.A. TRANSPORTES COMETA S.A. BUSES J.M. FELIPE TREVIZÁN
Servicio de alimentación	CENTRAL DE RESTAURANTES LIMITADA SODEXHO CHILE S.A. EUREST

Fuente: Elaborado por COCHILCO a partir de páginas web e información proporcionada por empresas mineras

En esta tabla anterior se aprecia la presencia mayoritaria de empresas proveedoras con grandes participaciones de mercado y altos niveles de facturación. Destaca el caso de ENAEX y ORICA, empresas proveedoras de explosivos y accesorios de voladura que participan en la prestación de servicios de tronadura y administración de polvorines. Es destacable el sector de transporte de carga y personal donde se observa no más de 8 empresas o asociaciones gremiales de transporte con alta presencia nacional. La presencia de proveedores locales que podrían satisfacer algunas de estas necesidades es más bien incipiente y su campo de acción está muy limitado a operaciones mineras de menor tamaño.

En la Tabla 5.24 se muestra en detalle el monto promedio anual de los servicios generales contratados por Codelco.

**Tabla 5.24. Contrataciones mayores de Codelco en el área de servicios**

Tipo de servicio	Promedio anual (Millones de US\$)
Suministro de explosivos	40
Apoyo a la operación	40
Transporte de cobre y concentrado	25
Transporte de personal	22
Arriendo de maquinaria pesada	17
Alimentación y aseo no industrial	15
Transporte de ácido	12
Transporte de materiales	12
Aseos industriales	10
Arriendo de vehículos livianos	9
Arriendo de grúas horquilla	4
Otros Servicios de Apoyo	8

Fuente: Cochilco en base a folleto institucional de Codelco, octubre 2005.

En Brasil, algunos casos a destacar son los siguientes:

En el año 2005, el consorcio de empresas *Camter*, Barbosa Mello e Engeplan obtuvo un contrato para remover 8 millones de toneladas de esteril y mineral en la mina Sossego de CVRD. El consorcio operó con cerca de 280 funcionarios, que registraron un movimiento medio de 1,3 millones de toneladas/mes.

Camter también tuvo otros contratos. Uno a través del consorcio SVC, formado por las empresas Sempre Viva, Camter e Vito Transportes, que removi6 45 millones de ton de esteril de la mina Gongo Soco en Barão de Cocais (MG), también de CVRD, en el año 2005. Un tercer contrato, también con CVRD, fue parte de la implementación del proyecto para extraer bauxita en Paragominas. Camter, en conjunto con Barbosa Mello y Engeplan, ejecutó la entrada de acceso a la mina de 37 km. de extensión, entre agosto de 2004 y junio de 2005.

*Global Participações* es otra empresa que presta servicios, principalmente a CVRD, donde desde hace 5 años está presente en las minas de manganeso de Rio Doce Manganês. La empresa responde por todo el proceso, desde la planificación y ejecución de las labores, control de calidad del mineral, transporte y beneficio, hasta el embarque del producto final. CVRD sólo mantiene algunos funcionarios en las operaciones para coordinación, fiscalización y servicios administrativos.

La empresa ha aprendido el know-how de la actividad, incorporando a su flota los equipos esenciales al proceso de extracción y carguío, por medio de la cooperación con los fabricantes de equipos, como por ejemplo, un acuerdo firmado con Caterpillar de Brasil para el abastecimiento de equipos, mantención y logística para los proyectos

de explotación de las minas de CVRD o en cualquier parte de Brasil. Actualmente posee en las minas de CVRD una flota de compuesta por 60 equipos, entre escavadoras, palas, tractores de oruga y de neumático, motoniveladoras, camiones basculantes y mecánicos.

*Mercanorte* es una empresa nacida en Minas Gerais, que inició sus operaciones hace más de 20 años, con actividades de servicios de tamaño medio en las minas del Cuadrilátero Ferrífero. Luego de su fase inicial, la empresa se estructuró para ejecutar servicios más diversos en las áreas de minería, así como también amplió su acción para obras en el sector de la construcción pesada (infraestructura urbana, operaciones industriales, obras rodovitarias, embalses, saneamiento y rehabilitación ambiental, entre otros). Cuenta con más de 800 funcionarios y una flota propia que incluye escavadoras hidráulicas de 20 a 50 ton, camiones basculantes de 25 ton, tractores, motoniveladoras, fábricas de asfalto y equipamientos de pavimentación de diversos tipos.

*SempreViva*, es una empresa prestadora de servicios en minería, construcción y transporte, creada en Itabira (MG) hace más de 30 años, y posee una flota de aproximadamente 500 vehículos y equipamientos. Actualmente tiene más de 35 contratos que comprenden, por ejemplo, trabajos en frentes de extracción y operación de instalaciones de chancado, con más de 1.450 trabajadores y una capacidad de movimiento de mineral, estéril y productos de 7 millones ton/mes. Dentro de sus clientes destacan las siguientes labores:

- ✓ Mineração Taboca: Desde 1999, excavación y carguío del mineral de casiterita en la mina de Pitinga, donde el proceso incluye el desmonte mecánico, excavación, carguío, transporte y alimentación a la planta de beneficio, para lo cual utiliza escavadoras y camiones basculantes de 35 ton.
- ✓ Proyecto Rocha Sã: actividades de perforación y tronadura en la mina a cielo abierto.
- ✓ MBR, en la operación a cielo abierto de la Mina de Abóboras: aporte de mano de obra especializada, materiales y equipamientos necesarios para realizar los servicios de extracción de mineral y reducción de estéril, construcción y mantención de los accesos internos a la mina, así como la operación de las instalaciones de tratamiento de mineral.
- ✓ Mina Capão Xavier, de MBR: servicios de excavación y carguío de mineral y estéril), transporte de estéril y mantención de los lugares de trabajo y apoyo de la operación de extracción y carguío.
- ✓ Minas de Capitão do Mato y de Galinheiro: mismos servicios del párrafo anterior
- ✓ Samarco: servicios de apoyo en la operación de las minas de Germano y de Alegria, así como el manejo de productos e insumos con la utilización de equipo pesado en Ubu (ES).
- ✓ Holcim Brasil, servicios de perforación y carga de explosivos para desmonte de roca calcárea, carga y transporte, alimentación y operación de las instalaciones de chancado.
- ✓ Mineração Buritirama, operación de Marabá: proceso de extracción del mineral de manganeso, operación de las instalaciones de chancado, formación de pilas de almacenamiento, disposición de estéril y transporte de mineral de la mina hacia el Puerto de Barcarena, a una distancia de 650 km.

*U&M Mineração e Construção*, tiene más de 27 años de experiencia, en la implementación, expansión y operación de minas, con una flota evaluada en torno a los US\$ 100 millones, y más de 700 funcionarios operando en todo Brasil, principalmente en Minas Gerais y Pará. Entre sus principales clientes en la minería se encuentran:

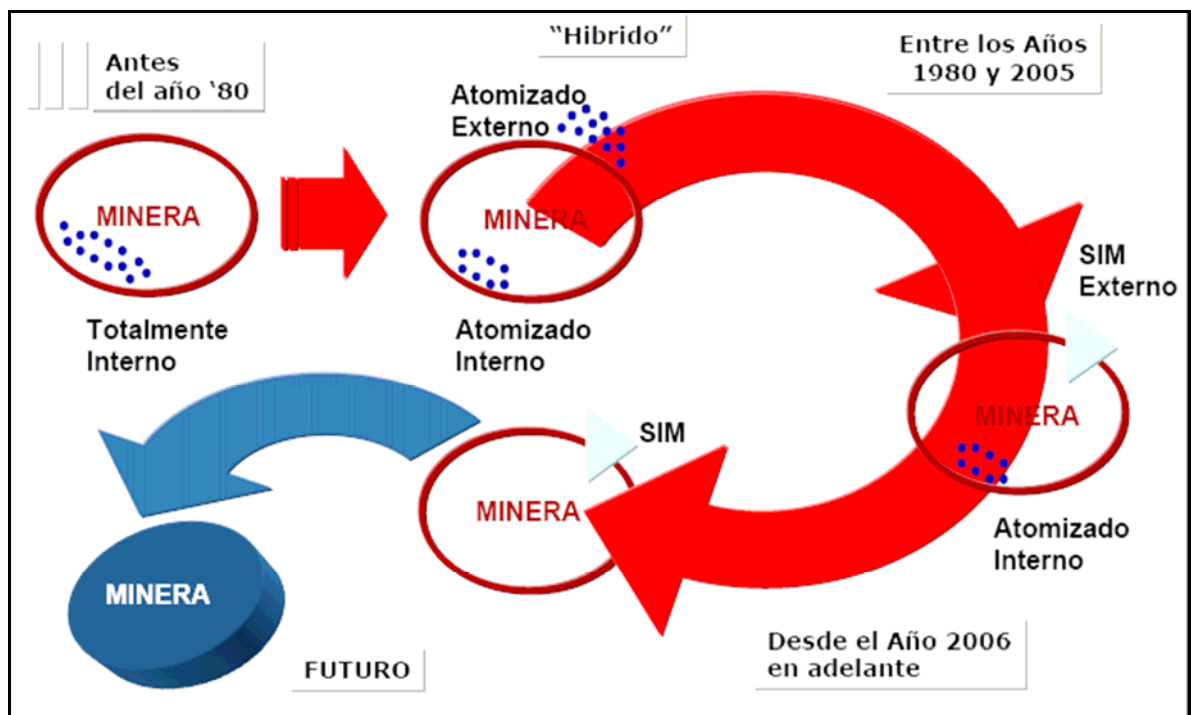
- ✓ Pará Pigmentos: operación de la mina
- ✓ CVRD y el Consorcio Bauxita de Paragominas: implementación de la mina
- ✓ Imerys Rio Capim Caulim (IRCC), desde 1995 realiza el retiro de vegetación y la preparación de las áreas degradadas para el reforestamiento, en las operaciones de caolín en el Estado de Pará

MRS Logística fue contratada en el año 2005 por la siderúrgica Barra Mansa de Votorantim Metais para mover 600.000 toneladas de carga por un período de 10 años.

### **Servicios de Mantenimiento y Reparación**

La política de externalización de actividades que no están directamente relacionadas al giro de la empresa minera impulsó a las empresas proveedoras de equipos mineros en la década de los 90 a ofrecer servicios de mantenimiento y reparación a partir de contratos integrales, donde la empresa proveedora se compromete con una cierta disponibilidad mecánica del equipo para la función que fue diseñado. La Figura 5.1 muestra un diagrama con la evolución de los sistemas integrales de mantenimiento en la minería.

**Figura 5.1. Evolución de los sistemas integrales de mantenimiento**



Fuente: CMS Tecnología S.A

En el momento de concretar la cotización de la oferta técnica y económica de un determinado equipo, la empresa proveedora detalla las condiciones de pago y venta, plazos de entrega, las especificaciones para el armado y el período de capacitación y entrenamiento del futuro operador del equipo.

En esta cotización se incluye también una oferta consistente en un contrato por la mantenimiento del equipo. En la actualidad, una de las modalidades más frecuentes de contrato es el tipo MARC o Full MARC de mantenimiento y reparación, el cual garantiza rendimiento y confiabilidad de la flota de equipos, por medio de una mantenimiento planificada efectuada con personal especializado de la empresa la cual provee en

faena los repuestos genuinos, herramientas, instrumentos, vehículos, computadores y sistemas de telecomunicaciones y demás instalaciones, mediante un contrato de largo plazo, a fin de asumir la responsabilidad de la mantención y reparación de la flota, garantizando costos y disponibilidades de los equipos.

Bajo estas circunstancias, no debe sorprender, salvo algunas excepciones, la Tabla 5.25 muestre a las mismas empresas proveedoras de equipos prestando servicios de mantención en las faenas. Por ejemplo, en el período 2003-2004, Codelco gastó en promedio US\$ 211 millones anuales en servicios de mantención y reparación de equipos y en mantención industrial.

**Tabla 5.25. Empresas prestadoras de servicios de mantención**

Servicios de Mantención	Empresas Proveedoras
Mantención de equipos mina	FINNING CHILE S.A. MINEPRO CHILE S.A. KOMATSU CHILE S.A. FFE MINERALS
Asistencia técnica y mantención de equipos	GEOVITTA S.A. CLARO VICUNA, VALENZUELA S.A. HORMIGONES PREMIX S.A. CMS TECNOLOGÍA S.A.
Servicio de mantención industrial	SIEMENS S.A. SOCIEDAD DE OPERACIONES GEOFISICAS AURA INGENIERIA LIMITADA

Fuente: Elaborado por COCHILCO a partir de páginas web e información proporcionada por empresas mineras

Además, hay otras áreas de negocios como los bienes y servicios ambientales y las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) en minería, donde hay muchas posibilidades de generar valor.

En el primer caso, hay iniciativas a nivel mundial por certificar a aquellos productores cuyos metales han sido producidos respetando el medio ambiente en todas sus etapas de producción. En tal sentido, las tecnologías limpias y los equipos e insumos que se usen para lograr este tipo de certificación pueden convertirse en una importante ventaja competitiva. Asimismo, los países analizados están implementando o actualizando regulaciones ambientales específicas para el sector minero, como son las leyes que regulan los pasivos ambientales mineros o que regulan el cierre de faenas e instalaciones mineras.

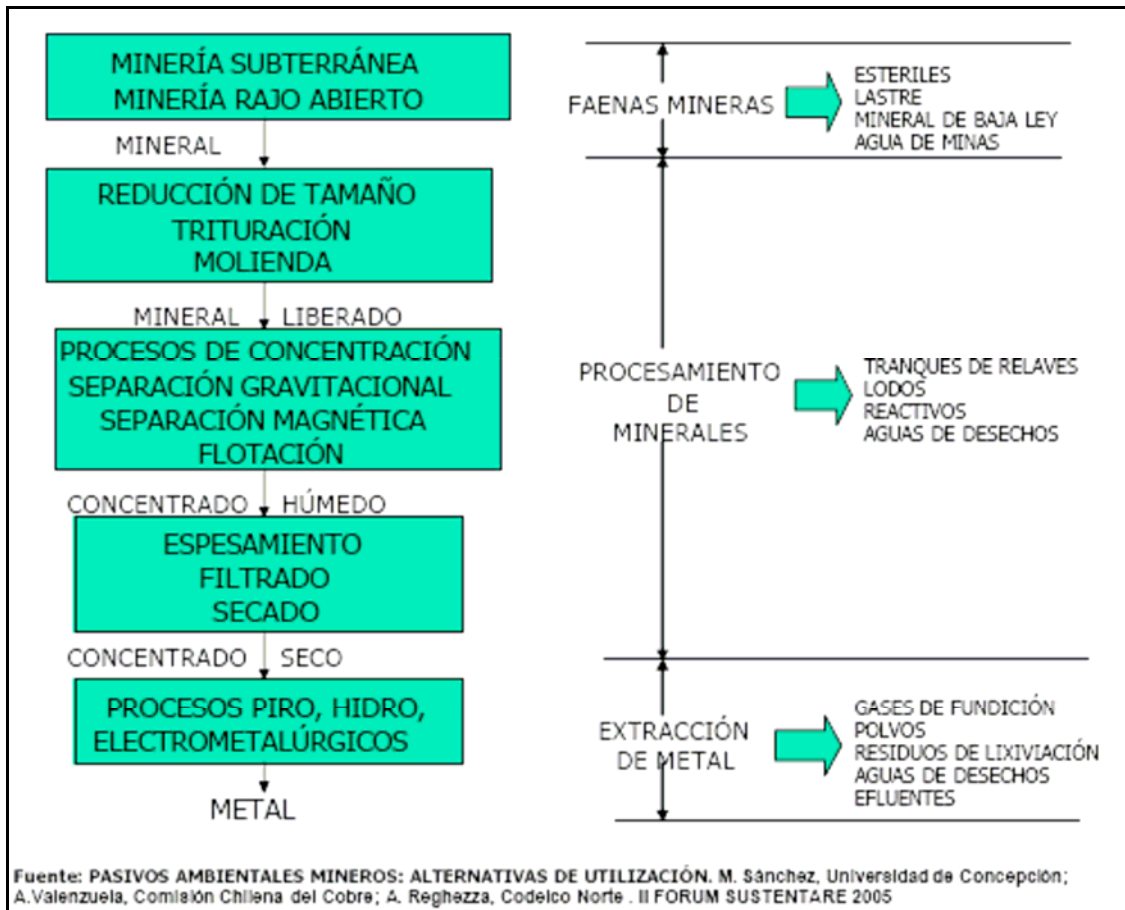
En el segundo caso, es aceptado en términos generales que la buena utilización de las TIC se traduce en grandes oportunidades de crecimiento para las empresas, y los países que son exitosos en lograr un buen desarrollo de su industria TIC en términos de productos, servicios, tiempos de desarrollo y precios, mejoran su posición competitiva. Así, la minería no es la excepción. A continuación se analizan ambos sectores en detalle con énfasis en las oportunidades de negocios que se podrían generar para los proveedores locales.

#### 5.1.4 Demanda por bienes y servicios ambientales

De acuerdo a una estimación de la OECD se estima que la tasa de crecimiento promedio anual de la industria de bienes y servicios medioambientales será de 10% en

los países en vías de desarrollo. Por ejemplo, el mercado total actual en Chile se estima en US\$ 600 millones.

Por su parte, la industria minera genera un impacto sobre el medio ambiente que se traduce en pasivos ambientales cuyos efectos constituyen un riesgo potencial importante sobre todos los agentes del ecosistema. El siguiente esquema muestra cada uno de los procesos extractivos para la obtención de un metal determinado y las principales fuentes que generan un impacto sobre el entorno.



La generación de este material “de descarte de la minería” se traduce en desafíos muy concretos en lo que se refiere a preservar la calidad del medioambiente y genera generación una amplia gama de oportunidades de negocio para proveedores de bienes y servicios medioambientales considerando los siguientes aspectos:

- ✓ La legislación y la sensibilidad por los temas ambientales llegaron para quedarse, por lo que es imprescindible garantizar coexistencia armónica entre la minería y otros usos.
- ✓ Se asigna una responsabilidad a las empresas por sus proyectos mineros “de la cuna a la tumba” y 20 años después, lo que significa mantener un enfoque preventivo a todo evento en todas las etapas del proyecto (Exploración a Cierre de Faena) y varios años después del cese de las operaciones mineras
- ✓ Los temas ambientales no son del “core business” de la minería
- ✓ Existen empresas especializadas que pueden ofrecer servicios de alta calidad

Los aspectos mencionados con anterioridad permiten centrar la atención en campos de acción donde la presencia de empresas proveedoras de bienes y servicios medioambientales reviste singular importancia considerando además el carácter transversal a otro tipo de actividades industriales más allá de la minería. Algunos de estos campos de acción son los siguientes<sup>199</sup>:

**a) Uso y gestión del agua y sus efluentes**

En el año 2005, se estima que la demanda de del sector minero chileno por agua fue de 300 millones de metros cúbicos, cifra que representa del orden del 70% del consumo total de agua en regiones mineras del país. Hacia el año 2010, una estimación realizada por el Consejo Minero A.G. indica que el consumo de agua del sector minero se situaría en torno a las 450 millones de metros cúbicos, considerando la materialización de nuevos proyectos y aumentos de capacidad en las operaciones ya existentes. La elocuencia de estas cifras y los antecedentes con que se cuenta respecto a recursos disponibles plantean interrogantes respecto a que los recursos hídricos se transformen en un factor limitante de la actividad minera no sólo en Chile, sino que en zonas donde se encuentran reservas mineras en calidad y cantidad con factibilidad de ser explotadas. Un déficit del recurso supone además conflictos entre la actividad minera y otros usuarios (agricultura, industria, agua potable, turismo, etc) que requieren de agua para el desarrollo de sus emprendimientos. En este contexto se plantean los siguientes tópicos que se traducen finalmente en oportunidades de negocios:

- ✓ Mejoramiento en la eficiencia del uso de recurso en las operaciones
- ✓ Aumentar la tasa de reuso y recirculación
- ✓ Recuperar las aguas de tranques de relave de valle y filtrados de mineroductos para otros usos
- ✓ Acondicionamiento y disposición final de efluentes, que garanticen la calidad del recurso para otros usos.

Algunas de las oportunidades para desarrollar tecnologías son:

- ✓ Tecnologías de oxidación de arsénico y cianuros
- ✓ Tecnologías costo-eficientes de abatimiento de metales
- ✓ Tecnologías de abatimiento de compuestos complejos: arsenitos, arseniatos, sulfatos, molibdatos, etc
- ✓ Tecnologías para el manejo de drenajes ácidos: wetlands, fitotratamientos
- ✓ Desarrollo de nuevos productos selectivos: resinas, catalizadores, zeolitas modificadas, bioabsorbedores, nanomateriales, etc.

**b) Gestión de Residuos**

- ✓ Residuos sólidos industriales: Se estima que hacia el año 2010, las operaciones mineras existentes en Chile, generarían unas 725.000 toneladas de residuos sólidos industriales. Los estudios asociados y el transporte y disposición de chatarras, goma, madera, neumáticos, filtros de aceite, etc originaría un volumen de negocios del orden de US\$ 70 millones.

---

<sup>199</sup> Fuente: Presentación "Las Inversiones Mineras y el Impacto en la Demanda por Bienes y Servicios Ambientales", Área de Medioambiente y Metrología Química de Fundación Chile y Asociación de Empresas y Profesionales del Medio Ambiente (AEPA), Septiembre 2005. Disponible en: [www.fundacionchile.cl](http://www.fundacionchile.cl)

- ✓ Residuos peligrosos: Dentro de esta categoría se destacan los siguientes tipos: Catalizadores de Vanadio, Borrás Plomadas, Aceites Usados, Polvos de Fundición, Lodos Arseniacales, algunos ladrillos refractarios, etc. Se estima que un 20% del total de residuos caen dentro de la denominación de peligrosos. A partir de un catastro de 134 faenas activas con capacidad de procesamiento de minerales mayor 10 tpd a lo largo de Chile, se estima que cada plan de manejo costaría entre US\$ 200.000 y US\$ 500.000. Los costos del tratamiento y disposición final dependiendo de la clasificación y la distancia de transporte oscilarían en el rango de entre US\$ 400 y 500 por tonelada.
- ✓ Residuos masivos: se estima que en el año 2004 en promedio cada tonelada métrica fina de cobre producida en Chile generaría 90 ton de relaves; 1,8 toneladas de escorias, 190,5 toneladas de rípios y 377 toneladas de estériles. Además se habrían generado unas 3.325 t/año de escorias con metales nobles y 36.000 t/año de polvos de fundición de cobre. Existe por lo tanto un potencial en la recuperación de metales nobles desde escorias de fusión por US\$ 36-40 millones/año. Se destaca en este punto una tecnología desarrolladas por Fundación Chile y Forjados SA para recuperar eficientemente oro y plata desde escorias de fusión.

**c) Emisiones atmosféricas y calidad del aire**

La recuperación de azufre y posterior producción y comercialización de ácido sulfúrico desde los procesos pirometalúrgicos con los que se obtienen cobre y productos de molibdeno es una de los negocios generados por la actividad de las fundiciones. En este punto se destacan importantes avances en fundiciones en Chile (Chuquicamata, Ventanas, Caletones), Perú (Ilo) y La Caridad (México) por nombrar algunas operaciones. Una mayor producción de concentrados aumentará significativamente el nivel de emisiones de gases y material particulado. En la actualidad existen zonas con alta saturación por emisión de gases y material particulado que obstaculizan la entrada de nuevos proyectos. Algunas oportunidades que se presentan en este ámbito son:

- ✓ Poner en marcha el sistema de compensación de emisiones
- ✓ Desarrollar tecnologías para prevenir emisiones
- ✓ Desarrollar tecnología para mejorar la eficiencia del uso de combustibles
- ✓ Desarrollar tecnologías que permita reemplazar el uso de energías tradicionales
- ✓ Implementar sistemas de monitoreo continuo, que sean transparentes hacia la comunidad

**d) Eficiencia Energética y Energías Renovables**

La coyuntura actual de los recortes de gas natural argentino hacia Chile y las reuniones de las comisiones técnicas de algunos países para estudiar la factibilidad técnica y económica de un sistema integrado de suministro energético entre los países del cono Sur (llamado "Anillo Energético") plantean la necesidad de estudiar en profundidad el tema de la eficiencia energética en lo que se refiere al potencial de ahorros por uso eficiente de la energía y los sistemas de gestión energética. Es pertinente preguntarse ¿Qué tipo de energías renovables podrían tener algún uso potencial en las zonas mineras?, ¿biomasa, geotermia de alta y media entalpía, eólica, etc.?. Es interesante destacar que proyectos que inicialmente no son rentables pueden serlo cuando se considera la valoración que se asigna a la reducción de emisiones y el desplazamiento de combustibles fósiles en el mercado de los bonos de carbono.



**e) Cierre de faenas mineras:**

En los países en estudios se han implementado o están implementándose normativas para regular el cierre de faenas e instalaciones mineras.

Por ejemplo, sobre la base de las faenas mineras activas y los proyectos en carpeta en Chile, se ha estimado que al final de la vida útil la ejecución de planes de cierre podría significar un costo del orden de los US\$ 2.000 millones. Los cierres de faenas proyectadas significarán una gran demanda de servicios, del orden de 3%, en ingeniería y servicios, es decir, US\$ 60 millones por estudios específicos como hidrología, hidrogeología, contaminación de suelos, estabilidad de taludes, diseño de obras de ingeniería, preparación del plan de cierre. Adicionalmente, parte de los costos asociados se irán ejecutando en la medida que las instalaciones alcancen la vida útil. Las principales actividades se asocian con: desmantelamiento de equipos e instalaciones, movimiento de tierras y estabilización de taludes, remediación de suelos y agua y monitoreo.

**f) Evaluación de riesgos y gestión de pasivos:**

En este ámbito se destacan los siguientes potenciales pasivos ambientales: Tranques de relave, pilas de lixiviación, drenajes ácidos, disposición de residuos masivos (ripios, escorias), disposición de polvos de fundición, botaderos de neumáticos, etc.

Para desarrollar esta actividad es imprescindible contar con metodologías estandarizadas de evaluación de riesgos, sistemas de apoyo para evaluación y monitoreo y tecnologías de remediación costo-efectivas. Los elementos que permitirían consolidar capacidad local para cubrir la demanda interna y exportar servicios en este mercado debieran considerar:

- ✓ Buenas capacidades locales de Investigación, Desarrollo e Innovación
- ✓ Recursos de fondos públicos
- ✓ Mejorar la capacidad de innovar en redes, entre empresas, universidades y centros tecnológicos
- ✓ Oportunidad de introducir nuevos desarrollos tecnológicos, adaptados a la realidad local y con costos competitivos frente a la oferta de tecnología extranjera

Se destacan como sistemas de apoyo para evaluación y monitoreo algunas aplicaciones existentes en el mercado como la percepción remota, imágenes satelitales, geofísica, geoquímica, hidrogeología y modelación, perforaciones, muestreos, sensores remotos.

Algunos ejemplos que pueden mencionarse como innovadores de tecnologías de control, rehabilitación y remediación son las barreras reactivas permeables, la fitoestabilización con plantas altamente resistentes y estabilizadoras de suelos para rehabilitación de tranques de relaves y botaderos y la aplicación de zeolitas naturales para la clarificación de aguas en tranques de relaves.

**5.1.5 Tecnologías de la información y telecomunicaciones (TIC) en minería**

Las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) pueden ser definidas como el conjunto de tecnologías orientadas a la transmisión, almacenamiento y proceso de información, e incluye los sistemas informáticos, infraestructura (hardware) y comunicaciones. Dentro de las diversas formas en que se pueden expresar las TIC se pueden incluir: electrónica, control automático, sistemas de información para apoyo a la gestión, simulación, monitoreo y telecomando o “remotización de operaciones”, etc.<sup>200</sup>.

El uso creciente de las TIC ha tenido un impacto determinante sobre nuestra manera de vivir, y no sólo aportan productos innovadores en sí mismos, sino que constituyen uno de los principales motores del cambio en la economía moderna. Actualmente se considera que la tecnología (y el conocimiento en que se basa) forma parte intrínseca del sistema económico: el conocimiento se ha convertido en el tercer factor de producción en las economías líderes.

En el caso de la minería, las TIC ofrecen la posibilidad de producir fuertes mejoras en los procesos de una operación minera, permitiendo generar condiciones superiores respecto a los competidores en aspectos vitales tales como el control de costos, que puede ser fuertemente apoyado por facilidades de modelamiento y gestión integradas con todos los procesos. Estos elementos inciden a la larga en la intensidad competitiva de las compañías.

Sin embargo, la industria minera es una industria sumamente conservadora en el uso de las TIC. En promedio, la minería invierte en esta actividad aproximadamente un 0,8% de sus ingresos. Comparado con industrias como la financiera (5%), los servicios (4,5%) e incluso la industria manufacturera (2,5%).

Conciente de este desafío el Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (PBCT) de CONICYT en Chile encargó el estudio “Identificación de Oportunidades de Negocio Globales en Base a Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) para el Cluster Minero y Relacionados” con el objetivo elaborar un levantamiento de oportunidades de negocio globales en base a TIC, que potencian y catalizan un desarrollo significativo del cluster minero e industrias relacionadas, y que representan impacto relevante para el país, y entrega un detallado análisis de este mercado mundial y chileno de las TIC<sup>201</sup>. Algunas conclusiones de este estudio fueron:

- La industria TIC se está moviendo hacia una creciente estandarización de: a) Las aplicaciones (paquetes parametrizables basados en las mejores prácticas de la industria); b) Las arquitecturas (tres capas, separación de las capas de visualización, negocios y datos), y c) Las estrategias de interoperabilidad (mensajes XML, Web Services, etc.). En este sentido, los desarrollos informáticos que se emprendan en minería en el futuro deberán ser consistentes con estas prácticas.
- La industria de la minería está transitando desde un uso estrictamente operacional de las TIC - cuyo foco está puesto esencialmente en actividades de control de la operación y reducción de costos - hacia un enfoque más estratégico, es decir, como habilitadoras fundamentales de los planes de negocios e incluso, en algunos casos, como fuente de creación de ventajas competitivas.
- El gasto total en TIC para la minería alcanza a cerca de US\$ 2.0 billones, principalmente en metales base y hierro, con un crecimiento negativo de 2,9% en el

<sup>200</sup> Definición encontrada en: Estudio “Identificación de Oportunidades de Negocio Globales en Base a Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) para el Cluster Minero y Relacionados”, 2005.

Disponible en: [http://www.conicyt.cl/bancomundial/documentos/prospectiva/impacto\\_programa\\_insercion.zip](http://www.conicyt.cl/bancomundial/documentos/prospectiva/impacto_programa_insercion.zip)

<sup>201</sup> Ver detalles en páginas 59 a 67.

pasado reciente (1999 – 2003), pero se espera que crezca a una tasa de 5.8% en el período 2003 – 2007. La Minería gasta menos del 1% de sus gastos totales, en TIC.

- Se estima que del gasto en minería un 53% es en telecomunicaciones, 22% en software, 16% en hardware, y 9% en servicios. Donde, el tamaño del mercado de los segmentos de mayor interés para los proveedores, es decir, Software y Servicios aplicados a la minería, es cercano a los US\$ 625 millones.
- Los principales ámbitos de negocios pueden ser clasificados en:
  - ✓ Software: Exploración, Modelamiento Geológico, desarrollo de yacimientos, planificación minera, gestión de operaciones de mina (subterránea y abierta), gestión de plantas, para laboratorio.
  - ✓ Tecnologías habilitadoras: Sistemas de control automático, Tecnologías de Teleoperación, Middleware de integración Control Automático (soluciones informáticas), Adquisición de datos en tiempo real, Sistemas de control de la producción.
  - ✓ Aplicaciones de empresa: ERP (sistemas de gestión de la información), Gestión de la relación con el cliente (CRM por Customer relationship management), Mantenimiento, manejo de Activos Digitales (DAM por Digital Asset Management), Gestión del Conocimiento, Datawarehouse (sistema computacional).
- Se estima que el mercado global de las TIC especialistas en minería o “TIC mineras” está dominado por las siguientes empresas: Datamine, Gemcom, Maptek, Mincom, Surpac, Mapinfo, Metech, MineMap, Minex. Mientras las empresas de menor penetración de mercado son: Geosoft (Geosoft), LogPlot (Rockware), Qlog (Datalog technology), GoCad (Earth Decision Sciences), SurvCadd (Carlson Software). En el Anexo V.1 se muestra una descripción de las empresas más relevantes de la industria.
- Las TIC mineras podrían ser segmentarlas en empresas de nicho (Gemcom, Modular Mining, Maptek) y empresas TIC de propósito general, con aplicaciones en la minería (por ejemplo, gestión de los recursos de la compañía: SAP y Mincom; georeferenciación: Mapinfo), con las siguientes elementos en común:

Empresas de Nicho	Empresas de Propósito General
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facturación no muy elevada ( aprox. US\$20 millones)</li> <li>✓ Alta especialización en un número limitado de procesos de la cadena de valor</li> <li>✓ Sintetizan o combinan el know-how minero, con el saber hacer TIC y eventualmente alguna otra disciplina (p.e., investigación de operaciones)</li> <li>✓ Suelen ser spin-off de empresas mineras que recibieron algún tipo de apoyo (estatal o de las mismas mineras) al momento de partir.</li> <li>✓ Los equipos de I&amp;D están concentrados en el país de origen o bien en algún país con ventajas significativas (p.e., costo de mano de obra, infraestructura disponible, cercanía de operaciones mineras, beneficios tributarios).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facturación significativamente superior (entre US\$ 150 y US\$ 200 millones de ventas en la minería).</li> <li>✓ Ofrecen como base las soluciones que han modelado para otras industrias y las aplican a la minería, con pequeñas localizaciones. Ejemplo de esto son las compañías de tipo ERP (SAP, Mincom), que ofrecen aplicaciones integradas para la gestión de los recursos de las empresas mineras, y le agregan algunos módulos asociados a procesos específicos de la industria.</li> <li>✓ Ponen énfasis en la gestión de los activos (p.e., mantención), y en las mejores prácticas de la industria.</li> <li>✓ Su estrategia es perfilarse como una columna vertebral que se integra con las aplicaciones de nicho (no las reemplaza).</li> </ul>

A modo de referencia, la Tabla 5.26 grafica el uso de las TIC en las actividades de la cadena de valor de la minería, poniendo particular énfasis en aquellas áreas identificadas como “desafíos de la industria minera”. Este mapa fue construido a partir

de una encuesta realizada por los autores del citado estudio a las principales compañías mineras basadas en Chile, y por tanto no tiene validez estadística. Sin embargo, permite identificar, a nivel muy general, brechas (procesos no soportados o débilmente soportados) que pueden constituirse en oportunidades de negocios para investigadores y proveedores locales.

- A nivel mundial, el estudio del PBCT destacar el caso de Australia, donde la sociedad ha consensuado la importancia de desarrollar una industria de servicios que consolide su desarrollo local y sea capaz de exportar servicios tecnológicos a los mercados internacionales, y que actualmente controla el 60% del mercado mundial de software minero (más detalles en capítulo siguiente).

**Tabla 5.26. Principales Software utilizados en el proceso productivo por algunas Compañías Mineras**

	<b>Codelco</b>	<b>Collahuasi</b>	<b>Pelambres</b>	<b>Anglo American</b>	<b>Phelps Dodge</b>
<b>Incremento de recursos mineros</b>	Vulcan-Maptek Gemcom Minesight-Mintek Datamine	Propio	Vulcan	Gis-Soporta DataMineStudio- Datamine Exploration Office- Datamine Acquire-Mintek	Med Systems- Mintec Minesight-Mintek
<b>Desarrollo</b>	Vulcan-Maptek Gemcom- Gemcom Minesight-Mintek Datamine- Datamine	Vulcan	Vulcan	DataMineStudio- Datamine Minesight-Mintek	Med Systems- Mintec
<b>Planificación geo-minero metalúrgica</b>	Gemcom	Vulcan MsOffice	MsOffice	DataMineStudio- Datamine Minesight-Mintek Whittle 4-Gemcom Autocad-Autodesk Acquire-Soporta Bdgeo-Soporta	Med Systems- Mintec
<b>Extracción</b>	Sistemas propios Interflow Dispatch-MM	Dispatch-MM Caes Mis Ag	Dispatch-MM Aquila	Dispatch-MM	Dispatch-MM Aquila
<b>Procesamiento</b>	PI-OsiSoft Sistemas Propios	Mis AG	Elipse- Mincom PI-Osisoft Bailey	Bart-Propio	Knowledge Scape- KS PI- Osisoft DCS-Abb
<b>Comercialización</b>	SAP-SAP Sistemas Propios	Aramis- Mincom	Sistemas Propios	Aramis-Mincom Lims Sistemas Propios	Sistemas propios
<b>Gestión Administrativa</b>	SAP	Hiperion Enterprise	MIMSVIEW	Hiperion Essbase Comshare	MIMSVIEW
<b>Administración y Finanzas</b>	SAP	MIMS OE 4.1 Meta 4 Mind Aquarius	MIMS OE 4.3 DBSoft	MIMS OE 4.1 PeopleSoft AxisOpen	MIMS OE 4.1 Meta 4 Mind
<b>Gestión Técnica</b>	Sistema Propio		Web-Modular Mining	PHD-Honeywell Web-Modular Mining	Web-Modular Mining

Fuente: Estudio "Identificación de Oportunidades de Negocio Globales en Base a Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) para el Cluster Minero y Relacionados", 2005. Ver: [www.pbct.cl](http://www.pbct.cl)

Cabe destacar que en abril de 2006, Codelco y la empresa japonesa líder en telecomunicaciones Nipón Telegraph & Telephone Corporation (NTT), crearon la empresa conjunta MiCoMo (Mining Information Comunicaciones and Monitoring S.A.) cuyo objetivo es adaptar e incorporar tecnologías de información y comunicación avanzadas, desarrolladas por la empresa nipona a las necesidades de los procesos

mineros de Codelco para incrementar la eficiencia y seguridad de sus operaciones productivas. La creación de la empresa MiCoMo se realiza con un capital inicial de US\$ 3 millones (66% Codelco y 34% Grupo NTT)<sup>202</sup>. Codelco y NTT han trabajado en cuatro proyectos piloto durante dos años, de los que dos se encuentran validados para su operación y son los siguientes:

- ✓ El sistema de control remoto de la operación minera vía red fotónica se está aplicando experimentalmente en la división Andina de Codelco, y permite transmitir gran cantidad de información a través de una fibra óptica, incluyendo imágenes de alta definición, audio y data sin interrupciones, con un mínimo de atraso de las señales sin interferencia. En diciembre de 2005 se realizó por primera vez en la historia de la minería mundial, una demostración en la que un trabajador de la división Andina operó en línea desde Tokio los martillos picadores de rocas que están al interior de la mina subterránea en Chile.
  - ✓ En esta misma mina, también se está aplicando tecnología inalámbrica en un rango de frecuencia superior al comercial (26 GHz), que permite la vigilancia visual remota de los movimientos dentro de la excavación para mejorar la eficiencia y seguridad de la operación, además de establecer una red vía WIPAS (*Wireless IP Access System*) que se caracteriza por tener una alta velocidad de transmisión de data (velocidad máxima de hasta 80Mbps) y que facilita el manejo de información en línea.
- Otro tema de gran relevancia que destaca el citado informe es aquel referido a la propiedad intelectual o la protección a través de copyrights de software, señalando lo siguiente:
    - ✓ El know-how y conocimientos involucrados en las innovaciones, tienen un régimen de protección legal débil. Este es el caso de algoritmos matemáticos y del concepto de la solución bajo la cual se aborda técnicamente una problemática de la minería.
    - ✓ Aunque estas innovaciones pueden eventualmente ser copiadas por competidores o seguidores, no son explícitas y por lo tanto no son fáciles de copiar.
    - ✓ No obstante, la facilidad de copia de dichas innovaciones dependerá en cuan tácitos estén dichos conocimientos incorporados en las soluciones TIC ofrecidas al mercado. En algunos casos, la habilidad de resguardar secretos comerciales será necesaria para evitar la copia por parte de seguidores y competidores.
    - ✓ La protección puede ser efectiva en la medida que esta se aplique en rigor, lo cual es altamente válido en el sector de la gran minería del cobre para los productos de software de TIC minera. De manera que puede lograrse un régimen de protección legal fuerte.

Respecto a Chile, el informe del PBCT señala que:

- Existen cerca de 2.000 empresas TIC, donde un 20% de las empresas se dedica al hardware, un 24% al software y un 56% a los servicios<sup>203</sup>. De entre ellas 44% son microempresas (menos de 10 empleados), 44% son pequeñas empresas (10 a 49 empleados) y el 12% son medianas y grandes empresas. Su tamaño (sin contar telecomunicaciones) gira en el entorno de los US\$ 1.000 millones.
- El foco está puesto en el mercado local: las exportaciones de la industria son menores a US\$ 50 millones (5% del total de las ventas); 68% de las empresas exportan menos del 5% de sus ingresos, aunque cerca de 10 proveedores de soluciones de software tienen presencia relevante en más de 10 países latinoamericanos. La minería (incluida el petróleo) representa cerca del 6% de las ventas de la industria TIC nacional y va bajando. Las ventas a la minería

---

<sup>202</sup> Más detalles en: [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)

<sup>203</sup> Fuente: Diagnóstico de la Industria de Tecnologías de Información en Chile, Programa Chile Innova, Ministerio de Economía, Noviembre 2003

corresponden al 1,7% de las ventas para la microempresa TIC, 8,0% para la pequeña empresa y 12,7% para la mediana y gran empresa<sup>204</sup>.

- En Chile son escasas las empresas TICs que cuentan con certificación de reconocimiento internacional tales como CMMI (Capability Maturity Model Integrated) del Software Engineering Institute (SEI) en sus diferentes niveles, o ISO 9000/2000 entre otros. Esta área constituye un pilar absolutamente necesario para ser reconocidos como país exportador de software.

La Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías (ACTI)<sup>205</sup>, basada en la iniciativa número 26 de la Agenda Digital de Chile: "Asegurar la calidad a través de la certificación de empresas" está llevando a cabo un plan para tener el mayor número de empresas TIC certificadas o en proceso de certificación en normas de calidad (ISO 9000, CMMI) para la producción de tecnologías de la información, para el año 2006.

Por su parte, en el año 2005, CORFO a través del Comité Innova Chile lanzó el concurso "Consortios Tecnológicos Empresariales 2005 para la Innovación en TICs" que busca fomentar el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones impulsando la modernización de los distintos sectores económicos, al mismo tiempo que se propone generar capacidades en términos de conocimiento y soluciones tecnológicas en las empresas nacionales del sector TIC<sup>206</sup>.

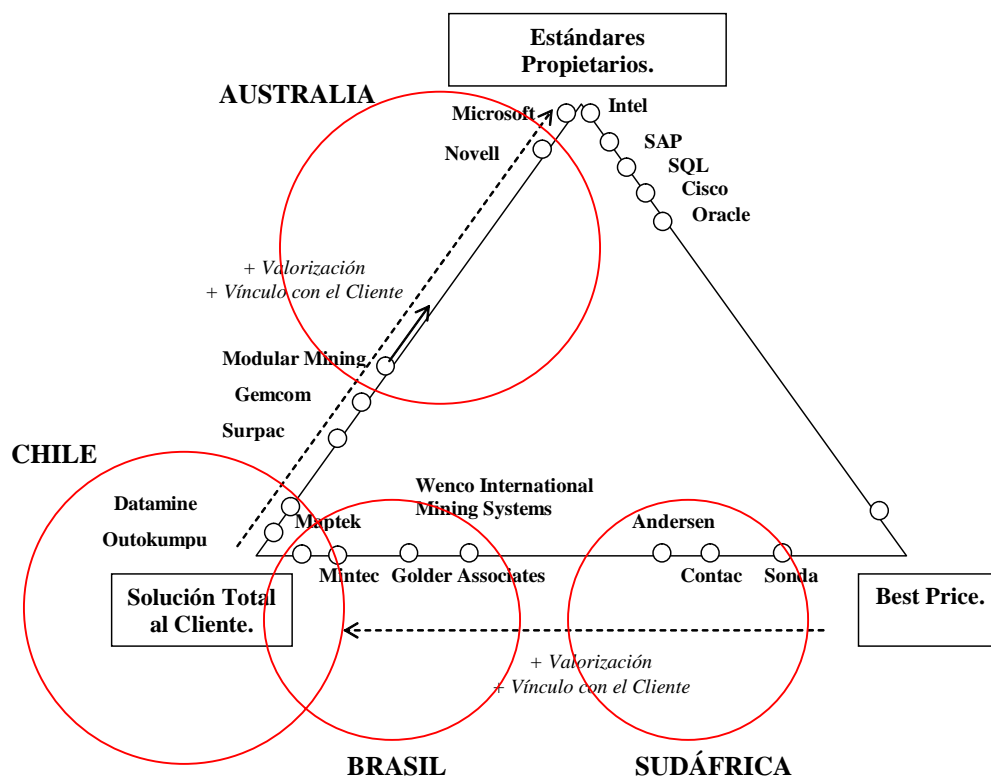
- Las empresas mineras nacionales requieren software y lo han encargado mayoritariamente a empresas internacionales, que han aprovechado las oportunidades que les han sido otorgadas para capturar el conocimiento e incorporarlo en sus productos, capitalizando con creces su inversión. En cambio, las empresas nacionales no han efectuado negocios adicionales a partir de su participación en proyectos TIC mineros. La mayor parte de ellas han actuado como integradoras de tecnologías provenientes de otros países. Se estima que el gasto TIC en minería alcanza los US\$ 100 millones.
- Sin embargo, existen algunas experiencias de empresas nacionales que han hecho interesantes desarrollos para el área minera, y que han obtenido resultados variados:
  - ✓ Optimisa (motor de objetos mineros, El Teniente)
  - ✓ Contac (sistema Rutrak para la gestión de los recursos de la mina Salvador y Andina)
  - ✓ Orden (Sistema SAOM: Control de operaciones en la mina de El Salvador)
  - ✓ Exedra (Software Aramis, para la comercialización de cobre)
  - ✓ Hypernet (Gestión del conocimiento en los proceso de Desarrollo de Mercados, Sustentabilidad y Medio Ambiente)
- El desarrollo de proyectos de software a la medida ha sido interesante en Chile, aunque no se ha escalado a productos comercializables. Una excepción sería la empresa Exedra, que luego de su desarrollo fue adquirida por la compañía australiana Mincom, que incluyó el producto en su suite. Un estudio más en detalle de este caso podría arrojar una interesante visión acerca de una posible estrategia a seguir. Al respecto, algunos factores críticos de su éxito fueron:
  - ✓ Focalización: apoyo a un determinado proceso de la cadena de valor del negocio minero.

<sup>204</sup> Ver estudio "Diagnóstico de la Industria de las Tecnologías de la Información en Chile", 2003, Innova Chile, disponible en: [www.agendadigital.cl](http://www.agendadigital.cl)

<sup>205</sup> Más detalles en [www.ticschile.cl](http://www.ticschile.cl)

<sup>206</sup> Más detalles en [www.corfo.cl](http://www.corfo.cl)

- ✓ Globalización: dada la condición anterior el mercado chileno no da para que una empresa se desarrolle, por lo tanto es fundamental tener una mirada global y ampliar el mercado a todas las mineras del mundo.
- ✓ Ser líderes del mercado: cuando se ataca un nicho de mercado se debe ser el número uno.
- En la actualidad la mayor parte de las empresas TIC mineras en Chile están enfocadas a dar una solución total al cliente, lo cual si bien es bastante usado a nivel internacional para comenzar un negocio, es considerado solo una primera fase. Mientras en Australia, las empresas se inician en la esta etapa y rápidamente buscan acercarse hacia los estándares de los propietarios, esto es, buscan vender sus productos ya no solo a un solo cliente sino que a varios. Esta situación ha llevado a desarrollar productos tanto con una alta flexibilidad y adaptabilidad como un buen soporte local. La siguiente gráfica ilustra el situación:



**Figura 5.2 Tipos de estrategias usadas por las empresas TIC mineras en Chile y en otros países competidores**

En términos de recomendaciones, el informe del PBCT señala que:

- ✓ Se requiere de una agresiva política de gobierno que generen las condiciones para el fortalecimiento de iniciativas de este sector de la industria, ya que puede actuar como importante consumidor de tecnologías y promotor de la innovación.
- ✓ Las universidades juegan un rol de primera importancia en la formación de los profesionales en cantidad y calidad acorde con el desafío de desarrollo TIC que pueda competir en el mercado mundial.
- ✓ La iniciativa privada tiene el desafío de identificar las oportunidades que aun persisten (nichos donde el país presentes ventajas comparativas, como la minería, forestales, etc.), y se requiere una modernización masiva del sector, así como obtener certificaciones con reconocimiento internacional.

En general, se podría señalar que este diagnóstico, así como las recomendaciones anteriores, pudiera ser un común denominador en el mercado de las TIC en América Latina. Ahora, respecto al sector minero el informe propone un conjunto de interesantes oportunidades tecnológicas sobre las que se basaría la formación de un Concorcio TIC.

A continuación, se entregan algunas de las prioridades, en base a aquellas que tuviesen el mayor atractivo para ser implementadas y comercializadas en Chile, aunque su análisis puede ser aplicado a los otros países de América Latina analizados en esta investigación<sup>207</sup>, y además todas las iniciativas levantadas constituyen interesantes oportunidades para el negocio minero:

- ✓ Sistema de Planificación integrada mina y planta.
- ✓ Caracterización del yacimiento: Sistema para aumentar la certeza de la potencialidad económica y características físicas del yacimiento.
- ✓ Integración de la información que fluye entre la extracción y el procesamiento del mineral: motor de objetos mineros estandarizados.
- ✓ Sistema de monitoreo y gestión del recursos energéticos, para poder estimar mejor y ocupar más eficientemente la energía.
- ✓ Plataforma de gestión del conocimiento minero.
- ✓ Datawarehouse minero, incluye Business Intelligence.
- ✓ GIS de propiedades mineras: Aplicación Georeferenciada (GIS) que integra información de Propiedades Mineras, Derechos de Aguas, Derechos de paso y Permisos.
- ✓ Sistema de comercialización de cobre.

Asimismo, el informe del PBCT señala que cuatro de las tecnologías seleccionadas presentan un importante potencial de generación de negocios en otros sectores ya sea a partir de las competencias esenciales, las tecnologías o los productos a desarrollar para el sector minero. En general las tecnologías seleccionadas presentan un interesante potencial de internacionalización. Esto puede ser más difícil en el caso de tecnologías que dependan más de la presencia constante de personas especializadas o un mayor servicio "in situ". Estas son:

- ✓ Plataforma de gestión del conocimiento minero
- ✓ Sistema de monitoreo y gestión de recursos de agua y energía.
- ✓ Integración de la información que fluye entre la extracción y el procesamiento. Motor de objetos mineros.
- ✓ Sistema de comercialización de cobre

A nivel país, Chile ha sido uno de los primeros países en Latinoamérica en realizar un esfuerzo por elaborar una Estrategia de Desarrollo Digital como base de una política pública, explícitamente orientada al desarrollo digital en la que destacan la regulación para facilitar el despliegue de una moderna infraestructura de telecomunicaciones, el desarrollo del Gobierno Electrónico y la expansión de la Red Enlaces en el sector educacional.

La Agenda Digital (AD) es el resultado de un trabajo iniciado en abril del año 2003 con la constitución del Grupo de Acción Digital (GAD), conformado por instituciones de gobierno, organizaciones representativas del ámbito empresarial, sector académico y de otros poderes del Estado. El resultado de este esfuerzo es un amplio acuerdo público-privado sobre una estrategia-país, mirando a la celebración del Bicentenario

---

<sup>207</sup> El atractivo de cada tipo de tecnología fue evaluado en función de cuatro conceptos: a) Capacidades del país: Recursos Humanos, Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) e infraestructura TIC; b) Atractivo de la industria: tamaño de la industria, las barreras de entrada, la competencia y el acceso a proveedores; c) Impacto en la minería: importancia estratégica de la iniciativa y la generación de valor; y d) Impacto en otras áreas: transferencia a otras áreas productivas.



en 2010, y un Plan de Acción para el período 2004-2006, que contempla 34 iniciativas<sup>208</sup>.

En resumen la información anterior, permite vislumbrar el importante rol que juegan y seguir jugando las TIC en la industria minera. En este sentido, el fortalecimiento de las capacidades locales de I&D relacionadas con este sector necesitan ser fortalecidas para permitir a las empresas locales pasar de un enfoque de solución total al cliente hacia empresas que buscan vender sus productos ya no solo a un solo cliente sino que a varios (estándares de los propietarios), como es el caso de las TIC mineras en Australia.

Asimismo, es necesario definir prioridades de negocios de TIC mineras que tengan el atractivo para ser implementadas y comercializadas por los países de América Latina, como los mostrados anteriormente. Considerando además, que algunas de las tecnologías pueden presentar un importante potencial de generación de negocios en otros sectores, así como un interesante potencial de internacionalización, ya sea a partir de las competencias esenciales, las tecnologías o los productos a desarrollar para el sector minero.

## **5.1.6 Estrategias y nuevas tendencias de comercialización**

### **5.1.6.1 Licitaciones globales**

En el último tiempo, dentro de la búsqueda de optimizar las negociaciones entre empresas mineras y proveedores se están aplicando nuevas estrategias en los contratos, una de estas nuevas modalidades que se aplican debido a los procesos de fusión que ha vivido la industria, es la de licitaciones globales y regionales, debido a que como muchas de las empresas mineras pertenecen a importantes multinacionales, su compra de bienes y servicios se está realizando a nivel corporativo.

Este tipo de licitación cambia la relación empresas minera – proveedor, porque ya no se trata de establecer un contrato con una mina, sino con una corporación, es decir con una empresa global, lo cual trae como consecuencia que el contrato que se termina estableciendo, es muchas veces producto de la visión que tiene la corporación, más que una operación minera en particular.

Algunas empresas tienen una visión crítica de este nuevo sistema, señalando que las licitaciones en forma global no han dado los resultados que las empresas mineras esperaban, ello, por cuanto es muy distinto salir a licitar un bien que se puede colocar en un contenedor (lo que permite aprovechar economías de escala), frente a un servicio in situ en la empresa minera, el cual en algunos casos puede requerir fuertes inversiones<sup>209</sup>. Lo anterior es respaldado con los resultados que se han producido hasta el momento con este tipo de licitación, donde los consorcios mineros que realizaron la licitación global de todas sus operaciones en el 2002, obtuvieron resultados que no cambiaron mucho el panorama existente, ya que quedaron asignados básicamente los mismo proveedores.

Lo que se busca con este tipo de licitación es principalmente reducir los costos en las transacciones. Los consorcios mineros al ser propietarios total o en un cierto porcentaje de faenas mineras a través del mundo, consideran que el licitar las

<sup>208</sup> Ver Agenda Digital en: [www.agendadigital.cl](http://www.agendadigital.cl)

<sup>209</sup> Ver: De La Fuente, J. "Los desafíos de las licitaciones globales y el comercio electrónico", Minería Chilena, año 23, N° 263, Abril de 2003, pag 91.

operaciones de adquisición de bienes de capital, insumos o servicios de forma global se podrá tener un manejo y control menos diversificado de las adquisiciones.

No obstante siempre se tendrá que tener una interacción con el cliente final, que son las faenas mineras, ya que si esta comunicación no es fluida, puede que el producto o servicio que llegue a la minera no sea el que realmente se requiera lo que produciría un gasto extra y retrasos no programados. Es necesario tener claro qué insumos y servicios pueden ser obtenidos mediante el proceso de licitación global, y cuáles pueden ser estandarizados a un nivel que su adquisición no tenga dificultad al momento de decidir por uno u otro producto.

En este sentido, son las empresas mineras las que deben definir qué servicios y productos pueden ser adquiridos en conjunto con otras faenas del mismo consorcio de forma global, y cuales son las que deben seguir la mecánica mas tradicional de compra, es decir, asumiendo la misma faena en forma directa las negociaciones con los proveedores.

Si bien esto puede presentar una serie de trabas para los proveedores regionales de estos bienes, también pone de relevancia que su estrategia de comercialización debe tener valor agregado como servicio técnico o algún otro atributo que permita darle un carácter específico local a los bienes que se venden.

#### **5.1.6.2 Comercio electrónico**

El comercio electrónico es sin duda la gran ventana para que proveedores de bienes y servicios compitan en un mercado global, donde compañías de diferentes partes del mundo pueden ofrecer sus productos a las empresas mineras de cualquier país, abriéndose a un gran mercado que ofrece muchas oportunidades de crecimiento a todo tipo de proveedor, si es que estos saben aprovecharlas.

Para que las empresas proveedoras, pequeñas, medianas o grandes, logren buenos negocios y puedan consolidarse dentro del mercado, deben lograr una consolidación y una estabilidad en la producción, calidad y cumplimiento de las necesidades de las empresas mandantes, en este caso las mineras. No basta con tener solo una conexión a Internet, inscribirse en las plataformas de comercio electrónico y ofrecer precios bajos para sentirse parte de este mercado global de negocios, y por lo tanto, es necesario cumplir con unos estándares mínimos requeridos.

Muchas de las empresas mineras están exigiendo a sus proveedores certificar con normas ISO, para asegurar que los productos cumplan con una calidad internacional reconocida, debido a que los potenciales clientes de la red estarán ubicados en distintos lugares geográficos del mundo.

Aunque el comercio electrónico esta en constante crecimiento en todas las áreas de la economía, al igual que en minería, existen empresas que pueden ser reticentes a incorporarse a este tipo de negociaciones, ya sea por políticas de las empresas, desconfianza al sistema, no-cumplimiento de las transacciones hechas o debido a que la confidencialidad de la información se vea vulnerada y esta sea mal empleada.

En lo que es netamente comercio electrónico existen varias alternativas de páginas web que proveen servicios relacionados con la minería<sup>210</sup>. Estos portales entregan

---

<sup>210</sup> [www.quadrem.com](http://www.quadrem.com), [www.infomine.com](http://www.infomine.com), [www.portalminero.com](http://www.portalminero.com), [www.artikos.cl](http://www.artikos.cl), [www.miningdirectory.com](http://www.miningdirectory.com), [www.areaminera.cl](http://www.areaminera.cl)

información acerca de proveedores y empresas mineras, desde ubicación hasta precios de los productos, y algunas de ellas realizan transacciones.

En el último tiempo, Quadrem ha adquirido bastante relevancia como plataforma para ofrecer bienes y servicios muy diversos que son interesantes tanto para las empresas mineras como para los proveedores.

Veinte de las empresas de minería, minerales y metales lanzaron Quadrem en mayo de 2000 con una visión global – simplificar y agilizar los negocios comerciales. Hoy estas empresas están reportando ahorros de millones de dólares al año, debido a las mejoras en los procesos de abastecimiento y compra entregados por Quadrem.

El pertenecer y participar en Quadrem requiere el pago de una membresía anual, la que se cobra de acuerdo a las ventas anuales a miembros de Quadrem. Además los proveedores deben estar inscritos en las listas que tienen las empresas mineras, es decir, no pueden participar todos los que quieran, solo los proveedores oficiales de las empresas mineras participantes en Quadrem, que funciona como especie de resguardo para asegurar un mínimo de conocimientos de los proveedores.

Esta plataforma global de negocios electrónicos está orientada a la industria de la minería, minerales y metales, donde la relación comercial se realiza B2B (empresa a empresas), y tiene como objetivo optimizar la comunicación comercial en la industria minera por medio de un mejoramiento del intercambio de documentos de negocios electrónicos entre las empresas mineras y sus proveedores<sup>211</sup>.

Con estos documentos electrónicos las empresas pueden automatizar el proceso comercial con el cliente, desde la licitación hasta el pago de los materiales y servicios y podrán integrar el proceso con un sistema de gestión.

De acuerdo a Quadrem (2004), algunos beneficios para los proveedores serían los siguientes:

- ✓ Acceso a nuevos mercados, ya que la demanda potencial de Quadrem representa alrededor del 60% de la demanda de abastecimiento global del mercado minero, totalizando cerca de US\$ 80 billones.
- ✓ Disminución de los tiempos del ciclo comercial y pagos, haciendo más eficiente el proceso, optimizando así el uso de los recursos.
- ✓ Mejor gestión y control, con procesos más eficientes y transparentes.
- ✓ Estandarización del proceso, la tecnología utilizada permite hablar en el mismo lenguaje en distintas plataformas a través de mundo.

Una metodología que se está utilizando bastante son las subastas inversas, pero con ciertas reticencias por parte de algunos proveedores. Estas consisten básicamente en solicitar un bien o insumo y fijar una hora para que los interesados participen en la subasta, en ese momento comienza el mismo proceso de un remate común y corriente, pero de forma inversa, es decir, en vez de ir aumentando los precios, los proveedores deben ir bajando el valor del producto hasta que quede un sólo “postor” que es al que se le adjudica la compra, y todo esto en línea (on line).

A pesar de ser un buen sistema para las empresas mineras ya que logran obtener buenos precios sin tener que desgastarse en negociaciones, este sistema está siendo cuestionado por algunos proveedores que están obteniendo precios más bajos por sus productos.

---

<sup>211</sup> Los documentos que habitualmente se utilizan en todo tipo de comunicación de negocio como: Solicitud de cotización, cotización, orden de compra (OC), aceptación de OC, información de estado de la orden, guía de despacho, información de recepción, factura, pago. Más detalles en: [www.quadrem.com](http://www.quadrem.com)

Asimismo, como la tendencia cada día es ir agilizando la interacción entre proveedores y empresas mineras, se está implementando un sistema de conexión directa entre las empresas proveedoras y los sistemas de control y gestión de los stock, lo que da la posibilidad a los proveedores de conocer con tiempo los requerimientos que tendrán las mineras y así poder estar preparados para ofrecer sus productos. El software utilizado es SAP, que es un sistema de gestión interna que incluye un poderoso módulo logístico para el procesamiento expedito, eficiente y oportuno de los requerimientos de bienes y servicios.

Este intercambio electrónico debiera permitir agilizar la interacción entre compradores y proveedores de cualquier parte del mundo sin dejar de lado los mercados locales desde el punto de vista comercial y tributario. Además se espera que se ahorren entre un 10% a 15% en los costos de comercialización.

En el año 2004, las compras de bienes y servicios a través de Quadren (eMarketplace) alcanzaron un valor superior a las US\$ 4.000 millones con más de 3,4 millones de documentos de negocios electrónicos, mientras los proveedores alcanzaron los 13.000 miembros. Para el año 2006, se proyectan ventas por sobre los US\$ 8.500 millones y más de 5 millones de transacciones<sup>212</sup>.

### 5.1.6.3 Sistemas y normas de gestión

En las últimas décadas, el sector minero acorde con las tendencias regulatorias mundiales ha comenzado a internalizar los principios de desarrollo sustentable en sus operaciones, haciendo sus actividades mineras ambiental y socialmente responsables con las generaciones presentes y futuras, apoyando las necesidades sociales y culturales de las comunidades donde operan.

En tal sentido, la minería ha sido pionera en incorporar en sus políticas corporativas la gestión ambiental, llegando en los '90 a implementar sistemas de gestión ambiental en la gran minería. Esto ha significado diseñar e implementar herramientas de evaluación, auditorías ambientales, Sistemas de Evaluación de Impacto Ambiental, planes de manejo (planes de descontaminación de las fundiciones), informes ambientales y la adhesión voluntaria a estándares internacionales, tales como ISO 9.000 y 14.001, mediante la certificación de los Sistemas de Gestión Ambiental (SGS) y de Calidad en algunas operaciones mineras, el cual está basado en el concepto del mejoramiento continuo.

Varias empresas mineras están estimulando la obtención de estas certificaciones entre las empresas proveedoras de bienes e insumos mineros, principalmente de pequeñas y medianas empresas (PyMEs).

Por su parte en Chile, CORFO fomenta la calidad y la productividad, a través de su instrumento de Fomento a la Calidad, en la cual pequeños y medianos empresarios pueden obtener co-financiamiento de consultorías que les permitan implementar sistemas de gestión certificables o verificables, como ISO 9001, ISO 14001, NCh 2909, HACCP u OSHAS 18001, entre otros. Este respaldo tiene dos etapas:

- ✓ **Implementación:** consiste en la realización de actividades de asesoría a la empresa con el objetivo de dejarla en condiciones de cumplir con las exigencias de un sistema de gestión, protocolo o norma. Contempla una auditoría inicial para conocer la situación base de la empresa o predio respecto a la norma o sistema; elaboración de un plan de trabajo, sobre la base de los incumplimientos detectados en la auditoría y ejecución del mismo, que puede realizarse en dos modalidades: individual o colectiva.

<sup>212</sup> Más detalles en: [www.quadrem.com](http://www.quadrem.com)

- ✓ **Verificación:** corresponde al certificado emitido por la empresa de certificación. En esta etapa sólo se puede postular en forma individual, directamente en CORFO. Tanto el consultor como la empresa certificadora deben estar registrados en el Instituto Nacional de Normalización (INN, [www.inn.cl](http://www.inn.cl)).

Actualmente, en todo el país participa un promedio de 11.000 empresas cada año, lo cual ha permitido una colocación de recursos anuales por \$ 15.700 millones de pesos por parte del Estado, más \$ 9.600 millones adicionales invertidos cada año por las empresas involucradas<sup>213</sup>. A continuación se muestra el aporte de CORFO para cada una de las normas que se desea implementar:

Normas a implementar	Aporte CORFO				
	Implementación			Verificación	
	%	Tope (UF) según modalidad		%	Tope (UF)
Individual		Colectiva			
Sistema de gestión de la calidad bajo ISO 9001:2000	50	300	270	50	50
Sistema de gestión ambiental bajo la norma ISO 14001	50	300	270	50	50
Sistemas de gestión integral Pyme bajo la norma NCh 2909	70	210	190	90	45
Sistema de gestión de higiene y seguridad ocupacional bajo las normas NCh 18001 u OSHAS 18001	50	140	120	50	50
Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)	50	180	160	50	50
Sistema escalonado de mejora continua (SEMC), nivel avanzado de gestión	50	220	200	50	50
Acuerdos de producción limpia bajo la norma NCh 2807 – 2003 “Acuerdos de Producción Limpia (APL), diagnóstico, seguimiento y control, evaluación final y certificación de cumplimiento”	50	210	190	70	35

Nota: UF: Unidad de Fomento: valor de \$ 17.925 pesos al 16 de marzo de 2006.

## 5.2 Iniciativas para el Fortalecimiento de Encadenamientos Productivos Locales

A continuación se analizan varias iniciativas para el fortalecimiento de los encadenamientos productivos locales, ya sea a través de programas de formación de proveedores mineros con alto contenido tecnológico, como es el caso de Brasil y en menor medida en México, o a través de programas de formación o desarrollo de proveedores locales, como en Perú y Chile. En este sentido, cabe señalar que los primeros tienen como objetivo formar proveedores competitivos o consolidar su competitividad para el abastecimiento de materias primas mineras en los mercados locales e internacionales. Por su parte, los segundos tienen como objetivo el abastecimiento local de bienes, insumos y servicios mineros, que generalmente no son intensivos de tecnología y que tienen un carácter más bien local. Además, en la mayoría de los casos estos programas no tienen como objetivo principal generar capacidades en las empresas proveedoras que las hagan competitivas fuera de su región.

### 5.2.1 Los arreglos productivos locales (APL) en Brasil

En marzo de 2004, Brasil lanzó su Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior (PITCE). Uno de sus lineamientos considera el apoyo a los “Arreglos Productivos Locais (APL)”<sup>214</sup>. En este contexto, se incluyó un Programa APL en el Plan Plurianual 2004-2007 y se estructuró un Grupo de Trabajo Permanente para APL (GTP), coordinado por el Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Exterior (MDIC) y que reúne a 23 Ministerios e Instituciones. Además, otras instituciones públicas como el Banco de Desarrollo (BNDES) vinculado al MDIC o la Financiadora

<sup>213</sup> Fuente: Gerencia de Fomento de CORFO, [www.corfo.cl](http://www.corfo.cl)

<sup>214</sup> Concepto que equivale a Arreglos Productivos Locales o Encadenamientos Productivos Locales.

de Estudios y Proyectos (FINEP) vinculada al MCT, y privadas como la Confederación Nacional de la Industrial (CNI)<sup>215</sup>, tienen programas de apoyo específicos a APL.

Su objetivo es aumentar la competitividad de las micros, pequeñas y medianas empresas, organizadas en APL, buscando promover un desarrollo integrado de éstas, en concordancia con la estrategia de desarrollo del país. Las acciones de este grupo GTP – APL han sido:

- ✓ Identificar APL, o posibles grupos con potenciales.
- ✓ Definir criterios de acción gubernamental para el apoyo y fortalecimiento.
- ✓ Proponer modelos de gestión multisectorial para las acciones del gobierno sectorial.
- ✓ Construir sistemas de informaciones para el apoyo de acciones, y
- ✓ Definir términos de referencia con aspectos conceptuales y metodológicos.

EL GTP ya identificó más de 400 APL en todo Brasil, en los cuales al menos una de las instituciones integrantes del GTP lleva adelante algún proyecto de apoyo, en áreas como innovación científica y tecnológica, acceso a mercados interno y externo, acceso a servicios de crédito, fortalecimiento de la gestión, y capacitación de recursos humanos. Surgieron más o menos espontáneamente y se encuentran en diferentes estadios evolutivos. La mayoría son aglomeraciones muy rudimentarias desde el punto de vista institucional, y presentan baja capacidad tecnológica y competitiva.

Algunas abarcan apenas unas decenas de empresas, otras varios miles. Además, presentan diversidad geográfica y sectorial. Y se encuentran en diferentes etapas de desarrollo, considerando capacidad de cooperación entre firmas y con instituciones de apoyo (Bercovich, 2005).

Sobre los términos de Referencia, se eligieron 11 directrices de acción, aspectos que las diversas instituciones deberán observar cuando busquen formular o priorizar acciones para los APL. Ellos son: protagonismo local, aumento del capital social, integración con otros actores, colaboración entre los entes federados, promoción de un ambiente de inclusión, preservación del medio ambiente, sustentabilidad, innovación, relaciones de trabajo, reducción de desigualdades regionales y mercado.

La metodología de actuación conjunta del GTP parte de reconocer el valor de la iniciativa local, buscando principalmente la creación de una articulación local o agente animador (núcleo gestor), la identificación de demandas colectivas, la formulación de un Plan de Desarrollo participativo, con protagonismo fundamental (pero no exclusivo) de instituciones locales y regionales, y la coordinación de agendas de las instituciones locales para acordar una estrategia de acción integrada.

A nivel provincial, casi todos los gobiernos, en asociación con SEBRAE (Servicio Brasileño de Apoyo a la Micro y Pequeña Empresa), Federaciones de Industrias, entre otros están implementando programas específicos de apoyo a APL, que tienen un lugar destacado en las agendas de políticas de desarrollo.

El SEBRAE aparece como el vector operativo central de esa vasta articulación institucional pro-APL, cuyo fomento pasó a ser una de sus prioridades estratégicas. En estos últimos años, realizó y subcontrató una gran cantidad de estudios para la identificación y diagnóstico de APL, desarrolló una metodología para su intervención, organizó seminarios y cursos de capacitación para sus funcionarios, y viene desarrollando múltiples acciones de apoyo en más de 200 APL. El SEBRAE define

---

<sup>215</sup> La Confederação Nacional da Indústria (CNI), fue creada el 12 de agosto de 1938 como la entidad máxima de representación del sector industrial brasileño, coordina un sistema formado por 27 Federaciones de Industria de los Estados y del Distrito Federal, y donde están afiliados 1.016 sindicatos patronales - administra el Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial (SENAI), el Servicio Social de la Industria (SESI) y el Instituto Euvaldo Lodi (IEL).

que sus intervenciones prioritarias se darán en aquellos APL con predominio de Pymes y que atiendan los siguientes criterios:

- ✓ Elaboración de productos mínimamente homogéneos.
- ✓ Capacidad del APL para contribuir efectivamente al aumento de las exportaciones o a la sustitución competitiva de importaciones; además, potencial de mercado y capacidad de generación de trabajo y renta.
- ✓ Un número de emprendimientos y empleados que sea significativo - comparado con la dinámica del territorio considerado -, y que pueda establecer una dinámica propia de un APL.

También colaboran activamente en el apoyo de los APL el SENAI (Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial), el Banco do Nordeste, algunas prefecturas municipales y otras instituciones menores. En todos los casos esas iniciativas se articulan con las asociaciones locales de productores, y cuando éstas no existen inducen su surgimiento.

A nivel sectorial, en el año 2002, el fondo CT Mineral del MCT, financiado por el Consejo Nacional de Investigación (CNPq), solicitó el estudio “Identificación, Caracterización e Clasificación de los Arreglos Productivos de Base Mineral y de la Demanda Minera significativa en Brasil”, con el objetivo de identificar las concentraciones de pequeñas y medianas empresas en Brasil (uso industrial, construcción civil y gemas), conocer información sobre su base mineral, e identificar sus características de organización. Se presenta en la Figura 5.3 la metodología utilizada para identificar las aglomeraciones mineras en Brasil (Nogueira y Azevedo, 2005).

Considerando su estado de evolución, las aglomeraciones identificadas fueron clasificadas, de acuerdo a su base productiva (tamaño, verticalidad, formalidad, número de personas ocupadas); sus catalizadores (exigencia del mercado, competencia entre empresas, entidades de soporte, liderazgo); la cooperación entre las empresas y otros actores, y la tecnología e innovaciones realizadas. La Tabla 5.27 muestra la primera clasificación realizada:

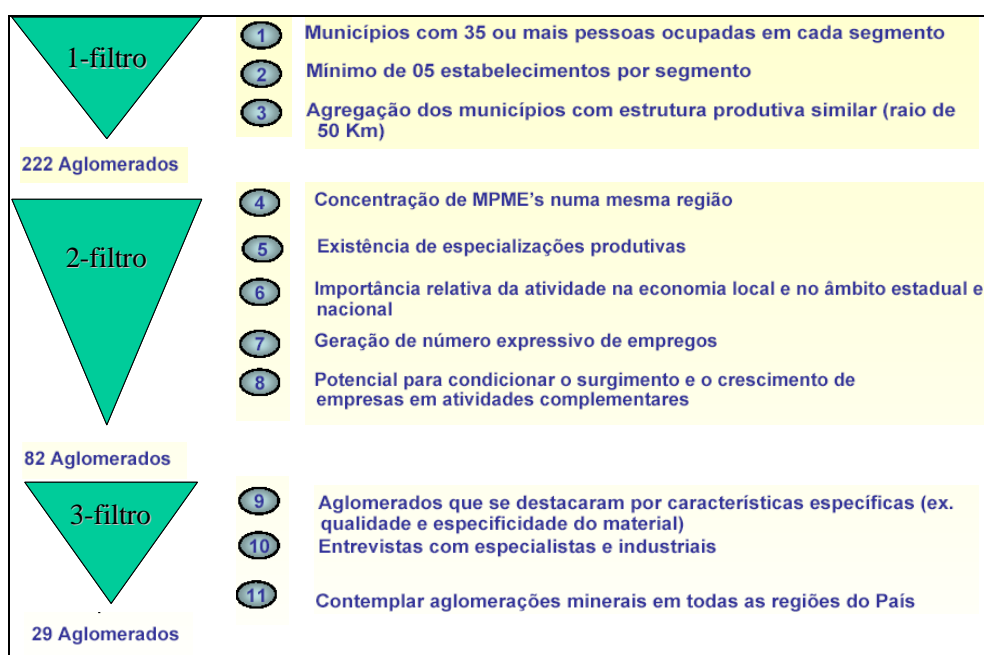


Figura 5.3. Metodología de identificación de aglomeraciones mineras en Brasil

**Tabla 5.27. Estado de evolución de las aglomeraciones mineras productivas**

<b>Avançado</b>	Mámore e granito (Cachoeiro do Itapemirim - ES)
	Cerâmica de revestimento (Rio Claro/Santa Gertrudes - SP)
	Cerâmica de revestimento (Criciúma - SC)
	Cerâmica vermelha (Itu - SP)
<b>Mediano Superior</b>	Cerâmica vermelha (Campos dos Goytacazes - RJ)
	Gesso e gipsita (Araripina - PE)
	Granito (Nova Venécia - ES)
	Ardósia (papagaios - MG)
<b>Mediano Inferior</b>	Cerâmica vermelha (Monte Camelo - MG)
	Quartzito (São Thomé das Letras - MG)
<b>Inferior</b>	Areia (Seropédica - RJ)
	Sal marinho (Mossoró - RN)
	Basalto (Nova Prata - RS)
	Cerâmica vermelha (russas - CE)
	Calcário e cal (Castro - PR)
	Areia (Descalvado - SP)
<b>Inicial</b>	Areia (Tremembé - SP)
	Talco (Castro - PR)
<b>Potencial</b>	Cerâmica vermelha (Parelhas - RN)
	Bentonita (Campina Grande - PB)
	Quartzito (Pirenópolis - GO)
	Mámore (Ourolândia - BA)

En el período 2004 – 2005, continuaron los estudios de caracterización y análisis de APLs de Base Mineral, como los identificados en la Figura 5.4:



**Figura 5.4. Ubicación de las Aglomeraciones Mineras en Brasil**

### 5.2.1.1 Programa de apoyo a la investigación e innovación en APL

En el año 2004, se lanzó el “Programa de Apoyo a la Investigación e Innovación en APL (PPI-APL)”, iniciativa conjunta del MCT, FINEP y el CNPq, que busca hacer más competitivos a los APL y fortalecer los sistemas locales de innovación,



consolidándolos como factor de soporte a la competitividad de las economías regionales.

Esta iniciativa prevé utilizar los instrumentos de fomento existentes, otorgándolos en forma preferencial a grupos de empresas localizados en APL, así como redes del gobierno. Además, el programa estará coordinado con las estructuras estatales de soporte a la I&D. Para lo anterior se están utilizando los siguientes fondos y redes:

- ✓ **Fondo Sectorial CT-Mineral**<sup>216</sup>: su foco es el desarrollo y difusión de tecnología, investigación científica, innovación, capacitación y formación de recursos humanos para el sector mineral, principalmente las micro, pequeñas y medianas empresas, y estimula la investigación técnico – científica de soporte para la exploración minera. Sus ejecutores son el FINEP y el CNPq. El origen de los recursos proviene de un 2% de compensación financiera por la exploración de recursos mineros (CEFEM), pagada por las empresas del sector minero que tengan derechos de minería (Ley N° 9.993 y Decreto N° 3.866).
- ✓ **Fondo Verde – Amarelo (Universidad - Empresa)**: coordinado y operado por la Secretaría de Inclusión Social del MCT.
- ✓ **Red Brasileña de Tecnología (RBT / MCT)**: promueve una articulación institucional del Gobierno Federal con el objetivo de propiciar una interacción eficiente entre la administración pública, las universidades, las empresas y los agentes financieros, para un desenvolvimiento tecnológico de los sectores productivos locales.
- ✓ **Red Brasileña de Información de APL de Base Mineral**: sistematiza y organiza interacciones entre los actores, intercambia información y contribuye para promover la sinergia de esfuerzos para solucionar los problemas inherentes del sector.

Entre los años 2002 y 2005, usando recursos del CT – Mineral se han ejecutado acciones por más de R\$ 6 millones de reales (aproximadamente US\$ 2,7 millones), lo cual representa un 40% del fondo, principalmente en actividades de desarrollo tecnológico, investigación y recursos humanos, así como en estudios de identificación y caracterización de APL. Para el período 2005 – 2006 se invertirán R\$ 1,5 millones de reales en los APL de genas y joyas de Pará, de cal y caliza de PR, y de argila vermelha de Baixo Jaguaribe (CE), y en el período 2006 – 2007 se apoyarán 5 APLs de Base Mineral con aportes de R\$ 2,3 millones de reales (Nogueira y Azevedo, 2005).

Por su parte, el Ministerio de Minas y Energía (MME) ha querido conocer las características de cada APL de Base Mineral, contribuyendo con acciones que puedan promover su estructuración y su desarrollo sustentable, principalmente a través de políticas de apoyo a la agregación de valor y a hacer viables proyectos mineros en torno a los APL, a través de la elaboración y coordinación de programas de fomento, el financiamiento a través de los agentes de crédito oficiales, programas interministeriales de apoyo a las cadenas productivas, acciones en cooperación con CETEM u otros centros tecnológicos y de investigación para insertar nuevas tecnologías de extracción o beneficio de mineral.

De acuerdo al análisis realizado, los principales problemas inherentes a los micros y pequeños productores de bienes minerales son:

- ✓ **Aspectos legales**: alta informalidad, minería en áreas no legalizadas y sin permiso ambiental, gestión de residuos sin tratamiento adecuado.
- ✓ **Recursos humanos**: bajo nivel de calificación gerencial, baja escolaridad de la mano de obra, baja remuneración de los empleados, y ausencia de entrenamiento y capacitación técnica.
- ✓ **Producción y Tecnología**: baja producción y productividad, falta de control de calidad de los bienes producidos, elevado nivel de pérdidas en las etapas de extracción y

---

<sup>216</sup> Más detalles en: [http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT\\_Mineral.htm](http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTs/CTMineral/CT_Mineral.htm)

beneficio, ausencia de tecnología apropiada y de métodos de extracción para aprovechamiento del mineral (sin técnicas y seguridad adecuada).

En base a lo anterior, el MME ha estado trabajando en el marco de la política de APL, a través de:

- ✓ La legalización en las áreas de exploración minera (el Departamento Nacional de Producción Mineral (DNPM) ha venido desarrollando acciones de regulación de las actividades de pequeña minería en regiones con potencial para APL de Base Mineral (catastro / control ambiental / seguridad técnica –operacional),
- ✓ Reducción de la informalidad del sector (Cooperación/Asociatividad),
- ✓ Facilitación de la captura de recursos para el pequeño y mediano minero,
- ✓ Capacitación y calificación de la mano de obra,
- ✓ Aumento de la eficiencia productiva, productividad y competitividad,
- ✓ Desarrollo de la actividad minera en concordancia con la legislación ambiental, y
- ✓ Contribución social con generación de empleo, renta y mejoría de la calidad de vida de la población.

Actualmente, las gestiones realizadas en los APL apuntan a intervenirlos con el objetivo de mejorar sus capacidades y gestión productiva. El CETEM, si bien juega un papel directamente relacionado con la extracción y beneficio de minerales, también trabaja con los productores de bienes y servicios. En general, la mayoría de los APL de minería, se encuentran en fases iniciales como las descritas anteriormente, y no han desarrollado todavía otros segmentos de la cadena productiva.

#### **5.2.1.2 CVRD y su interacción con las empresas proveedoras locales**

Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)<sup>217</sup> es una la compañía minera diversificadas más grandes de América. Está presente en 14 estados brasileños y tiene operaciones en los 5 continentes. Es el principal productor mundial de mineral de hierro integrado, segundo productor de manganeso y aleaciones del hierro y un importante proveedor logístico en Brasil.

Durante el año 2004, aproximadamente 17 mil empresas proveedoras le dieron servicios a CVRD, generando empleos en regiones de todo el país.

Se destaca el compromiso de CVRD como patrocinador de iniciativas para mejorar las condiciones laborales y la competitividad de sus proveedores en los estados de Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais y Pará, en coordinación con los gobiernos federales, autoridades municipales, asociaciones comerciales, federaciones industriales y organismos públicos.

#### **5.2.2 El rol de la minería privada en Perú**

De acuerdo al estudio desarrollado por Kuramoto (2001b), “las empresas de la gran minería en Perú parecen contribuir relativamente poco al fortalecimiento de los proveedores mineros nacionales, debido a su escaso nivel de compras locales, atendiendo al hecho que los requerimientos tecnológicos de estas empresas pocas veces pueden ser satisfechos por las empresas nacionales. No obstante se ha generado una especialización en la producción de oro y cobre que está caracterizando a la minería peruana, donde las grandes empresas mineras demandan pocos servicios conexos –como consultoría, laboratorios, geológica, etc. –, siendo estos servicios contratados directamente en el exterior. Por su parte, la mediana y pequeña minería

---

<sup>217</sup> Traducido al español Compañía del Valle del Río Dulce

se articularía mejor con la industria nacional en la compra de bienes e insumos mineros.

Este diagnóstico sobre el fortalecimiento de los encadenamientos productivos efectuado el año 2000 parece estar modificándose paulatinamente en la medida que las empresas mineras, los proveedores locales y los gobiernos regionales generan instancias de diálogo donde se discute sobre la real dimensión de la minería y su importancia en las estrategias de desarrollo económico de Perú. A continuación se mencionan algunas iniciativas de desarrollo de proveedores locales y relaciones con la comunidad que constituyen etapas de avance en relación al diagnóstico emitido el año 2001. Este programa busca fomentar un encadenamiento con los productores locales, que generalmente no tienen mayor sofisticación tecnológica.

### **5.2.2.1 Programa de desarrollo de proveedores “Articulando al Sur”**

Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (53,6% Phelps Dodge, 21,0% Sumitomo, 18,2% Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., 7,2% accionistas minoritarios, incluyendo una mayoría de empleados de Cerro Verde) opera una mina de cobre ubicada en el asiento minero Cerro Verde ubicado a su vez en la concesión minera Cerro Verde 1, 2 y 3 en la provincia de Arequipa, departamento y región de Arequipa.

En la actualidad Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (SMCV) explota sus reservas mineras constituidas por sulfuros secundarios, a través del rajo abierto Cerro Verde a un ritmo de aproximadamente 180.000 ton/día de movimiento total. Dentro de esta cantidad, se extraen aproximadamente 38.000 ton/día de mineral de alta ley y 20 000 ton/día de mineral de baja ley. El mineral es procesado mediante el proceso de lixiviación en pilas, SX y EW para obtener cátodos de cobre que son transportados por camiones al puerto de Matarani para ser exportados a los mercados internacionales.

En un estudio de impacto ambiental del proyecto de sulfuros efectuado en junio de 2004<sup>218</sup> se incluyó un Plan de Relaciones con la Comunidad (PRC) que considera los siguientes aspectos:

- ✓ Desarrollar un Programa de Consulta y Participación Ciudadana mediante el cual SMCV logre manejar las percepciones sobre impactos ambientales y sociales entre las poblaciones de su área de influencia.
- ✓ Desarrollar un programa de empleo local que permita favorecer a los pobladores del área de influencia, principalmente en Uchumayo y Yarabamba. Este programa estará diseñado para facilitar a estos pobladores oportunidades de empleo tanto en la fase de construcción como de operación del proyecto, sin por ello generar una dependencia con la actividad minera.
- ✓ Desarrollar un Programa de Salud y Seguridad para Actividades de Transporte que permita manejar apropiadamente y controlar los riesgos de la movilización de concentrado, material y personal durante la construcción y operación del proyecto.
- ✓ Desarrollar un Programa de Capacitación sobre Relaciones Comunitarias con los empleados y trabajadores de SMCV que incluya la difusión del Código de Ética y Políticas Comerciales de SMCV.
- ✓ Desarrollar un Programa de Responsabilidad Social que busque promover el desarrollo sustentable en el área de influencia del proyecto.

Asumiendo parte del compromiso que este plan le impone, SMCV se encuentra participando como auspiciador del Programa de Desarrollo de Proveedores “Articulando al Sur”, en una iniciativa conjunta con la Cámara de Comercio de Arequipa y el Centro de Servicios Empresariales (CESEM), organismo que se

<sup>218</sup> Estudio de Impacto Ambiental “Proyecto de Sulfuros Primarios de Sociedad Minera Cerro Verde”, realizado por Knight Piésold Consultores S.A en Junio de 2004

presenta como articulador de esta iniciativa. El plan cuenta además con el apoyo de COFIDE (Corporación Financiera de Desarrollo de carácter estatal) y del BID.

Esta iniciativa sin bien es transversal al desarrollo de proveedores locales, se centra fundamentalmente en el interés que demuestran tanto las empresas mineras mandantes como las comunidades locales en consolidar empresas con oferta sustentable. Inicialmente el grupo de trabajo que lidera esta iniciativa concluyó que las pequeñas y medianas empresas del sur del Perú (PYMEs) carecen de capacidad y competitividad en aspectos que perfectamente podrían extrapolarse a las de otras PYMEs proveedoras latinoamericanas. En lo esencial, esta falta de capacidad y competitividad se traduce en los siguientes aspectos:

- ✓ Innovación y desarrollo tecnológico
- ✓ Precios competitivos
- ✓ Control de calidad
- ✓ Logística
- ✓ Oportunidad en la entrega
- ✓ Flexibilidad y rapidez para efectuar cambios en diseño y producción
- ✓ Capacidad para diseñar partes y componentes y asumir compromisos de largo plazo

A partir de este diagnóstico y de las ofertas comerciales generadas por nuevas inversiones y tratados de libre comercio se trazaron los siguientes objetivos generales:

- a) Promover un proceso concertado hacia la competitividad e innovación del aparato productivo empresarial en la Macro Región Sur, con una cultura de producción más limpia y de responsabilidad social. Esto se traduce en dar valor agregado a los productos que puedan abastecer la demanda de la mediana y gran empresa del Sur, para así impulsar el desarrollo sustentable y aprovechar las oportunidades que se presentarán en el corto plazo tanto a nivel local como internacional. Además se busca promover la sustitución de importaciones, a través del aumento de la participación de proveedores locales en la cadena de abastecimiento de las grandes empresas.
- b) Fomentar la articulación empresarial y productiva que integre a las empresas grandes, medianas, pequeñas, centros tecnológicos, universidades e institutos con objeto de apoyar a los empresarios PYMEs en la generación de empleo productivo, a través del fortalecimiento de las relaciones de abastecimiento con las grandes empresas; y en la conservación del empleo, a través del desarrollo de las herramientas de gestión y desarrollo empresarial en las PYMEs.

El Programa de Desarrollo de Proveedores sería implementado a partir de las siguientes estrategias:

- ✓ Promover una cultura productiva con producción más limpia, orientada hacia la innovación y eco-eficiencia en las PYMEs.
- ✓ Promover la asociatividad empresarial.
- ✓ Identificar a las empresas, proveedoras y clientes, que muestren potencial competitivo en el ámbito internacional.

El programa de desarrollo de proveedores “Articulando al Sur” consta de las etapas mostradas en el diagrama de la Figura 5.5., del cual se han configurado en dos etapas:

- ✓ Etapa I: Organización de Encuentros Logísticos en los que participan por un lado la Empresas Tractoras (Grandes y Medianas empresas) y por el otro las empresas interesadas en desarrollarse como proveedores locales. Estas reuniones tienen como objetivos: a) Identificar una base de proveedores potenciales y b) facilitar la articulación de estos proveedores con los funcionarios del área de logística de las empresas tractoras, a través de una rueda de negocios. Para este efecto las

empresas tractoras entregan previamente, a las empresas inscritas, una relación detallada de los bienes y servicios que demanda.

- ✓ Etapa II: identificación de empresas que puedan ser consideradas como **PROVEEDORES POTENCIALES** de las Empresas Tractoras. En la mayoría de los casos, estas empresas requieren previamente de un apoyo que les permita mejorar su competitividad y consecuentemente cumplir con los tres requisitos más importantes: Calidad, precios competitivos y oportunidad en la entrega.

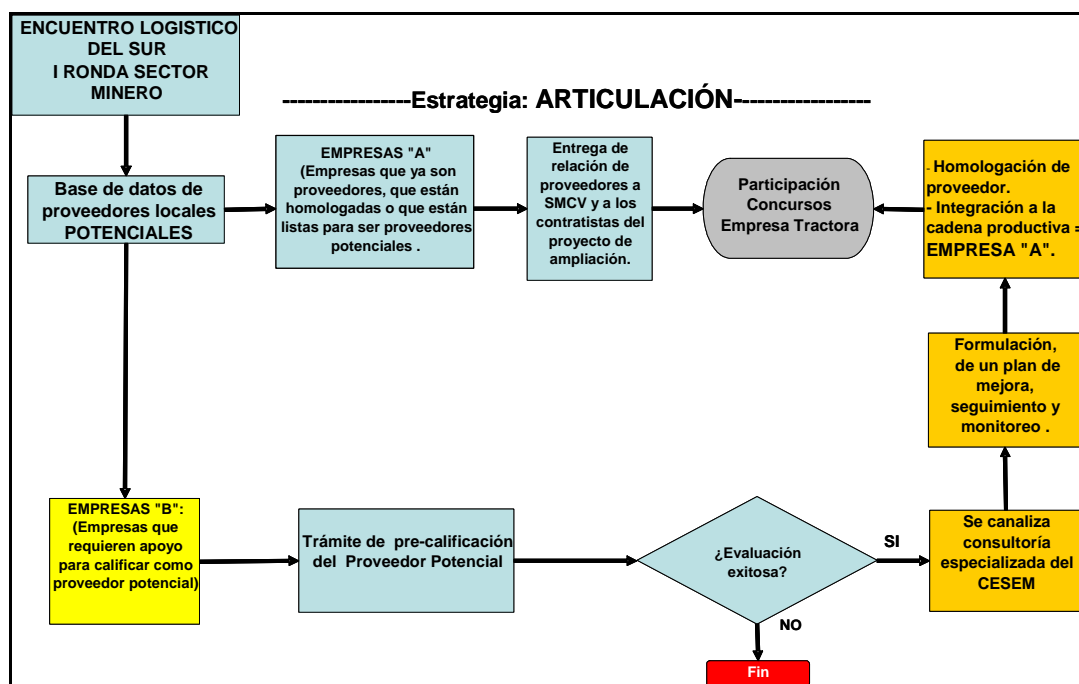


Figura 5.5. Programa de Desarrollo de proveedores de Sociedad Minera Cerro Verde en Perú

### 5.2.2.2 Minera Yanacocha y la Asociación Corporativa Los Andes de Cajamarca

Minera Yanacocha S.A. es una empresa productora de oro que se encuentra ubicada en el departamento y provincia de Cajamarca en la sierra norte del país. Sus operaciones se iniciaron en 1993 con la entrada en producción de las minas Carachugo y la puesta en marcha de Maqui Maqui (1994), San José (1996), Yanacocha (1997) y La Quinoa (1998). Esta empresa es una alianza estratégica entre la empresa norteamericana Newmont Mining Corporation (51,35%), que actúa como operador, el grupo minero nacional Buenaventura (43,65%) y la International Finance Corp. (5%). Newmont es el mayor productor de oro en Estados Unidos y el segundo productor a nivel mundial.

De acuerdo al estudio desarrollado por Kuramoto (2001a) en relación a la aglomeración minera de Yanacocha se argumenta que:

- ✓ Se generan escasas relaciones productivas y comerciales con los agentes de la zona, mientras que hay una mayor articulación con agentes productivos e institucionales de Lima.
- ✓ No obstante la mayor parte de las relaciones productivas se dan con empresas limeñas, la debilidad tecnológica del sector industrial genera una dependencia de tecnología extranjera y limita a las empresas a un papel comercializador.
- ✓ Existiría un potencial nicho de competitividad para las empresas cajamarquinas en la provisión de servicios no intensivos en conocimiento.

- ✓ Debido al poco desarrollo institucional en Cajamarca, la empresa mantiene relaciones con instituciones públicas y gremiales en Lima.

Desde el punto de vista del fortalecimiento de los encadenamientos productivos, se observa un desarrollo de proveedores muy bajo agravado por el hecho que Cajamarca es una región fundamentalmente agrícola con indicadores de desarrollo de los más bajos del Perú. Pese a lo anterior, se han desarrollado a la fecha una serie de proyectos de infraestructura de caminos, escuelas y hospitales financiados por la recaudación del canon minero y los aportes directos de Yanacocha, dada las justificadas urgencias que surgen en estas áreas.

En marzo de 2004, Compañía Minera Yanacocha creó una entidad corporativa denominada Asociación Los Andes de Cajamarca (ALAC) que tiene el compromiso de contribuir al desarrollo sustentable de Cajamarca, impulsando la generación de capacidades empresariales e institucionales en los sectores con potencial competitivo y de mercado en las zonas rural y urbana. Durante el año 2004, Yanacocha aportó US\$ 2,2 millones a ALAC, que además es financiada por el BID y otras instituciones locales.

A partir de las acciones de ALAC y de toda la comunidad se espera que al concluir la actividad minera se hayan consolidado alternativas de desarrollo en los sectores de turismo, agronegocios, artesanía y construcción, entre otros, a nivel de las pequeñas y medianas empresas locales.

Para alcanzar esa meta, Los Andes de Cajamarca cofinancia programas y proyectos innovadores que tengan una clara vinculación con las estrategias de desarrollo sustentable de la provincia, elegidos a través de un concurso anual de proyectos.

Los criterios de evaluación para el concurso de proyectos son los siguientes:

- ✓ Viabilidad del proyecto: demanda potencial o real demostrada y rentabilidad.
- ✓ Impacto o relevancia: promoción del empleo, incremento de ingresos, interacción social, alineación con los planes estratégicos locales y regionales y participación (estado, sociedad civil, empresas privadas).
- ✓ Costo-beneficio o costo-efectividad: rentabilidad social, cofinanciamiento, destino de los recursos.
- ✓ Criterios complementarios: innovación, transparencia, responsabilidad social.

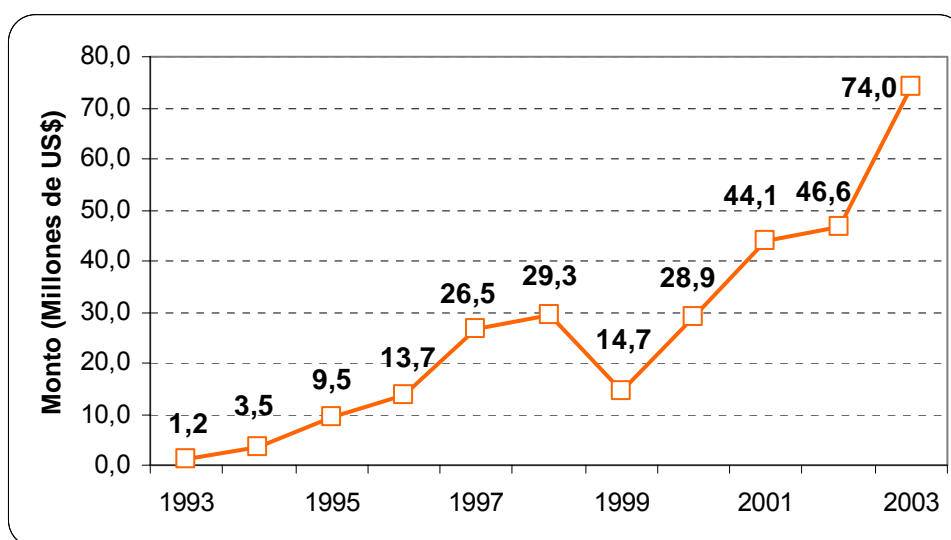
Los proyectos ganadores del primer concurso se han orientado al sector agroindustrial y existen fondos disponibles para replicar proyectos exitosos.

De los proyectos de ALAC en ejecución destaca el Proyecto de fortalecimiento de proveedores locales. El objetivo de este proyecto es dar asesoramiento, capacitación y asistencia técnica a pequeñas y medianas empresas locales, a fin de optimizar sus procesos internos, organizativos y de gestión. Permite reducir costos y ampliar o diversificar mercados. Los resultados más importantes a la fecha son los siguientes:

- ✓ Diez empresas que están en proceso de certificación con el consorcio Cerper Prompyme, han aprobado la primera fase relativa a organización.
- ✓ Diez empresas implementaron sus planes de negocio, con el objetivo de mejorar su gestión y desempeño.
- ✓ 120 empresas participaron de la Rueda de Negocios del mes de julio de 2004, realizada en el marco de las "Jornadas Empresariales". Se generaron negocios que alcanzaron una cifra aproximada de US\$ 1 millón en diciembre de 2004.
- ✓ Se formaron catorce consultores empresariales.
- ✓ Las empresas productoras de bienes y servicios de diferentes sectores que han hecho uso de los servicios que ofrece el proyecto, generan 567 puestos de trabajo y

han realizado en conjunto nuevas inversiones en la localidad por un monto de US\$ 54.773.

Desde el punto de vista del impacto económico directo generado por las actividades de operación y adquisiciones de Yanacocha se dispone de las estadísticas de la Figura 5.6. El año 2001, las compras de bienes y servicios de Yanacocha a empresas locales representaban US\$ 44 millones. En el año 2003 este monto ascendió a cerca de US\$ 74 millones. En tan sólo dos años las compras locales se han incrementado en un 68%. Estas compras muestran una ampliación significativa del mercado interno de la provincia de Cajamarca y corresponden al 50% del mercado de compras de bienes y servicios de las empresas y el Estado. Alrededor de 200 empresas cajamarquinas actúan como proveedoras directas, algunas de las cuales compran a su vez bienes y servicios a otras empresas locales.



**Figura 5.6. Adquisiciones de bienes y servicios de Minera Yanacocha a empresas proveedoras locales en Perú**

Fuentes: "Impacto favorable de la minería en Cajamarca y la urgencia de restablecer el diálogo"

Desde el punto de vista del desarrollo tecnológico aplicado a productos de mayor valor agregado se creó en abril de 2004 el Centro de Innovación Tecnológica de joyería CITE KORIWASI, con el objetivo de generar y fortalecer capacidades locales en diseño, producción y comercialización de joyas en oro y plata, impulsando de esta forma una actividad económica con mercado amplio y convirtiéndose en una alternativa de empleo e ingreso para la población local.

Para este proyecto se consolidó una alianza estratégica entre el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR) y Yanacocha. Además cuenta con la participación del Programa de Apoyo al Ajuste Social Estructural (PASE-Fe y Alegría) del Ministerio de Educación, el Gobierno Regional de Cajamarca, la Comisión para la Promoción de Exportadores (Prompex), la Asociación de Exportadores de Perú (ADEX), y el Ministerio de Minas y Energía. El presupuesto total del proyecto es de US\$ 1,2 Millones, de los cuales el aporte de Yanacocha es de US\$ 1 millón y el de MINCETUR es de US\$ 150.000.

Durante 2004 Yanacocha contribuyó con US\$ 400.000 y el Mincetur con US\$ 61.500. Estos fondos se han invertido en la adquisición de maquinarias y equipos, la transferencia tecnológica y los gastos operativos del CITE.

La Asociación Los Andes de Cajamarca, a nivel operativo, da soporte a la gestión del CITE, brinda asesoría y monitorea sus avances y logros, además de formar parte del Consejo Directivo del CITE Koriwasi.

Los resultados exhibidos a la fecha son los siguientes:

- ✓ 107 alumnos formados en temas de diseño, casting o trabajo en mesa.
- ✓ Siete consorcios de producción y comercialización.
- ✓ Participación de los alumnos del CITE en cinco eventos de exposición, tres eventos comerciales en el ámbito nacional y un evento comercial en Colombia.
- ✓ Ventas por más de diez kilogramos de joyas en plata.

### **5.2.3 México y el Programa Nacional de Desarrollo Minero 2002-2006**

Hasta mediados del siglo XX, la minería fue uno de los sectores más importantes de la economía mexicana y se caracterizó por ser altamente dinámico para el desarrollo productivo de otros sectores. En la actualidad la minería mexicana es operada por compañías privadas dejando al gobierno las actividades de regulación, el apoyo administrativo a los concesionarios y el suministro de bienes públicos tales como la información geológica con las especificaciones requeridas por los actores relevantes del sector.

En el año 2001, la Secretaría de Economía presentó el Plan Nacional de Desarrollo (PND). Este documento es considerado como el documento maestro de la política del país que marca el rumbo y las estrategias para el desarrollo nacional con una visión de largo plazo. En el marco de los objetivos planteados en este documento se presentó el Programa Nacional de Desarrollo Minero (PNDM) 2002-2006. Los desafíos que pretende cumplir este programa son los siguientes:

- ✓ Incrementar la productividad de todas las empresas
- ✓ Consolidar su competitividad y participación en los mercados mundiales de metales y minerales
- ✓ Aumentar el número de operaciones que contribuyen al desarrollo regional equilibrado
- ✓ Apoyar el desarrollo de proyectos capaces de generar comunidades sustentables en el largo plazo, una vez agotados los yacimientos minerales que les han dado origen.

Los objetivos del programa se traducen en los siguientes aspectos:

- ✓ Crear el entorno adecuado para favorecer la participación de la inversión privada, nacional y extranjera.
- ✓ Reducir el riesgo y el costo de las actividades de exploración y hallazgo de yacimientos
- ✓ Mejorar la capacidad de las empresas pequeñas y medianas (PYMEs) y de la minería social para generar empleo e ingresos permanentes
- ✓ Acrecentar el mercado interno de minerales, su valor agregado y la integración de la industria.

Para materializar estos objetivos se han trazado las siguientes estrategias:

- ✓ Mejorar el marco normativo
- ✓ Lograr la eficacia y transparencia administrativa
- ✓ Promover las inversiones nacionales y extranjeras
- ✓ Proporcionar información básica para la exploración geológica minera
- ✓ Otorgar apoyo técnico y financiero a proyectos viables
- ✓ Apoyar a la minería social
- ✓ Impulsar y fortalecer las cadenas productivas



Asumiendo como altamente relevantes cada una de las estrategias anteriormente mencionadas, se centrará la atención en como el PNDM 2002-2006 impulsará y fortalecerá los encadenamientos productivos. El fortalecimiento de los encadenamientos productivos tiene por objetivo lograr un mayor consumo interno de minerales y la exportación de productos de mayor valor agregado, así como la sustitución competitiva de importaciones de minerales con potencial.

Se plantean cinco tipos de instrumentos de apoyo empresarial que promueven la integración y fortalecimiento de las cadenas productivas. Estos instrumentos deben aplicarse bajo esquemas de estrecha colaboración con los gobiernos estatales, evitando la duplicidad de apoyos y cuidando el uso transparente de los recursos públicos. Las líneas de acción que se implementarán son las siguientes:

- ✓ Otorgar asistencia técnica en un amplio abanico de acciones; organización empresarial, elaboración de estudios de mercado; identificación de nichos de mercado y oportunidades para la integración de cadenas productivas; adopción de técnicas de exploración, extracción y beneficio de minerales.
- ✓ Dar capacitación para la organización empresarial en temas administrativos en la adopción de técnicas modernas de exploración, explotación y beneficio de minerales, en la identificación e ingreso a nuevos nichos de mercado y en la comercialización interna y externa de productos.
- ✓ Proporcionar créditos y servicios financieros para la exploración, capital de trabajo, adquisición de maquinaria y equipo, ampliación y modernización de la planta instalada, así como la re-estructuración de pasivos. En este rubro, serán de particular relevancia los programas de desarrollo de proveedores e integración de cadenas productivas a través de operaciones de factoring y capital de trabajo.
- ✓ Consolidar y fortalecer las actividades de los Consejos Estatales de Minería, que son el principal instrumento de planeación regional y de colaboración entre el gobierno federal con los gobiernos estatales y municipales en materia minera. Esto, con el fin de incrementar la eficiencia en el diseño, aplicación y evaluación de las políticas mineras nacionales e impulsar el desarrollo de las regiones.
- ✓ Apoyar los proyectos que involucran dos o más estados, aprovechando la sinergia regional.

### 5.2.3.1 Política económica para la competitividad

A través de la instrumentación de la *Política Económica para la Competitividad*, el gobierno pretende eliminar todos aquellos problemas sistémicos que han provocado que México sea una nación menos competitiva, a través del desarrollo de estrategias y acciones que respondan a la problemática que enfrentan nuestras empresas, buscando con ello impulsar nuevamente la productividad y la competitividad de las empresas<sup>219</sup>.

Para lo anterior, se ha creado el Consejo Presidencial para la Competitividad, el cual ha planteado estrategias y líneas de acción concretas que permitirán generar las condiciones necesarias para promover la competitividad a través de programas sectoriales.

En forma inicial, el Gobierno Federal está haciendo énfasis en sectores considerados como prioritarios, ya que su participación en el mercado, las exportaciones y la creación de fuentes de trabajo genera sinergias que permiten atraer al resto de la planta productiva. De esta forma, a mediados de 2002, se anunció la elaboración de los doce primeros Programas Sectoriales para la Competitividad: Automotriz,

---

<sup>219</sup> Más detalles en la Secretaría de Economía de México, Secretaría de Economía, <http://www.economia.gob.mx>

Electrónica, Software, Aeronáutica, Textil y confección, Agricultura, Maquiladora de exportación, Química, Cuero y calzado, Turismo, Comercio, y Construcción.

A la fecha, se han concluido los programas para la competitividad de 4 cadenas: electrónica, software, cuero y calzado, y cadena fibra – textil – vestido, y se tienen importantes avances en los programas de otros 3 sectores: automotriz, industria maquiladora de exportación, y químico.

Si bien el sector minero y de proveedores de bienes y servicios mineros no están considerados, el Gobierno Federal ha señalado que la promoción y apoyo de este programa se irá extendiendo al resto de los sectores productivos y las empresas que los integran, por lo tanto, hay una oportunidad de incorporarlos para desarrollar acciones que permitan su fortalecimiento.

Un actor que podría jugar un rol importante en estas iniciativas podría ser el Banco Nacional de Comercio Exterior de México, BANCOMEXT<sup>220</sup>, que actualmente está trabajando en la promoción de la producción de materiales de construcción y minerales no metálicos, a través de la búsqueda de nuevos mercados y el mejoramiento de las capacidades locales y de agregación de valor, ya que, por ejemplo, muchas materias primas son exportadas a Italia, y luego reexportadas por empresas italianas a Estados Unidos, con un mayor valor agregado.

#### **5.2.3.2 Cadena productiva de la joyería y orfebrería de plata y oro**

En el ámbito de las iniciativas públicas se destaca el documento denominado “Estudio Sobre la Cadena Productiva de la Joyería y Orfebrería de Plata y Oro” desarrollado en el año 2003. Este estudio tuvo por objetivo brindar un panorama general de las condiciones actuales del sector de la joyería y orfebrería, así como proponer alternativas de crecimiento. La principal recomendación generada en el documento se relaciona a diseñar una política de apoyo que fomente la integración de la cadena productiva e incentive la inversión en el sector, propiciando la formación de empresas pequeñas y medianas que cuenten con diseños y marcas propios. Dicha política también debe contemplar el acceso a los mercados internacionales a través de los adecuados canales de distribución, de tal forma que se incentive la exportación de joyería y orfebrería del país.

#### **5.2.4 Chile y los programas regionales de desarrollo de proveedores**

En la actualidad se discute intensamente en Chile sobre el nivel real de consolidación del cluster minero en la Zona Norte del país (Regiones I a III). Mientras algunos argumentan que el impacto directo de la actividad minera es más bien limitado con respecto a otros sectores de la economía (Aroca, 2001), las asociaciones gremiales locales que agrupan a empresas mineras y proveedores de bienes, insumos y productos argumentan que el cluster minero da muestras significativas de avance<sup>221</sup>.

Al margen de lo anterior y a partir de la difusión del concepto de cluster como un mecanismo generador de desarrollo sustentable para la zona, existen algunas de las iniciativas que se encuentran en ejecución y que involucran a los principales actores regionales y nacionales, entre compañías mineras, asociaciones gremiales, proveedores, gobierno, universidades y centros de capacitación, entre otros.

<sup>220</sup> Más detalles en: [www.bancomext.com](http://www.bancomext.com)

<sup>221</sup> Asociación de Industriales de Iquique (AI), [www.industriales.cl](http://www.industriales.cl); Asociación de Industriales de Antofagasta, [www.aia.cl](http://www.aia.cl), y Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama, [www.corproa.cl](http://www.corproa.cl)

Cabe destacar que a nivel nacional algunas empresas proveedoras locales se han asociado bajo Minexport, un Consorcio Chileno Exportador de Equipos, Máquinas, Insumos y Servicios para la Minería, co-financiado por CORFO, que entre sus objetivos destaca el aumento de exportaciones de sus miembros<sup>222</sup>.

Como un apoyo a esta iniciativa, la Agencia de Promoción de las Exportaciones de Chile (PROCHILE) y COCHILCO, desde el año 2003 han participado en ferias mineras y misiones comerciales, y han realizado talleres de análisis sobre el potencial minero en algunos mercados de interés de América Latina (Perú, México y Brasil) y la Región de APEC (Australia, China, Vietnam e Indonesia), con el objetivo de fomentar las exportaciones chilenas de bienes e insumos mineros, a través de la búsqueda de oportunidades de negocios en los mercados internacionales. Por ejemplo, en una misión comercial a México durante el año 2005, algunas empresas asociadas a Minexport cerraron negocios por venta de bienes e insumos con ejecutivos de empresas mineras mexicanas, entre ellas Grupo Peñoles para su proyecto Milpillas.

A nivel regional, principalmente en la I, II y III Región se han establecido grupos de trabajo para el fortalecimiento de los encadenamientos productivos y fomentar las compras locales de bienes, insumos y servicios mineros, con una activa participación de los gobiernos regionales y el sector minero productivo a través de las asociaciones de industriales. En ese contexto resulta interesante analizar sus iniciativas y avances.

#### **5.2.4.1 El desarrollo de proveedores de la I Región de Tarapacá.**

La puesta en marcha de proyectos de minería del cobre en esta región en la que tradicionalmente se habían emplazado operaciones cuya explotación se centraba en la extracción de minerales no metálicos como la sal o los nitratos ha abierto una nueva opción de desarrollo económico regional que se suma a las actividades pesqueras, el cultivo agrícola en los oasis altiplánicos y el turismo.

La presencia y operación de compañías mineras como Doña Inés de Collahuasi (Falconbridge (44%), Angloamerican (44%) y Mitsui (12%)), Cerro Colorado (100% BHP Billiton) y Quebrada Blanca (Aur Resources (76,5%), Sociedad de Inversiones Mineras (13,5%) y Empresa Nacional de Minería (10%)) que representaron en el año 2004 un 13% de la producción nacional de cobre deberían constituirse como las oportunidades de negocios que los proveedores locales de bienes, insumos y servicios necesitan para consolidar sus empresas. Los países del cono sur de América como Bolivia y Perú debieran ser destinos naturales para los proveedores locales de bienes e insumos mineros. Asimismo, algunas empresas peruanas están suministrando bienes y servicios a operaciones chilenas.

#### **La Asociación de Industriales de Iquique y el Centro de Relaciones Comerciales**

La Asociación de Industriales de Iquique A.G. (All) es una entidad fundada en 1990 que concentra las más importantes empresas de la región (incluidas las compañías mineras). Es un organismo que lidera el desarrollo de proveedores locales para el abastecimiento de las compañías demandantes de bienes y servicios. Algunos objetivos de All son los siguientes:

- ✓ Impulsar el desarrollo de las actividades industriales y empresariales de Iquique
- ✓ Asistir a las empresas asociadas con información, estudios y acciones tendientes a mejorar su competitividad nacional e internacional

<sup>222</sup> Más detalles en: [www.minexportchile.cl](http://www.minexportchile.cl)

- ✓ Fomentar, informar y capacitar en protección del medio ambiente
- ✓ Apoyar el proceso nacional de regionalización, radicando nuevas empresas en la zona
- ✓ Fomentar la pequeña y mediana empresa a través del encadenamiento productivo a la demanda de las grandes empresas regionales
- ✓ Estimular el respeto de normas éticas en las prácticas profesionales
- ✓ Incentivar el espíritu de solidaridad y colaboración entre los asociados
- ✓ Fomentar la capacitación laboral y el aumento de la productividad
- ✓ Participar en las instancias creadas en los acuerdos de complemento e integración económica con los países del sur de América.

Una de las iniciativas más recientes de la Asociación es la implementación del Centro de Relaciones Comerciales (CRC), un sitio web puesto a disposición de la comunidad empresarial, para facilitar el conocimiento de las oportunidades de negocio existentes en la Primera Región de Tarapacá, representadas por la demanda de las principales industrias instaladas en la zona<sup>223</sup>. Este sitio web ha sido desarrollado con el patrocinio y auspicio de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM.

El objetivo del CRC es promover el desarrollo de la economía regional, mediante la difusión de la demanda de bienes y servicios requeridos por las grandes empresas que operan en la Primera Región; de diversos sectores productivos, tales como la minería, pesca, servicios portuarios, servicios de utilidad pública y otros.

### **Las iniciativas de CORFO en la Primera Región**

Como parte de sus lineamientos estratégicos, CORFO ha estado trabajando en dos líneas de acción:

**a) Generación de Información de Mercado**, para lo cual encomendó la investigación “Estudio de Mercado Minero Industrial para la Macrozona Norte del País: Caracterización del Sector Minero”, efectada durante el año 2005 el Grupo de Economía de Minerales del Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile, con el objetivo de precisar los siguientes aspectos:

- ✓ Presentar el potencial minero industrial del país, con especial énfasis en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama, mediante la entrega de información estadística de proyectos y de productos comprados por la mediana y gran minería.
- ✓ Cuantificar y argumentar las oportunidades de inversión identificadas para proveedores de bienes y servicios mineros.
- ✓ Identificar potenciales inversionistas para regiones de Antofagasta y Tarapacá.

Asimismo, durante el segundo semestre de 2005, CORFO mediante licitación pública adjudicó al Centro Tecnológico Minero de la Universidad Arturo Prat el estudio “Situación Actual del Sector Minero en Bolivia y Perú”, informe que se convertirá en un insumo relevante para que algunas empresas proveedoras locales consideren la opción de explorar nuevos mercados en los países vecinos.

**b) Desarrollo de Proveedores Locales**, para lo cual CORFO ha cofinanciado la certificación de Normas ISO de unas 100 empresas proveedoras considerando las empresas con mayores posibilidades de generar negocios sustentables a partir de la innovación de productos, los requerimientos de las empresas mineras y la funcionalidad de las empresas proveedoras para diversificar su oferta de productos a distintos sectores de la economía regional.

<sup>223</sup> Más detalles en: [www.industriales.cl](http://www.industriales.cl)

### **Centro Tecnológico Minero (CTM)**

El CTM fue fundado en 1997 una vez que las empresas mineras comenzaron a demandar personal altamente calificado para la operación y mantención de sus equipos. Por su parte, la Universidad Arturo Prat de Iquique asumió el desafío académico que esta iniciativa significa. La compañía Minera Doña Inés de Collahuasi construyó la infraestructura necesaria para satisfacer los requerimientos de entrenamiento y capacitación de sus trabajadores además de hacer extensivo este servicio a otras empresas de Chile y el extranjero.

El CTM cuenta con sedes en Iquique, Arica, Antofagasta y Calama, y ofrece capacitación y entrenamiento en las siguientes especialidades: operación de equipos mineros y de planta, mantención electromecánica de plantas mineras y operaciones de sondajes. El centro ha abierto estos cursos de especialización a los egresados de enseñanza media, lo que permite formar recursos humanos técnicos especializados para la actividad minera. Además ofrece servicios de asesoría y capacitación en el interior de las empresas y en el año 2005 ganó la licitación para realizar el estudio "Situación Actual del Sector Minero en Bolivia y Perú" encomendado por CORFO.

#### **5.2.4.2 Iniciativas en torno a la II Región de Antofagasta**

La presencia de Minera Escondida (BHP Billiton 57,5%, Rio Tinto PLC 30%, Jeco Corporation, 10 %, e Internacional Finance Corporation (IFC), filial del Banco Mundial (2,5%)) y la División Codelco Norte propiedad del Estado de Chile, junto a otras compañías mineras, dan especial preponderancia en términos de producción de cobre a la Segunda Región (54 % de la producción nacional), entre otros minerales y metales<sup>224</sup>.

Interesante es también el alto número de yacimientos mineros, principalmente de cobre, en torno a la Región de Antofagasta que la convierten en una zona privilegiada para albergar centros tecnológicos, barrios industriales y una completa infraestructura de apoyo a la actividad minera. En la próxima sección se describirán las iniciativas en torno al fortalecimiento de los encadenamientos productivos que se están generando en torno a esta zona.

### **Estrategia Regional de Desarrollo 2001-2006**

En el marco de la Estrategia Regional de Desarrollo 2001-2006 de la Región de Antofagasta y en especial al objetivo de desarrollar un Complejo Minero Industrial y de Servicios en torno a la Minería, el Gobierno Regional de Antofagasta y la Corporación de Fomento de la Producción CORFO, con el apoyo del Ministerio de Minería y el sector productivo local, entre otros actores, dieron inicio al Programa Territorial Integrado (PTI) "Cluster Minero – Región de Antofagasta", en el año 2002.

La visión estratégica del PTI responde a la Estrategia de Desarrollo Regional para el período 2000-2006 en cuanto plantea que "la región dispondrá de una industria regional proveedora de bienes y servicios competitiva, sustentable y de calidad mundial, a partir del acervo de conocimientos y oportunidades que surgen del desarrollo de la industria minera".

Los PTI suponen la aplicación coordinada de los instrumentos de CORFO enfocados al mismo objetivo territorial definido, así como la atracción de recursos empresariales y

<sup>224</sup> Ver más detalles sobre producción minera en la II Región en: <http://www.cochilco.cl/productos/periodicos/anuario/index.htm> (Tabla 33.2)

de otras instituciones. El PTI de la Segunda Región, de acuerdo a sus ejes de trabajo, presenta los siguientes avances al 31 de Diciembre de 2005.

**a) Modernización de la Gestión Empresarial:**

- ✓ Antofagasta se ha transformado en la Región líder en certificación internacional de sistemas de gestión de calidad, ambiente, seguridad y salud ocupacional. Pasando de 8 empresas certificadas en el año 2002 a 140 empresas al año 2005 según normas ISO9001, ISO14001 y OHSAS 18001.
- ✓ Se ha dado un fuerte impulso al encadenamiento productivo, a través de la ejecución de 5 programas de Desarrollo de Proveedores, con la vinculación de 117 empresas proveedoras de la minería y 4 empresas de la gran minería (Codelco Norte, Escondida, SQM y Michilla).
- ✓ Se diseña y ejecuta el Primer Diplomado dirigido integralmente a PyMEs proveedoras de la Industria Minera, en conjunto con la Facultad de Economía y Administración de la Universidad Católica del Norte.

**b) Innovación y Desarrollo Tecnológico.**

A partir del año 2002, CORFO inicia una progresiva colocación de recursos en el área de innovación, llegando al año 2004 con una inversión público - privada cercana a los \$ 4.200 millones de pesos, que supera por primera vez la colocación respecto a otras áreas de instrumentos CORFO.

En el año 2005 se aprueba el proyecto de Incubadora Regional de Negocios con un compromiso para el financiamiento de los tres primeros años cercano a los \$ 930 millones de pesos, a través de la participación de la Universidad Católica del Norte, Universidad de Antofagasta, Codelco Norte, CORFO y el Gobierno Regional.

**c) Atracción de Inversiones.**

A través de las misiones comerciales prospectivas a Canadá y Estados Unidos, se iniciaron dos acuerdos comerciales de inversión entre empresas internacionales y empresas PyMes de la región. En el ámbito de la cooperación e internacionalización de la región se firmaron acuerdos con:

- ✓ SAMSSA (Sudbury Area Mining Supply and Service Association)
- ✓ Los gobiernos de las regiones de Västerbotten y Norrbotten de Suecia.
- ✓ El Ministerio del Desarrollo del Norte y Minas de Ontario, en Canadá.

**d) Desarrollo de Parques Industriales.**

Se ha apoyado el desarrollo de 4 parques industriales en la región que ha significado una inversión materializada a la fecha, considerando compra de terrenos y obras de urbanización, de aproximadamente \$ 2.100 millones de pesos, y se proyecta una inversión total de alrededor de \$7.400 millones, con la participación de 166 empresas.

**e) Fortalecimiento del Programa.**

Se han realizado una serie de estudios que han servido de insumo para la planificación del programa durante los próximos años, y se constituyó la primera red de colaboración entre 20 instituciones públicas y privadas que trabajan en la instalación de una "cultura del emprendimiento" en la región.

Estos diferentes programas del PTI se desarrollan bajo la supervisión y orientaciones estratégicas de un Comité Ejecutivo del Consejo Regional del Complejo Productivo Minero Industrial y de Servicios de Antofagasta.

### **Consejo Regional del Complejo Productivo Minero Industrial y de Servicios.**

En junio de 2002, se constituyó el Consejo Regional del Complejo Productivo<sup>225</sup>, instancia que tiene como propósito avanzar en el proceso de consolidación de encadenamientos productivos en torno al sector minero de la región y supervisar el desarrollo del "Programa Territorial Integrado", impulsado por CORFO y el Gobierno Regional, así como constituir un lugar de encuentro y reflexión entre el sector público y privado, promover el avance y consolidación del complejo minero en la región

A fin de fortalecer el desarrollo de los encadenamientos productivos, el Consejo ha convenido realizar esfuerzos tendientes a facilitar y crear las condiciones para la consolidación de una industria regional que pueda producir y ofrecer competitivamente a la minería y otros sectores, bienes de capital, equipos, repuestos, piezas, partes y servicios, en el marco de su compromiso con el desarrollo sustentable de la Segunda Región y el país. En este marco de cooperación se planteó la necesidad de realizar un estudio que identificara las oportunidades de negocio para los proveedores de la Segunda región en torno a la demanda de bienes y servicios requeridos por la minería.

Este proyecto fue financiado por Codelco Norte y Minera Escondida y adjudicado su ejecución a un consorcio de universidades conformado por las universidades de Concepción, Antofagasta y Católica del Norte. El documento final fue entregado a la mesa de diálogo durante el primer trimestre de 2005, y presentó las siguientes conclusiones:

- ✓ En los próximos años, Codelco Norte y Minera Escondida contemplan proyectos de inversión, del orden de los US\$ 4.000 millones, los que además de aumentar su producción, incrementarán la demanda de bienes y servicios para satisfacer las nuevas necesidades operacionales.
- ✓ Las necesidades operacionales que demandan ambas compañías, están mayormente explicadas por los materiales o suministros de operación y los servicios realizados por terceros. El promedio anual de compras de bienes y servicios no estratégicos, para ambas compañías alcanza los US\$ 550 millones anuales (excluidos los bienes y servicios, tales como: los combustibles, energía eléctrica, transporte y fletes, catering, seguros, elementos de molienda, neumáticos, arriendo de máquinas, cal, explosivos, reactivos y correas transportadoras, entre otros).
- ✓ Para fortalecer los programas de fomento, estos deberían orientarse a buscar mejoras en: la ingeniería, la gestión empresarial y el desarrollo tecnológico de las empresas, de manera que los productos que se entreguen sean de mejor calidad, alcanzando una mayor conformidad para el mercado y adecuando la capacidad instalada a los requerimientos presentes y futuros.
- ✓ Para fomentar el desarrollo de los proveedores de la Segunda Región, una estrategia, entre otras, sería incentivar las asociaciones o alianzas estratégicas entre empresas relacionadas, que permitan aumentar el nivel de especificación con las empresas o agrupaciones actuales de la Región.
- ✓ Un factor común y gravitante en el crecimiento de las empresas proveedoras es la inclusión de procesos de investigación y desarrollo o adaptación de tecnologías. De esta forma se logra obtener mayor eficiencia y por tanto mayor competitividad, alcanzando en definitiva la maduración del cluster.
- ✓ Al analizar las causas que restringen el crecimiento de las empresas proveedoras se identifican, entre otras: La dificultad de acceso a: fuentes de financiamiento, acceso a insumos y/o materias primas y disponibilidad de mano de obra calificada, falta de asociatividad para enfrentar oportunidades en conjunto y el centralismo y burocracia en

<sup>225</sup> Más detalles en: [www.clusterminero.cl](http://www.clusterminero.cl)

la toma de decisiones de organismos públicos como privados (ministerios, agencias de fomento, bancos, etc.). En el caso particular, de las empresas pequeñas la capacidad de acceder a financiamiento mostró ser la variable de mayor relevancia, sumado, a las debilidades en la gestión administrativa.

- ✓ Entre las PYMEs, existe un sector de empresas familiares que se caracterizan por ser poco profesionalizadas. Esto lleva a que muchas veces la toma de decisiones se concentre en una sola persona, afectando sus capacidades para rediseñar e implementar nuevos procesos de negocios, identificar oportunidades, realizar innovaciones, adaptación y/o anticipación a cambios tecnológicos.
- ✓ Los proveedores consideran dentro de los factores claves para mantener una relación estable de negocios con las empresas mineras, están: mejorar la asistencia técnica, el entrenamiento de su personal en contacto con el usuario en función del cliente, estar conscientes que la variable más importante es la calidad y responder con ética ante el usuario más allá de lo escrito.

En función de estas conclusiones y de la identificación de áreas con mayor potencial para desarrollar proveedores, Minera Escondida en coordinación con CORFO se encuentra implementado un programa de desarrollo de proveedores relacionado a servicios de mantención y reparación a partes y piezas de equipos mina y planta, insumos que la industria proveedora local ha demostrado un mayor desarrollo de competencias.

Este plan que es cofinanciado por la Vicepresidencia de Operaciones de Minera Escondida y CORFO consta de tres fases: Nivelación tecnológica de proveedores, aplicación de las tecnologías existentes por parte de los proveedores para resolver los problemas presentados en los equipos mina y planta de Minera Escondida y una última fase que se relaciona a la innovación por parte de las empresas proveedoras. Se estima que en un plazo de 3 años, se invertiría una cifra cercana a US\$ 1 millón.

En un modelo de negocios del tipo “Ganar-Ganar”, Minera Escondida espera beneficios sustancialmente más altos que los fondos invertidos en el programa y los proveedores locales un desarrollo de nuevos productos que puedan ser ofertados en el mercado nacional e internacional.

En este contexto vale destacar lo realizado por Minera Escondida que al igual que otras compañías internacionales informa en su reporte de sustentabilidad 2004<sup>226</sup> el monto de los costos totales directos de operación desglosados, donde se presenta el detalle de costos de bienes tangibles y servicios (energía, repuestos, combustibles y lubricantes, bolas de molienda, reactivos, explosivos, consultorías, etc). En el año 2004 el documento señala que de un costo total de operación de US\$ 814 millones, US\$ 487 millones corresponden a costos de bienes tangibles y servicios. Se informa además el % de compras realizadas a proveedores locales (no se detalla que % corresponde a producción local y que % corresponde a filiales de empresas internacionales), el % de compras adquiridas en el extranjero y la ubicación geográfica de los proveedores locales. En lo esencial se observa que durante el año 2004, Minera Escondida realizó transacciones con 3.543 proveedores (71% nacionales y 29% extranjeros) por un monto de US\$ 483 millones. Del monto total un 60 % fue adquirido en la Segunda Región y un 35% fue adquirido en la Región Metropolitana (Santiago de Chile).

---

<sup>226</sup> Reporte de sustentabilidad 2004 de Minera Escondida. Disponible en [http://www.escondida.cl/Escondida/pdf/Reporte\\_Sustentabilidad\\_2004.pdf](http://www.escondida.cl/Escondida/pdf/Reporte_Sustentabilidad_2004.pdf)



## **La Asociación de Industriales de Antofagasta (AIA) y el SICEP**

El Sistema de Calificación de Empresas de Proveedoras y de Servicios (SICEP)<sup>227</sup> es un sistema de homologación de antecedentes empresariales, orientado a potenciar los encadenamientos productivos del mercado nacional, mediante la evaluación integral de las empresas proveedoras de bienes y servicios del sector minero industrial a fin de fomentar la calidad y competitividad de éstas.

En el año 2000, la Asociación de Industriales de Antofagasta, parte con un proyecto piloto, cuyo objetivo era crear un registro homologado de empresas proveedoras del área minera, a fin de estandarizar los antecedentes requeridos por las mandantes y así facilitar su cumplimiento.

Actualmente el SICEP cuenta con más de mil empresas registradas y con once empresas mineras usuarias de SICEP, transformándolo en el principal registro de la minería chilena.

## **Los Centros Tecnológicos y de Capacitación**

### **a) Centro de Ciencia y Tecnología para la Minería (CICITEM)**

En agosto del año 2004, en el Campus Angamos de la Universidad de Antofagasta fue inaugurado el Centro de Ciencia y Tecnología para la Minería (CICITEM), en el marco del concurso nacional de “Creación de Unidades Regionales de Desarrollo Científico y Tecnológico” a cargo de CONICYT.

Entre los nuevos planes creados en torno al CICITEM está contemplada también la creación de grupos multidisciplinarios de investigación que deberán proyectarse a nivel nacional; potenciar la región en su proyección en la macrozona andina; contribuir a la formación e incorporación de recursos humanos protagonistas en ciencia y tecnología; y al desarrollo del sector productivo a través de la innovación tecnológica y la transferencia tecnológica que permita crear micro, pequeñas y medianas empresas.

En una etapa inicial el CICITEM se orientará en dos líneas principales o áreas de investigación: la biominería y la ingeniería de procesos, dos temas de gran desarrollo en la actividad minera y, por otra parte, son las especialidades en que se concentra la experticia cuantitativa y cualitativa de los investigadores de las dos universidades regionales que participan en el centro, la Universidad de Antofagasta y la Universidad Católica del Norte. Sin embargo resulta obvio que en el corto plazo el espectro de actividades en I&D de este centro deberá ampliarse, basado en temas de investigación que puedan ser creados ya sea por la empresa como por el centro mismo.

Los recursos comprometidos para los próximos años son de \$ 1.000 millones de parte del Gobierno regional; \$ 900 millones de parte de CONICYT; y \$ 800 millones de parte de las universidades de Antofagasta y Católica del Norte, a los cuales se deberán agregar los aportes específicos de las empresas que deseen participar de esta iniciativa.

### **b) Centro de Entrenamiento Industrial y Minero (CEIM)**

En 1996, Minera Escondida creó el Colegio Técnico Escondida (CTE) a raíz de la brecha detectada entre las competencias reales de sus trabajadores y las competencias necesarias para lograr la excelencia en sus operaciones. El principal

---

<sup>227</sup> Más detalles en: [www.sicep.cl](http://www.sicep.cl), y [www.aia.cl](http://www.aia.cl)

enfoque fue el entrenamiento de trabajadores en las áreas de mantenimiento ofreciendo calificación certificada en mecánica de equipo pesado, mecánica de planta concentradora, eléctricos e Instrumentistas.

En 1999, se reformuló el CTE, transformándolo en el Centro de Entrenamiento Industrial y Minero (CEIM), dependiente de la Fundación Educacional Escondida, corporación de derecho privado sin fines de lucro, cuyo propósito es el desarrollo de competencias laborales específicas para la industria minera. La certificación de los programas impartidos por el CEIM, es proporcionada por el Instituto Tecnológico de British Columbia (BCIT) de Vancouver, Canadá.

Siguiendo uno de los lineamientos estratégicos definidos por la Fundación Educacional Escondida, el CEIM se ha abierto el servicio a la comunidad industrial de la región y el país.

### **c) Colegio Técnico – Industrial Don Bosco**

Una de las estrategias de la Asociación de Industriales de Antofagasta para aportar al desarrollo del complejo productivo es la creación del colegio Técnico - Industrial Don Bosco, con una inversión estimada de US\$ 7 millones (US\$ 2,5 millones aportados por la congregación de sacerdotes y el resto por las empresas socias de la Asociación), y el cual tiene una malla curricular en función de las reales necesidades de las empresas socias.

#### **5.2.4.3 Iniciativas en torno a la Región de Atacama**

En la III Región de Atacama, la “Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama” (CORPROA) ha estado impulsando iniciativas para el fortalecimiento de los encadenamientos productivos en la minería local. Esta institución es una organización de carácter privado sin fines de lucro con 16 años de existencia. Está integrada por empresas de la región de Atacama, quienes desarrollan sus actividades en todos los ámbitos de la producción y servicios presentes en esta zona del país, es decir: minería, agricultura, pesca, cultivos marinos, el comercio, los servicios generales y bancos.

CORPROA se financia con las cuotas mensuales que pagan sus asociados, más el producto de su propia gestión, donde destacan los roles de Agente de Fomento Productivo, a través de un convenio con CORFO, la Cámara de Comercio de Santiago y la Capacitación al segmento de ejecutivos regionales o empresarios, a través de la OTEC "CORPROA-Traininig" creada especialmente para esto.

Durante el año 2003, 8 empresas mineras y CORPROA, con el apoyo del Gobierno Regional suscribieron un Compromiso para impulsar el Cluster Minero en Atacama.

Con el objeto de dar cumplimiento a este acuerdo, la CORPROA realizó una encuesta para determinar el catastro de empresas proveedoras locales y externas y las características de la provisión de bienes y servicios otorgados desde Atacama. Los resultados de la encuesta indicaron que:

- ✓ La minería en la Región de Atacama se provee de 259 empresas, de las cuales 141 son locales y 118 externas. El 54,4% del total de proveedores se encuentra radicado en Atacama. El 54,6% del valor de las compras realizadas por las empresas mineras de Atacama se realiza en empresas localizadas en la región.
- ✓ La atención de proveedores externos, es mejor evaluada que la de los locales en 8 áreas de funcionamiento. Este hecho se repitió cuando se realizó la evaluación a 34 áreas de servicios.

- ✓ De los 70 bienes y servicios mencionados como requeridos en el proceso productivo de la minería, 28 ya son adquiridos localmente o podrían adquirirse localmente. Las actividades que producen dichos bienes o servicios podrían ser fortalecidas con el objeto de satisfacer la demanda potencial que existe.
- ✓ 25 exigencias mínimas fueron determinadas por las compañías mineras de Atacama con relación a los proveedores locales. Algunas de estas exigencias son la calidad de los trabajos, el cumplimiento de plazos, el nivel técnico profesional, precios competitivos, cumplimiento de normas de seguridad, calidad de mano de obra, calidad de los materiales, atención pre-post venta y garantías.

Durante noviembre de 2005, el Cluster Minero de Atacama organizó por primera vez una rueda de negocios donde se transó un monto estimado de US\$ 10 millones, utilidades que favorecen directamente a la pequeña y mediana empresa en Atacama. En este evento se reunieron más de 63 empresas proveedoras de servicios con las 13 empresas mandantes más grandes de la región.

A pocos meses de iniciada la red de proveedores del Cluster Atacama, articulada por la CORPOA, son 50 las empresas regionales que se encuentran participando en este proyecto, conjuntamente con el compromiso de las 13 mineras mandantes más importantes de Atacama.

#### **Programa de Desarrollo de Proveedores en Minera Candelaria**

Al igual que en la II Región, CORFO está apoyando un programa de desarrollo de proveedores que está llevando a cabo Minera Candelaria.

En junio de 2005, el Comité de Asignación Zonal de la CORFO aprobó la primera etapa de ejecución del Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP) de la Compañía Contractual Minera Candelaria, el cual está integrado por 14 proveedores – pymes regionales. La iniciativa tiene una inversión de \$ 73 millones de pesos (50% es financiado por CORFO y el otro 50% por Minera Candelaria) y se desarrollará en 12 meses. El proyecto total, que tiene una duración de un año y medio, tiene un costo de 120 millones de pesos.

Este proyecto comenzó con la etapa de diagnóstico que tuvo una duración de tres meses, donde se realizó una evaluación a los distintos proveedores, identificando a aquellos con los que se trabajaría en la segunda etapa de desarrollo, considerando el alcance que le dio Minera Candelaria al proyecto, es decir, es aumentar la competitividad, incrementar la productividad y mejorar la calidad de los servicios de los proveedores participantes del proyecto en función de los nuevos requerimientos de la empresa en el ámbito de los servicios de mantención y reparación de la Planta concentradora.

#### **5.2.4.4 Agenda de trabajo para el fortalecimiento de la minería y sus sectores relacionados**

Durante los años 2003 – 2004, el Ministerio de Minería, los gremios mineros (Consejo Minero y la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI)), y empresariales (Confederación de la Producción y el Comercio (CPC) y la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA) trabajaron en un ***diálogo para el fortalecimiento de la minería y sus sectores relacionados***, con el objetivo de elaborar una agenda de trabajo de largo plazo para el desarrollo de los sectores relacionados con la minería, principalmente las empresas

proveedoras de ingeniería, consultoría y bienes e insumos mineros<sup>228</sup>. En este sentido, en marzo 2004, una serie de propuestas fueron consensuadas que dicen relación con:

- ✓ **Desarrollo de ingeniería y servicios tecnológicos para la minería:** a través de una estrategia público-privada de largo plazo, identificando rubros con ventajas más robustas, promoviendo la identidad y unificación del sector, su asociatividad y visibilidad en el exterior, facilitando el conocimiento de experiencias internacionales, mejorando la bancabilidad de las empresas, generando una base estadística del sector e información de la demanda y competencia, y vinculando al sector con la investigación tecnológica, entre otras.
- ✓ **Cooperación mineras-proveedores industriales para su crecimiento e instalación en Chile:** a través de la generación de alianzas de largo plazo para desarrollar proveedores existentes y atraer grandes proveedores a Chile, mejorando y transparentando la información de demanda futura de bienes e insumos mineros, identificando eventuales distorsiones de mercado que perjudiquen la producción nacional, y vinculando al sector con la investigación tecnológica, entre otros.
- ✓ **Desarrollo de investigación e innovación:** que permita focalizar y potenciar el desarrollo tecnológico involucrando a la gran minería privada e incentivándolas para realizar investigación en Chile. Se requiere propender al trabajo en redes (tipo Amira en Australia) que maximice la utilización de los centros tecnológicos nacionales, así como definir un inventario de proyectos por parte de empresas e investigadores en Chile que sean de interés para la industria sobre la base del Copper Technology Road Map, que está fue desarrollado por las grandes compañías mineras de cobre del mundo, todas ellas operando en Chile, y que permitió definir y priorizar los objetivos y necesidades relacionadas con la tecnología en la industria del cobre en un contexto social, económico y de mercado. Asimismo, la tramitación de patentes y la propiedad intelectual también debieran ser abordados.

Lamentablemente, esta agenda de acciones no logró implementarse, lo cual hubiera constituido un enriquecedor aporte para el crecimiento del sector minero y de Chile.

### 5.3 Hallazgos

Tal como ha venido sucediendo en las últimas décadas, América Latina sigue siendo el destino preferente de los inversionistas extranjeros que emprenden negocios relacionados a la minería. La abundante dotación de riquezas mineras y una institucionalidad favorable comparada con otras regiones geográficas se traducen en el hecho que la región atrae la mayor parte de los gastos de exploración minera y es destino prioritario para materializar importantes proyectos mineros de diversa naturaleza.

Las cifras de inversión proyectadas en el capítulo 3, permiten vislumbrar importantes oportunidades de negocios para los proveedores consolidados en los mercados analizados, así como para el desarrollo sustentable de proveedores mineros locales.

Por una parte, se tiene la presencia con una alta participación de mercado, de proveedores mineros globales de equipos con una alta complejidad tecnológica, como Sandvik, Atlas Copco, Caterpillar, Metso Minerals, entre otros. Estos sustentan sus giros de negocios sobre la base de la diversidad de productos en distintos sectores económicos, con un alto grado de integración vertical y centros tecnológicos y departamentos de ingeniería emplazados en distintos lugares del mundo.

Por otra parte, existen competencias técnicas locales en cada uno de los países en estudio para consolidar nichos de negocios, en rubros como la fabricación de partes y

<sup>228</sup> Fuente: "Ideas para Fortalecer los Encadenamientos de la Minería", por Jorge Bande, en Seminario "El Cluster Minero de Chile", EXPOMIN; Abril de 2004.

piezas, algunos insumos especializados y servicios mineros menos intensivos en conocimiento y requerimientos tecnológicos. Sin embargo, la competencia de las capacidades locales frente a los proveedores globales es una meta que pudiera alcanzarse sólo con un trabajo de mediano o largo plazo.

En este sentido, una estrategia posible sería que algún país se convierta en plataforma de actividades para los proveedores globales. Sin embargo, otra posible estrategia que sería importante explorar es identificar las oportunidades de producir partes para los bienes que producen estas empresas. Es decir, que empresas de la región se puedan insertar a la cadena de producción de estas empresas bajo la modalidad de OEM (Original Equipment Manufacturer).

Una perspectiva de desarrollo en el que la innovación juegue un rol preponderante en la búsqueda de nuevos nichos de mercado y actúe como catalizador en los procesos de aprendizaje y desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas que permitan modificar el escenario actual es sin duda una tarea que deberá articularse para obtener resultados en el largo plazo.

Debe destacarse el hecho que por estar en distintas etapas de desarrollo de su minería, no existe a nivel de la institucionalidad de cada país una instancia técnica consolidada que articule a nivel intergubernamental temas como la estimación de la inversión minera, demanda por bienes, insumos y servicios mineros, desarrollo de proveedores que permitan complementar las capacidades locales en cada uno de los países y otros aspectos que permitirían reforzar iniciativas continentales de fortalecimiento de encadenamientos productivos.

Sólo para mostrar un ejemplo de aplicación, se presentó una estimación preliminar realizada por COCHILCO en relación a la demanda potencial de algunos bienes, insumos y servicios mineros que la industria minera del cobre de estos países requeriría. Esta estimación indica que considerando niveles de inversión y gastos operacionales esta cifra ascendería a US\$ 5.000 millones anuales, a la cual habría que agregarle la demanda de los demás sectores mineros de Brasil, Chile, México y Perú al momento de incluir los proyectos de la amplia gama de productos mineros como hierro, oro, níquel y plata, entre otros.

La revisión de las iniciativas en torno a los encadenamientos productivos refuerza la importancia de la presencia de todos los actores relevantes de la industria minera en las instancias de diálogo que se generen y que tengan por objetivo el desarrollo de productos y servicios que cumplan las exigencias de las empresas mineras o que generen alternativas de desarrollo sustentable en la región.

Mientras en Brasil, los gobiernos estatales han centrado sus esfuerzos en el mejoramiento de la gestión de las empresas que conforman aglomeraciones mineras, en Chile se está trabajando en la capacitación de los proveedores locales en aspectos que se relacionan a la calidad de sus productos y las competencias administrativas de una buena parte de “nuevos empresarios” que una vez adquiridos los conocimientos técnicos en la propia industria minera han creado empresas proveedoras o prestadoras de servicio orientadas al sector minero.

Una de las iniciativas que podría replicarse en otros países de América Latina es el Sistema de Calificación de Empresas Proveedoras de Bienes y Servicios que permite mantener un registro actualizado de las compañías mineras y proveedoras que cumplen con los aspectos administrativos y técnicos que las hace seleccionables en una licitación o adjudicación de un contrato.

En Perú, la ausencia de institucionalidad y los bajos índices de desarrollo económico en algunas regiones apartadas ha motivado a algunas compañías mineras a financiar proyectos de infraestructura vial, hospitales y escuelas. El desarrollo de proveedores es un aspecto que aún muestra niveles de avance incipientes.

En México, la minería ha retomado su importancia en la economía del país. Sin embargo parte importante de los proyectos en carpeta corresponden a joint ventures de exploración o estudios de factibilidad, de manera que estos temas no están aún en discusión.

Gradualmente, algunas compañías mineras con operaciones en la región han comprendido y tomado acciones para cumplir un rol activo en los temas que les compete, pasando de un estado “casi filantrópico” de ayuda a la comunidad al de organismo con “responsabilidad social”, asignándole un carácter estratégico al tema de desarrollo de proveedores, lo que refleja un mayor grado de compromiso en los temas que afectan al desarrollo de las comunidades locales.

Los gobiernos y las organizaciones empresariales han superado antiguas desconfianzas y parecen haber iniciado agendas de trabajo común con las que tanto el sector privado como el país en su conjunto obtengan mutuos beneficios.

La realidad latinoamericana sigue mostrando deficiencias evidentes en la institucionalidad que articula proyectos de ciencia y tecnología aplicados al desarrollo de proveedores locales. Este último punto es quizás el más crucial de todos.

#### **5.4 Bibliografía**

Alves, F., 2006, “Investment plans are expected to exceed US\$ 20 billion in 2008”, Mining & Metallurgy in Brazil, Brazil Mineral, Brasil, 2006.

Aroca, P., 2001, “Impacts and Developments in Local Economies based on Mining: The Case of the Chilean II Region”, *Resources Policy*, 27, p. 119-134

Asociación Corporativa Los Andes de Cajamarca, Informe Anual de Actividades, Cajamarca, Perú, 2005. <http://www.losandes.org.pe/descargas/2005/elfuturosehacehoy.pdf>

Asociación Corporativa Los Andes de Cajamarca, Impacto favorable de la Minería en Cajamarca, Perú, 2005. <http://www.losandes.org.pe/descargas/setiembre/impacto.pdf>

Bercovich, N., 2005, “*De las Aglomeraciones Territoriales a los Sistemas Productivos Locales: El Programa de Fomento a APL en Brasil*”, presentación en Seminario SECyT: “Conglomerados productivos, competitividad, desarrollo local e innovación”, Octubre de 2005, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: [http://www.secyt.gov.ar/pype/seminario\\_conglomerados\\_prod/ponencias\\_seminario/Exposicion es/Nestor%20Bercovich/seminario\\_conglomerados\\_%20NestorBercovich.ppt](http://www.secyt.gov.ar/pype/seminario_conglomerados_prod/ponencias_seminario/Exposicion es/Nestor%20Bercovich/seminario_conglomerados_%20NestorBercovich.ppt)

CESEM, 2005, “Programa Articulando al Sur: Subprograma de Formación de Proveedores Locales”, Presentación en la Convención Minera de Arequipa, Perú, 2005.

Companhia Vale do Rio Doce CVRD, “Reporte Anual 2004”, Brasil, 2005. [http://www.cvrdo.com.br/cvrdo\\_us/hotsites/ra/2004/PDF/ra\\_eng.pdf](http://www.cvrdo.com.br/cvrdo_us/hotsites/ra/2004/PDF/ra_eng.pdf)

CORFO, “Cluster Minero región de Antofagasta”, Informe de Avance de Actividades, Chile, Diciembre de 2005.

Gobierno de Chile, “Guía Minera de Chile 2005/2006”, Editorial Castillo, Chile, 2005.

Gobierno de México, Secretaría de Economía, “Programa Nacional de Desarrollo Minero 2002-2006”, México, 2001. <http://www.economia.gob.mx/pics/p/p518/PCGM2002-2006.pdf>

Gobierno de México, Servicio Geológico Mexicano, “Proveedores de la Minería Mexicana” en “Directorio de la Minería Mexicana Edición 2005”, Capítulo 3, México, 2005.

<http://www.coremisgm.gob.mx/inicio.html>

[http://www.coremisgm.gob.mx/productos/directorio/Directorio2005\\_Cap3.pdf](http://www.coremisgm.gob.mx/productos/directorio/Directorio2005_Cap3.pdf)

Grupo México, “Informe Anual 2004”, México, 2005

<http://www.gmexico.com.mx/Modulos/Finanzas/Publicaciones/Anual/Informe%20Anual%202004.pdf>

Industrias Peñoles, “Conservando Nuestra sustentabilidad: Informe de sustentabilidad 2004, México, 2005

[http://www.penoles.com.mx/penoles/images/inversionistas/introduccion/pdf/PenolesIAM\\_2004.pdf](http://www.penoles.com.mx/penoles/images/inversionistas/introduccion/pdf/PenolesIAM_2004.pdf)

Knight Piésold Consultores S.A., Resumen Ejecutivo de “Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Sulfuros Primarios”, Informe Preparado para Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A, Perú, Junio de 2004.

[http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaam/inicio/resumen/Cerro\\_Verde.pdf](http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaam/inicio/resumen/Cerro_Verde.pdf)

Kuramoto, J., 2001a, “La Aglomeración en torno a la Minera Yanacocha S.A.”, en *Aglomeraciones Mineras y Desarrollo Local en América Latina*, Capítulo VIII, Rudolf M. Buitelaar (Compilador), proyecto IDRC – CEPAL; ISBN: 0-88936-985-2 (CIID), 958-682-330-X (Alfomega S.A.), Noviembre 2001, pp. 159- 184.

Kuramoto, J., 2001b, “El Caso de Tamboraque”, en *Aglomeraciones Mineras y Desarrollo Local en América Latina*, Capítulo IX, Rudolf M. Buitelaar (Compilador), proyecto IDRC – CEPAL; ISBN: 0-88936-985-2 (CIID), 958-682-330-X (Alfomega S.A.), Noviembre 2001, pp. 201- 218.

Lagos, G., “Minería para Siempre”, Gustavo Lagos Editor, Ediciones Universidad Católica, Foro en Economía de Minerales, Centro de Minería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, 2004.

Minería Chilena, 2005, “Compendio de la Minería Chilena”, Minería Chilena, Chile, 2005.

Minera Escondida, “Reporte de Sustentabilidad 2004”, Chile, 2005.

[http://www.escondida.cl/Escondida/pdf/Reporte\\_Sustentabilidad\\_2004.pdf](http://www.escondida.cl/Escondida/pdf/Reporte_Sustentabilidad_2004.pdf)

Minera Yanacocha, “Informe de Responsabilidad Social 2004”, Perú, 2005.

<http://www.yanacocha.com.pe/pdf/dic/balance2004.pdf>

Nogueira, C., Azevedo, E., 2005, “*Sistema do Governo Federal de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável de Arranjos Productivos de Base Mineral*” – Secretário Adjunto SGM / MME y Coordinador da SETEC / MCT, en III Seminário Nacional sobre Política e Economia Mineral (CETEM), Rio de Janeiro, 15 de Diciembre de 2005.

Olivares, G., Valenzuela, A., 2005, “*Oportunidades de Negocios Para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile*” en “Mercado del Cobre y Desarrollo Sustentable en la Minería”, Comisión Chilena del Cobre, Inscripción N° 152.604, ISBN 956-8242-05-8, Capítulo 3, pp. 268-317, Chile, Enero de 2006.

[http://www.cochilco.cl/prensa/libros/libro\\_cochilco-20060126.pdf](http://www.cochilco.cl/prensa/libros/libro_cochilco-20060126.pdf)

Portal Minero, “Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005/2006”, Portal Minero, Chile, 2005.

Programa de Economía de Minerales Universidad de Chile, “Estudio del Mercado Minero Industrial para la Macrozona norte del país”, Informe preparado para CORFO, Universidad de Chile-Departamento de Ingeniería de Minas, Chile, 2005.

Quadrem, 2004, "QUADREM: Habilitando Relaciones de Negocios desde la Industria Minera", presentación realizada en Seminario Internacional "Oportunidades de Negocios en la Minería de América Latina" en el marco de Expomin 2004, Cámara de Comercio de Santiago, Abril 2004.

Salvador, M, "Los proveedores de la minería en Atacama", Informe Preparado para la Corporación para del Desarrollo de la región de Atacama (CORPROA), Copiapó, Chile, Junio de 2004.

Tilton, J., "¿Con los días contados?", Ediciones Universidad Católica, Foro en Economía de Minerales, Centro de Minería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, 2004.

Universidad de Concepción, Universidad de Antofagasta y Universidad Católica del Norte, "Identificación de Oportunidades de Negocios para Proveedores de la Segunda Región en Torno a la Demanda de Bienes y Servicios Requeridos por la Minería", Informe Preparado para la Mesa de diálogo para el fortalecimiento del Cluster Minero de la Región de Antofagasta", Antofagasta, Chile, Febrero de 2005.

### **Páginas web:**

#### **Brasil**

- ✓ Companhia Vale do Rio Doce CVRD, <http://www.cvrd.com.br/>
- ✓ Departamento Nacional de Producción Mineral, <http://www.dnpm.gov.br>
- ✓ Brasil Mining Site, <http://www.brasilminingsite.com.br>
- ✓ Infomine Brasil, <http://brasil.infomine.com/suppliers/categories.asp>

#### **Chile**

- ✓ Infomine Chile, <http://chile.infomine.com/suppliers>
- ✓ Comisión Chilena del Cobre, <http://www.cochilco.cl>
- ✓ Antofagasta Minerals, <http://www.antofagasta.co.uk>
- ✓ Corporación del Cobre (Codelco), [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)
- ✓ Compañía Minera Escondida, <http://www.escondida.cl>
- ✓ Compañía Minera Collahuasi, <http://www.collahuasi.cl/>
- ✓ Compañía Minera Quebrada Blanca, <http://www.qblanca.cl>
- ✓ Compañía Contractual Minera Candelaria, <http://www.phelpsdodge.com>
- ✓ Revista Minería Chilena, [www.mch.cl](http://www.mch.cl)
- ✓ Asociación de Proveedores para la Gran Minería, [www.aprimin.cl/](http://www.aprimin.cl/)
- ✓ Consorcio Chileno Exportador de Equipos, Insumos, Maquinarias y Servicios para la Minería, [www.minexportchile.cl](http://www.minexportchile.cl)
- ✓ Asociación de Industriales de Antofagasta, <http://www.aia.cl>
- ✓ Asociación de Industriales de Iquique, <http://www.industriales.cl>
- ✓ Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama, <http://www.corproa.cl>
- ✓ Corporación de Fomento de la Producción, [www.corfo.cl](http://www.corfo.cl)
- ✓ Cluster Minero de Antofagasta, <http://www.clusterminero.cl/>
- ✓ Centro Tecnológico Minero, <http://www.unapctm.cl>
- ✓ Universidad Católica del Norte, <http://www.ucn.cl>
- ✓ Centro de Entrenamiento Industrial y Minero, [www.ceim-fee.cl](http://www.ceim-fee.cl)
- ✓ Sistema de Calificación de Empresas Proveedoras de Bienes y Servicios, [www.cfm.sicep.cl/index.html](http://www.cfm.sicep.cl/index.html)
- ✓ Prochile, [www.prochile.cl](http://www.prochile.cl)

#### **México**

- ✓ Secretaría de Economía de México, [www.economia.gob.mx/](http://www.economia.gob.mx/)
- ✓ Grupo México, [www.gmexico.com.mx](http://www.gmexico.com.mx)
- ✓ Industrias Peñoles, [www.penoles.com.mx](http://www.penoles.com.mx)
- ✓ Infomine México, <http://mexico.infomine.com/suppliers>



- ✓ Cámara Minera de México, <http://www.camimex.org.mx>
- ✓ MiPYMES: Opciones para el Financiamiento, [http://www.condusef.gob.mx/cuadros\\_comparativos/pymes/fin\\_pymes.htm](http://www.condusef.gob.mx/cuadros_comparativos/pymes/fin_pymes.htm)

**Perú**

- ✓ Infomine Perú, <http://peru.infomine.com/suppliers/categories.asp>
- ✓ Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, <http://www.snmpe.org.pe/>
- ✓ Minera Yanacocha, <http://www.yanacocha.com.pe>
- ✓ Sociedad Minera Cerro Verde, <http://www.phelpsdodge.com/>
- ✓ Ministerio de Energía y Minas de la Republica del Perú, <http://www.minem.gob.pe/>
- ✓ Asociación Los Andes de Cajamarca, <http://www.losandes.org.pe/>
- ✓ Corporación Financiera de Desarrollo, <http://www.cofide.com.pe/>
- ✓ Compañía de Minas Buenaventura, <http://www.buenaventura.com/>
- ✓ Comisión para la Promoción de Exportaciones, <http://www.prompex.gob.pe/>

## 6. EXPERIENCIA INTERNACIONALES

Como se ha señalado anteriormente, es clave el papel que juegan las políticas públicas y la cooperación público – privada en el desarrollo de la innovación tecnológica aplicable a la minería que permita el fomento y desarrollo de empresas mineras, así como proveedoras de ingeniería y construcción, servicios de operación, bienes e insumos mineros.

En este sentido, es interesante analizar iniciativas que se han desarrollado o están en ejecución en países mineros como son Australia, en algunas provincias de Canadá, principalmente Ontario, y en Sudáfrica, donde se están impulsando agendas para aumentar la participación del sector local en el mercado mundial de bienes, insumos y servicios mineros a través de una colaboración público – privada, principalmente en lo referente a I&D. A lo anterior, podría sumarse Finlandia, que si bien ya no es un país que explote recursos minerales en forma masiva, su estrategia de desarrollo estuvo sustentada por esta actividad, donde destacavla la empresa Outokumpu.

Sumado a lo anterior, existen estrategias de proveedores del mismo país, que se han asociado y han diseñado estrategias para posicionarse en los mercados internacionales. Es interesante conocer su forma de actuar, sus políticas y perspectivas futuras. Esto puede servir de referencia para países de América Latina con una gran minería y con un potencial futuro interesante, que además pretenden ser líderes en América Latina como plataforma de negocios, queriendo a su vez consolidar clusters mineros o potenciar encadenamientos productivos, donde los proveedores de bienes y servicios son fundamentales para el desarrollo del mismo<sup>229</sup>.

### 6.1 Introducción

Las experiencias exitosas de los países que lograron adquirir ventajas competitivas en la producción minera y luego trasladarlas hacia otros sectores industriales menos dependientes del recurso natural tienen que ser analizadas bajo una perspectiva de largo plazo. Ese traslado o formación de nuevas ventajas competitivas no se genera de una década a otra sino que implica la acumulación de capacidades tecnológicas a lo largo de los últimos dos siglos.

¿Qué condiciones se dieron para que los países analizados a continuación tuviesen esa visión de largo plazo?. No son iguales en los diferentes países. En algunos, como Finlandia, aparentemente su situación geográfica (alejados de Europa) y política (amenazados constantemente por Rusia) los obligó a buscar soluciones internas para sus problemas tecnológicos. En otros, como Sudáfrica, el doble rol de empresas mineras, como operadores y casas financieras, logró que la investigación para solucionar problemas tecnológicos de las operaciones no tuviese problemas de financiamiento.

En todo caso, las condiciones no pueden ser replicables, pero algunos elementos de las estrategias seguidas por estos países podrían ser tomados en cuenta por países ricos en recursos naturales que tienen la preocupación por aprovechar las rentas generadas por las actividades extractivas de una mejor manera. Algunos de estos elementos son:

- ✓ **Larga tradición minera.** Todos los países analizados tienen una larga tradición minera. En la mayoría de ellos, la minería moderna tiene más de dos siglos de funcionamiento. En todos esos años se ha acumulado una serie de

---

<sup>229</sup> Para el desarrollo de este capítulo se recibió el aporte de Juana Kuramoto de Grade, Perú. También se agradecen los comentarios y sugerencias de Indira Singh del Ontario Ministry of Northern Development and Mines, Thunder Bay, CANADA.

habilidades y conocimiento que no sólo se ha puesto al servicio del sector sino que también se ha trasladado hacia otros sectores a través de la capacidad ingenieril. Este traslado está tratando de ser intensificado en Sudáfrica a través del concepto de migración lateral de tecnologías.

- ✓ **Preocupación temprana por hacer el mapa geológico.** En todos los países se han hecho esfuerzos por construir un mapa geológico de la zona en donde se encontraron los primeros yacimientos y luego de todo el país. Estos mapas sirvieron de guía para hacer más prospecciones y exploraciones. De hecho, algunos países obligan a las empresas a entregar sus resultados de la exploración cuando éstas deciden abandonar el yacimiento. Esta información se vuelve pública luego de un periodo. La construcción de estos mapas formó una masa crítica de geólogos que luego podían trasladarse al sector privado con sus habilidades (generando así spillovers incorporados al capital humano).
- ✓ **Inversión en infraestructura que permite el desarrollo de poblados y de otras actividades.** El descubrimiento de yacimientos mineros y su explotación tuvo como resultado la construcción de infraestructura. La construcción de caminos y de otro tipo de infraestructura, muchas veces inversiones conjuntas entre empresas y gobierno, generó la formación de poblados y la posibilidad de realizar otras actividades económicas. En cierto modo, este modelo de desarrollo se podría considerar como de Big Push o el modelo canadiense (Staple Theory), a diferencia a otros países mineros en los que se establecieron enclaves económicos. Este tipo de desarrollo generó fuertes complementariedades económicas, que unidas a una masiva educación sentaron las bases para un desarrollo económico.
- ✓ **Establecimiento de escuelas y centros de investigación.** En todos los países se establecieron escuelas técnicas y universidades para apoyar a la actividad minera. Quizá la gran diferencia es que estos centros de enseñanza e investigación fueron diseñados para satisfacer las necesidades de la industria. En algunos lugares, se crean con donaciones de empresarios mineros, en otros los empresarios forman parte del directorio, pero en todos está presente el sector privado.
- ✓ **Importancia de la investigación aplicada.** Debido a la presencia del sector privado, la investigación es principalmente aplicada y dirigida a resolver problemas presentes en las operaciones mineras. El balance entre la investigación básica y aplicada es difícil de lograr e, incluso hasta el día de hoy se aprecia en los planes de algunos países la preocupación porque la investigación atienda las necesidades de la industria.
- ✓ **Colaboración entre el sector privado y el sector público.** En casi todos los países se ha dado una estrecha colaboración entre el sector público y el privado o, de manera más general, entre el sector productivo y el no productivo. Las asociaciones productivas definen agendas de investigación, las cuales son llevadas a cabo por las universidades y/o centros de investigación. La información encontrada no trata directamente el tema de la propiedad intelectual que es indispensable para sentar las bases y para preservar el funcionamiento de este tipo de colaboración.

A continuación se entrega un breve resumen de las principales iniciativas y políticas de la innovación tecnológica con énfasis en la minería, así como para el desarrollo y el fortalecimiento de los encadenamientos productivos y de la visión de los proveedores en los países mencionados anteriormente.

## 6.2 La Experiencia Australiana

La minería en Australia también tiene larga data, desde mediados del siglo XIX. Pero es a partir de los 1950s en que se desarrolló una minería de clase mundial en este país. Al igual que en Estados Unidos y Canadá la realización del mapa geológico juega un rol fundamental en el desarrollo de la minería moderna de este país<sup>230</sup>.

El mapa geológico impulsó la exploración y atrajo a empresas extranjeras al país. Estas empresas trajeron su tecnología pero también se tuvieron que hacer adaptaciones para adecuarse a las condiciones desérticas en las que se encontraban los yacimientos.

Las escuelas de minas se establecieron a partir de 1871. La Universidad de Melbourne empezó a dictar cursos de minería en la Facultad de Ingeniería. Asimismo, una serie de asociaciones de profesionales relacionados con la minería se formaron desde finales de siglo. A partir de 1924, cuando se crea una cátedra en metalurgia, se entrena a una generación de profesionales que empezaron a ocupar cargos en la industria, el gobierno y centros de investigación. A través de la Universidad de Melbourne se crearon varios centros de investigación como: el Australasian Institute of Mining and Metallurgy, la Sociedad Geológica, la Academia de Ciencias, entre otros. Es importante mencionar que en operaciones australianas se desarrollaron tecnologías como la flotación y el uso de cianuro para extraer oro, que ahora son de uso común en el mundo entero (Australian Science and Technology Heritage Center, 2000)<sup>231</sup>.

Además, hay una serie de instituciones públicas y privadas que participan en esquemas de cooperación, lo cual genera sinergias, y existe una participación importante del sector privado en los centros de investigación privados, como se muestra a continuación.

### 6.2.1 Estrategias de Cooperación en Tecnología

En el “modelo australiano” en materia de innovación y tecnología, particularmente en la explotación de recursos naturales, actúan varias instituciones, como se muestra en el siguiente esquema (Eamon, 2006):



<sup>230</sup> Australian Bureau of Statistics (2000). "The Australian Mining Industry: From Settlement to 2000". Ver: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/94713ad445ff1425ca25682000192af2/93136e734ff62aa2ca2569de00271b10!OpenDocument>

<sup>231</sup> Australian Science and Technology Heritage Center (2000). "Technology in Australia: 1788-1988". Ver: <http://www.austehc.unimelb.edu.au/tia/704.html>

Como se muestra en la figura anterior, existen varios esquemas de participación, ya sea, bilateral o tripartita, donde las características de las principales instituciones participantes son analizadas a continuación:

#### **4.2.1.1 CSIRO (Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization)**

CSIRO es la Organización de Investigación Industrial y Científica del Commonwealth financiada por el Gobierno de Australia, y es una de las más grandes y diversificadas instituciones de investigación científica del mundo, contando con un equipo de 6.500 investigadores que trabajan en 22 sectores en las áreas de agricultura, minerales y energía, manufactura, comunicaciones, construcción, salud, medioambiente, entre otras.

Si bien tiene una gran cantidad de empleados, lo cual podría ser una desventaja en términos de sustentabilidad económica, es una ventaja en términos de mantener su “stock” de capital humano.

Específicamente, en el sector minero enfoca su investigación en: la exploración de minerales y minería, procesamiento de minerales y producción de metales, donde destaca el QCAT (Queensland Centre for Advanced Technologies), que es un centro de clase mundial para la investigación y el desarrollo de todos los aspectos de la industria de la minería, energía, manufactura e industrias asociadas a CSIRO. Generan productos y procesos de alta calidad con el objetivo de incrementar la competitividad internacional y eficiencia de Queensland y Australia en las industrias mencionadas.

#### **4.2.1.2 Centros de Investigación Cooperativos (CRC) y Especiales**

Este es un programa liderado por el gobierno australiano, con la participación de empresas y universidades, donde los fondos son financiados en más de un 50% por el gobierno, y los presupuestos cubren 7 años (más o menos A\$ 35 millones). Las investigaciones están enfocadas en áreas específicas, y su éxito ha sido variado, ya que a veces los investigadores tienden a seguir líneas de investigación propias, y no las de la industria. Desde 1991, existen más de 70 centros en: tecnología y manufacturas, minería y energía, telecomunicaciones, agricultura, medioambiente, medicina, entre otros. Algunos ejemplos en el sector minero son:

- ✓ AJ Parker centro de hidrometalurgia, Universidad de Murdoch
- ✓ CRC Mining, Universidad de Queensland
- ✓ Ian Wark Institute, Universidad de South Australia

CRC Mining es un centro de investigación establecido bajo la tutela del gobierno australiano para incentivar los vínculos y acciones conjuntas entre la industria, universidades, centros de investigación e instituciones de gobierno, con el fin de convertir a Australia en el líder mundial en la introducción y explotación de sistemas mineros innovadores. La misión del CRC Mining es desarrollar tecnologías y procesos para mejorar las prácticas mineras, administrar riesgo y mejorar el rendimiento de las operaciones mineras<sup>232</sup>.

#### **4.2.1.3 Amira (Australian Minerals Industry Research Association)**

Amira es una entidad privada (estilo broker) financiado con honorarios y cuotas de socios sin fines de lucro, que maneja investigaciones a nivel internacional para sus miembros en una forma colaborativa, facilitando el avance tecnológico de sus más de

---

<sup>232</sup> Más detalles en: CRC Mining: <http://www.crcmining.com.au/>

80 socios<sup>233</sup>. AMIRA proporciona un foro donde la industria se puede reunir, cooperar y formar redes, y estimula centros de investigación locales de varios países para colaborar en consorcios internacionales.

Las propuestas de proyectos son presentadas por las empresas socias y universidades, e incluyen el monto y plazo del proyecto, la cual circula entre los miembros quienes deciden su apoyo de financiamiento, en función de sus prioridades de desarrollo tecnológico. La patente de investigación es compartida por los miembros financistas de cada proyecto, en función de su aporte económico.

Un proyecto interesante desarrollado por AMIRA para las principales compañías productoras del cobre en el mundo fue el “Copper Technology Roadmap”<sup>234</sup>, cuyo objetivo fue definir y priorizar las necesidades tecnológicas a largo plazo para la industria del cobre, definiéndose once áreas prioritarias, donde las compañías pueden colaborar y realizar investigación pre-competitiva. Estas prioridades, categorizadas según importancia son:

- ✓ **Prioridad mayor:** optimización mina a metal, modelo de sustentabilidad integral, conminución inteligente, uso más eficiente del agua.
- ✓ **Alta prioridad:** sistemas mineros inteligentes, minería in-situ, control de procesos globales en tiempo real, base de datos de intercambio de conocimientos, diseño para el cierre.
- ✓ **Prioridad:** tecnología para el procesamiento en seco, manejo de sub-productos.

Cabe señalar que en febrero de 2006, Amira International anunció la instalación de nuevas oficinas en Latinoamérica y Norteamérica para otorgar a sus empresas asociadas en esas regiones un mejor acceso global a investigación y desarrollo de excelencia en minería. Esto es un importante avance, ya que aunque las empresas miembros de Amira son empresas globales desde hace tiempo, hasta ahora la mayoría de los proveedores de investigación habían sido instituciones australianas, con una creciente participación de instituciones sudafricanas.

Según Deming Whitman, CEO de Amira International, el involucramiento con investigadores fuera de estos dos países ha sido intermitente, entonces, el tener presencia local y en alineamiento con los intereses de las empresas miembros, permitirá asegurar la construcción de una red igual de exitosa en América y demostrar la real naturaleza internacional de la organización.

#### 4.2.1.4 Minerals Council of Australia (MCA)

El Consejo Minero de Australia es el organismo privado más importante de la industria minera en Australia. Representa nacional e internacionalmente a empresas australianas de exploración, minería, industria procesadora, en su contribución al desarrollo sustentable, a la calidad de vida de sus individuos y a la sociedad australiana en su conjunto. Los miembros de la MCA representan el 85% de la producción australiana de minerales.

Su ámbito de acción está enfocado en la relación entre la industria, comunidad y gobierno, y tiene iniciativas en las áreas de educación y sustentabilidad. Si bien no jugó ningún rol en el desarrollo de instituciones de I&D, y el componente de tecnología de su trabajo es muy pequeño (excepto como “caja de resonancia”), participa en

---

<sup>233</sup> Más detalles en: [www.amira.com.au](http://www.amira.com.au)

<sup>234</sup> Las empresas mineras socias principales de este proyecto son: Rio Tinto, Phelps Dodge Services, WMC, Antofagasta PLC, Codelco, BHP Billiton y Anglo American. Más las asociadas MIM y Teck Cominco.

muchas instancias a través de sus empresas socias en los distintos estados federales de Australia.

Por ejemplo, los centros de investigación universitarios son un buen aporte para la industria. Sus directorios están compuestos por más del 50% de representantes de la industria, y realizan investigaciones enfocadas en áreas específicas, como el *Julius Kruttschnitt Minerals Research Centre*, que es uno de los ocho centros del Sustainable Minerals Institute (SMI) de la Universidad de Queensland<sup>235</sup>.

Según Eamon (2006) algunas lecciones aprendidas de lo señalado anteriormente podrían ser las siguientes:

- ✓ Evitar investigación dirigida por partes externas a la industria (ejemplo: académico, político, burocrático).
- ✓ Las universidades tienden a tener expectativas irreales con respecto a sus retornos comerciales.
- ✓ Combinar centros de investigación con capacidades especializadas, suficientes recursos humanos y conocimiento profundo, dedicados a un rango de servicios como investigación básica, investigación aplicada y asesoría.
- ✓ Creación de “ciudades/parques tecnológicos” con empresas/centros de investigación (centros neurálgicos del network tecnológico); investigando, asesorando, exponiendo, conversando más que solamente respecto de la minería, para asegurar el intercambio de innovación entre industrias y el desarrollo de redes.

## 6.2.2 Austmine (Asociación de Exportadores Mineros de Australia)

En los últimos años, el sector minero australiano ha estado siguiendo una organización de su producción similar a lo vivido por África del Sur. Grandes grupos mineros como BHP, exhibieron ineficiencias que forzaron un cambio en la forma de hacer sus negocios, siguiendo la desintegración vertical, integración horizontal y la especialización<sup>236</sup>. Esto ha hecho emerger proveedores altamente especializados en la industria, lo que esta creciendo y expandiéndose rápidamente al exterior (Urzúa, 2003).

Para lo anterior, las compañías proveedoras australianas han hecho un esfuerzo concertado para penetrar en los mercados internacionales con sus productos mineros. Las compañías mineras australianas que suplen equipos, tecnología y servicios se ven apoyadas en sus actividades internacionales de comercialización por una sociedad compuesta por Austmine, la división dedicada al desarrollo del comercio internacional propio de la industria y Austrade (Comisión de Comercio del Gobierno de Australia), dedicada a promover las exportaciones australianas.

Austmine cuenta con más de 130 compañías socias, que proporcionan servicios de apoyo a la minería, y cuyo cometido es suplir productos, tecnologías y servicios de innovación y eficiencia en materia de costos a compañías mineras internacionales<sup>237</sup>. Sus lazos con Austrade permiten que sus miembros puedan tener una amplia red de

<sup>235</sup> Más detalles en: <http://www.smi.uq.edu.au>

<sup>236</sup> **Integración Vertical de la Producción:** Se dice que existe una integración vertical cuando una firma se fusiona con otra que opera o realiza diferentes etapas de un proceso de producción. Y el opuesto a este proceso, es decir, desintegración vertical, cuando existe un quiebre de un proceso productivo, que se desprende de una firma, el cual será llevado por otra firma, este proceso es distinto a los que realiza la firma de la cual se desprendió el proceso. **Integración Horizontal de la Producción:** Se le dice a la fusión de 2 o más firmas que realizan el mismo proceso productivo y fabrican el mismo producto. El opuesto a esto es la desintegración Horizontal, lo que implica la separación de una firma en dos o más, las cuales producirán el mismo producto.

<sup>237</sup> Las compañías miembros de Austmine, que se caracterizan por su alto nivel competitivo, se especializan en una gran variedad de actividades mineras, como ser: Exploración de minerales, Sistemas de software minero, Minería por contrato, Tecnología de ambientes seguros para la minería, Gestión y rehabilitación ambiental, Tecnología del procesamiento del oro, Operaciones de minería de aluviones y arenas minerales, Educación y capacitación, Sistemas de movimiento de materiales, Mantenimiento y tecnología minera, Investigación y desarrollo de la minería y el procesamiento, y Materiales y accesorios de consumo, entre otros.

contactos alrededor del mundo. Asimismo, los proveedores australianos tienen dentro de su estrategia de posicionamiento en los mercados externos, una estrecha colaboración de la embajada y agregados comerciales, lo que sin duda sirve de respaldo a la hora de gestionar negocios con empresas mineras de cada país (Lemieux, A. 2000).

En 1998, los miembros de Austmine exportaron bienes y servicios mineros valuados en más de US\$ 767,8 millones (A\$ 1000 millones) (Lemieux, A. 2000). Según ABARE (2005), en el período 2004-05 se exportaron cerca de US\$ 952 millones (A\$ 1.240 millones) en servicios tecnológicos mineros, según la Tabla 6.1:

**Tabla 6.1. Bienes y Servicios Mineros exportados por los miembros de Austmine**

Empresas	Ventas,		Exportaciones		Empleo	Clasificación empleo
	A\$	%	A\$	%	N°	
Grandes	3.844	87%	1.074	86%	14.300	> 50 personas
Medianas	377	8%	121	10%	1.880	10,01 – 50 personas
Pequeñas	2127	5%	53	4%	594	0,01 – 10 personas
<b>Total</b>	<b>4.430</b>	<b>100%</b>	<b>1.240</b>	<b>100%</b>	<b>16.774</b>	
<b>Principales servicios tecnológicos</b>						
Exploración y otros servicios mineros	2.250		613		Los principales destinos de las exportaciones son Indonesia (A\$ 382 millones), China (A\$ 90 millones), otros países del este y sudeste de Asia (A\$ 319 millones), Norteamérica (A\$ 109), y América Central y del Sur (A\$ 68 millones)	
Maquinaria y equipos	1.110		306			
Servicios computación	564		267			
Servicios técnicos	320		44			

Los gastos en investigación y desarrollo de las empresas de servicios tecnológicos mineros alcanzaron en el período 2004-05 a cerca de A\$ 350 millones, y se estima que para el período 2005 – 2006 las ventas del sector alcancen a A\$ 5.600 millones, mientras las exportaciones alcanzarían a A\$ 1.900 millones.

Un factor importante para el crecimiento del sector proveedor minero australiano ha sido el acceso a mercados financieros e inversiones de capital (Urzúa, O. 2003). Lo que es fundamental a la hora de querer dar un salto cualitativo y cuantitativo, que permita a los proveedores expandir sus negocios a otros mercados.

Una de las ventajas particulares de Austmine es poder coordinar consorcios de compañías miembros para proyectos específicos en el caso que fuera necesario reunir una serie de equipos, tecnología y servicios particulares. A tal efecto, se pueden coordinar paquetes completos de servicios y equipos a un costo efectivo para todos los aspectos relacionados con la exploración, desarrollo y gestión de minas.

Las compañías miembros cubren todos los aspectos de apoyo a la industria minera; 55% de ellas exporta productos mineros y 61% exporta servicios mineros. Más del 60% de sus miembros han estado exportando por más de cinco años (Austmine, 2001). El compromiso que Austmine tiene hacia un desarrollo con visión de futuro se refleja en la visión y misión que se ha trazado: “*Visión: Australia - la opción del No. 1 del mundo para equipos, tecnología y servicios para la minería; Misión: Aumentar las ventas de exportación de todos los miembros*”. Para lo anterior, un instrumento clave de cooperación público – privada ha sido la Agenda de Acción para los Servicios de Tecnología Minera.



### 6.2.3 Agenda de Acción para los Servicios de Tecnología Minera

Hoy la industria de servicios tecnológicos mineros (STM) australianos ha establecido como meta liderar el abastecimiento tanto en experiencia y tecnología minera. El Departamento de la Industria, Turismo y Recursos de Commonwealth está liderando en colaboración con la industria de STM el programa: “Mining Technology Services Action Agenda”, cuya visión hacia el año 2010 para el futuro del sector es “Establecer a la industria de servicios de tecnología minera de Australia como líder mundial en el suministro de experiencia y tecnología minera, con un objetivo de A\$ 6.000 millones en exportaciones hacia el año 2010 (Mining Technology Services Action Agenda, 2003).

Un Grupo Estratégico público – privado identificó y estableció 4 temas fundamentales para el logro de sus objetivos:

- a) **Unificar el Sector:** Las compañías australianas del sector de servicios tecnológicos mineros (STM) necesitan aplicar estrategias de innovación para el crecimiento de su mercado de acción y mayor competitividad internacional. La estructura fragmentada actual del sector STM es el mayor obstáculo que podría afectar el crecimiento y eficiencia del sector. El sector de STM necesita desarrollar una mayor colaboración en la estructura de la industria si es que quiere crecer a un nivel más global. Una mayor colaboración entre las compañías del STM permitiría al sector lograr una imagen de unificación a nivel nacional. Esto ayudará a promover las capacidades del sector e identificar los potenciales mercados de exportación a los que se podría apuntar colectivamente, de esta forma se reduciría la exportación fragmentada y los costos asociados.
- b) **Innovación a través de la Tecnología:** el 60% de las operaciones de explotación minera del mundo ahora utilizan software desarrollados por compañías australianas<sup>238</sup>. La investigación en el sector de STM ofrece enormes potenciales para que la industria global de minerales mejore su productividad complementándose con las necesidades de la comunidad en términos de la responsabilidad social y ambiental. La transferencia de las tecnologías del sector STM a otras industrias también provoca ventajas significativas a estas. El sector proporciona una demostrable plataforma para el desarrollo tecnológico y con esto se consigue un crecimiento en el conocimiento de Australia y fomenta la adquisición de habilidades y de entendimiento de áreas que emergen de importantes investigaciones.
- c) **Atracción de Inversiones:** Es uno de los desafíos al que hace frente el sector STM y que está aumentando la presión en términos del financiamiento, y en el particular el acceso a capital para la empresa. El acceso a los mercados financieros y al capital de inversión es un factor importante en la capacidad del sector de STM para desarrollar y comercializar tecnología. También afecta la capacidad de las compañías de desarrollar estrategias y estructuras de negocio. Colocar en conocimiento a la comunidad financiera del trabajo del sector y acentuar su naturaleza altamente técnica es esencial para mejorar la capacidad de atraer financiamiento.
- d) **Implementar e-Business:** Los cambios recientes en la tecnología de las comunicaciones, en medios cada vez más sofisticados como el e-business, dan una ventaja a las compañías de Australia del sector STM. Anteriormente sólo un grupo de compañías multinacionales dominaba el comercio internacional de STM, mientras que hoy, el e-business permite a cualquier compañía de STM con un producto o un servicio competitivo o único participar en el mercado global. El sector está en una posición única para aprovechar los cambios estructurales en la economía global, pues poseen una base local fuerte y sofisticada para apoyar la innovación de la industria, y penetrar en mercados internacionales altamente competitivos. Para mantener su importancia actual, las compañías necesitan asegurarse de liderar la industria global, no sólo en la innovación y el desarrollo tecnológico de productos, sino también en su respuesta a los cambios que le presenta el mundo actual. Fundamental

<sup>238</sup> En particular sobre los proveedores de software, estos se están utilizando especialmente en sistemas mineros subterráneos con contratos en China, Indonesia, Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Polonia, Sudáfrica, Vietnam, entre otros.

para la sustentabilidad de las compañías australianas de STM será la capacidad de adaptarse a la globalización con reducción en costos, mejoras en eficiencia de respuestas en línea de sus requerimientos y entender las nuevas oportunidades de una red disponible para ellas.

En el informe de ABARE (2005), se consultó sobre el funcionamiento de esta Agenda, y más de un 40% de los encuestados indicó que ésta ha ayudado a incrementar el reconocimiento del sector, y cerca de un tercio indicó que ha habido un crecimiento del sector.

### **6.3 La Experiencia Canadiense**

Canadá es un país con una larga tradición minera<sup>239</sup>. A mediados del siglo XIX se empieza a evaluar los recursos mineros en las provincias de Ontario y Québec. Años más tarde se elaboró un mapa geológico de Canadá. Al igual que en Estados Unidos, se dio mucha importancia a la recopilación y sistematización de la información geológica. Del mismo modo, la educación técnica y científica en geología, minería y metalurgia ha sido financiada por el sector público lo que generó que se estableciese una masa crítica de profesionales y técnicos para la industria.

Por otro lado, las empresas mineras que iniciaron la explotación minera han sido empresas locales. INCO y Falconbridge son las empresas canadienses que se establecieron en Sudbury a inicios del siglo XX. Un análisis de la conducta de estas empresas frente a aquellas transnacionales que iniciaron operaciones en países como Chile, Perú y México sería necesario explorar. Un tema a analizar es su conducta tecnológica frente a la solución de problemas, ya que estas empresas canadienses tenían operaciones integradas (explotación, beneficio, fundición y refinación) a diferencia de las operaciones en países menos desarrollados.

El aporte de las universidades canadienses a la investigación ha sido crítico por su rol en las actividades de investigación y capacitación y su relación con el núcleo minero. Es importante mencionar la estrecha relación entre ellas y algunas instituciones estatales. Por ejemplo, en la Universidad Laurentian de Ontario se encuentran ubicadas las oficinas del Ontario Geological Service y del Ontario Geoscience Laboratory. Asimismo, varios de los centros de tecnología minera han sido creados en conjunto entre empresas y universidad.

De la experiencia canadiense, se puede apreciar también la búsqueda de complementariedades a través de la red de centros tecnológicos y la promoción de clusters en diferentes disciplinas científicas.

La interacción entre industria y centros de investigación sigue siendo una prioridad para el sector. El sector en su conjunto es consciente que hay una serie de problemas tecnológicos a resolver y que es imprescindible asegurar fondos para financiar esta investigación.

Ritter (2001) ha señalado que la fortaleza de la aglomeración productiva en torno a la minería, se ha basado principalmente en su generosa dotación de recursos minerales y su evolución de explotación, así como de todas las actividades vinculadas que se han desarrollado en los últimos 20 años. Los principales factores, que explicarían este desarrollo son:

- ✓ Tamaño y diversidad de los recursos minerales.
- ✓ La proximidad a los principales mercados.

---

<sup>239</sup> Ver: Ritter, A. (2001). "La aglomeración en torno a la minería en Canadá: estructura, evolución y funcionamiento"; en Buitelaar, R. Aglomeraciones Mineras y Desarrollo Local en América Latina, Bogotá: CEPAL, IDRC, AlfaOmega.

- ✓ La estrecha vinculación con algunos centro de innovación tecnológica.
- ✓ El desarrollo de un sector de productores de maquinarias y servicios mineros en estrecha colaboración con las empresas mineras.
- ✓ Un sector financiero, en particular la bolsa de valores, que ha entregado capital de riesgo para la exploración en Canadá y el resto del mundo.
- ✓ La difusión de la información, a través de una prensa especializada en minería.
- ✓ La política pública: generación de información geológica, inversión en la formación de recursos humanos especializados, en infraestructura de transporte y en investigación minera, apoyo al comercio internacional y la promoción de una cultura minera en general, entre otros.

A continuación se describen y analizan algunos de estos tópicos:

### 6.3.1 Políticas para el desarrollo tecnológico

Actualmente, Canadá invierte en I&D cerca del 1,9% de su PIB, tomando en cuenta todos los sectores industriales, donde un 50% es aportado por el Estado, principalmente a través de sus investigaciones y programas tecnológicos. Por su parte, en el año 2004, la industria minera de Canadá (591 empresas) gastó Can\$ 333 millones en nuevas tecnologías (31 en minería, 204 en fundición y refinería, 98 en manufactura de metales), con el objetivo de hacer sus operaciones más eficientes. La I&D representa menos que el 0,8% del empleo total de la industria (3.067 personas) pero más del 3.0% del total de empleos en I&D en Canadá.

Específicamente, la “2004 Canadian Corporate R&D Database”, indicó que las compañías mineras representan “2 de los top 40” (Alcan, 8; y Syncrude, 38), y “7 de los top 100” sectores privados que invirtieron en nuevas tecnologías en el año 2003, donde destacan Alcan (US\$ 196 millones), Syncrude (US\$ 50 millones), INCO (US\$ 38 millones), Noranda (US\$ 25 millones), Falconbridge (US\$ 18 millones), Rio Tinto Iron and Titanium (US\$ 15 millones), y Suncor (US\$ 15 millones) representando entre 0,2% y 2,0% de las ventas totales anuales de las compañías mineras (MAC, 2005).

Cabe señalar, que la industria no utiliza en forma masiva los créditos tributarios para I&D. Las compañías con minas en operación invierten importantes sumas en I&D, directamente vía contratos con organizaciones de investigación o internamente, o a través de la compra de tecnologías desarrolladas por terceras partes, sin hacer usos de los incentivos fiscales. Sólo cerca de un 25% es investigación contratada a terceras partes y sólo tres de diez compañías participan en consorcios tecnológicos. Además, a mayor escala, los proyectos importantes y estratégicos no son llevados a cabo por falta de fondos. Este actual enfoque fragmentado para investigar también genera duplicación en algunas áreas y falta de investigación en otras (OMICC, 2005a).

El sector minero está conciente de los desafíos que enfrentará su actividad en las próximas décadas, principales en temas operacionales (métodos mineros, costos operacionales, medioambiente subterráneo, etc.), competencia desde países en desarrollo, disponibilidad de mano de obra, imagen pública de la industria, disponibilidad y acceso a los recursos mineros, variabilidad en el precio de los metales, etc., y en este sentido, la I&D es un paso vital para mantener y mejorar la productividad del sector.

En este contexto, y con el objetivo de orientar de mejor formar los esfuerzos de investigación requeridos, la SOREDEM<sup>240</sup>, la unidad de investigación y desarrollo de la Asociación Minera de Canadá solicitó a CANMET-MMSL<sup>241</sup> llevar a cabo un proceso

<sup>240</sup> SOREDEM: Sociedad de Investigación y Desarrollo Minero (Société de recherche et développement minier).

<sup>241</sup> CANMET-MMSL: CANMET Mining and Mineral Sciences Laboratories.

de consulta con representantes de la industria minera de Canadá, para determinar los principales ejes de investigación que permitirán incrementar la productividad y mejorar la salud y seguridad en las minas subterráneas, y presentar un Plan de Acción (Laverdure and Fecteau, 2004).

Del proceso de consulta, los participantes identificaron los siguientes principales ejes de investigación, en orden decreciente de importancia:

- ✓ **Perforación y tronadura:** nuevos métodos y equipamiento,
- ✓ **Ingeniería y medioambiente físico:** mejoramiento del medioambiente de trabajo y vida subterráneo,
- ✓ **Ingeniería extractiva:** enfoque conceptual de métodos mineros, y
- ✓ **Backfill (rellenos) y temas relacionados:** mejoramiento de los métodos existentes de producción y transporte de rellenos y desarrollo de nuevos métodos.

Asimismo, los participantes señalaron que para obtener óptimos resultados es necesario que cada actor relevante asuma un rol específico, el cual servirá para mejor orientar y estructurar los esfuerzos en I&D. Los principales roles son:

- ✓ Compañías mineras: financiar iniciativas de investigación, en un espíritu de cooperación, con impactos en el corto, mediano y largo plazo sobre los costos de producción.
- ✓ Centros de investigación y universidades: estas organizaciones debieran tener una visión a mediano y largo plazo de I&D con el objetivo de proponer conceptos innovadores y realizables.
- ✓ Pequeñas y medianas empresas, proveedores: en cooperación con todos los actores relevantes de investigación, estas entidades debieran ofrecer servicios de punta, y desarrollar y construir equipos innovadores que cumplan los requerimientos de los operadores mineros.
- ✓ Gobiernos: proveer apoyo financiero estable y continuo para iniciativas de investigación internas y externas, y apoyar los esfuerzos requeridos para la demostración e implementación de nuevos proceso de producción.

El Plan de Acción señala que si el país desea asegurar su presencia y preservar el liderazgo actual en el sector de minería subterránea global, es necesario que se inviertan aproximadamente Can\$ 80 millones anuales por los próximos 10 años. En el presente, la industria minera canadiense contribuye con Can\$ 40 millones en este tópico<sup>242</sup>, por lo tanto ya aporta su participación, esto es el 50% de la inversión en I&D requerida. Por otra parte, los aportes a largo plazo por parte del gobierno federal y provinciales sólo alcanzan a Can\$ 5 millones por año. Se estima, que para todos los sectores de la minería, la inversión anual en I&D debiera ser de Can\$ 150 millones anuales (Laverdure and Fecteau, 2004).

En el largo plazo, el Plan de Acción sugiere un sistema estructurado de coordinación e intercambio con los siguientes objetivos:

- ✓ Orientar fondos hacia ejes de investigación de más alta prioridad, los cuales sean administrados en un "partnership federal-provincial-industria".
- ✓ Elaborar y establecer un mecanismo de colocación de fondos que minimice el tiempo requerido para encontrar financiamiento.
- ✓ Seleccionar uno o más colaboradores capaces de asegurar la introducción eficaz y seguimiento a las nuevas tecnologías de minería subterránea, y
- ✓ Asignar contratos de I&D de acuerdo a la experiencia de los investigadores, su habilidad para terminar proyectos con éxito, su acceso a equipos y laboratorios, y su capacidad para construir alianzas estratégicas con el objetivo de obtener resultados concretos en un plazo de tiempo establecido.

---

<sup>242</sup> La industria minera subterránea ya contribuye con Can\$ 30 millones por año, y aporta Can\$ 10 millones adicionales en forma de colaboraciones.

Finalmente, se propone la formación de un corredor de excelencia entre el norte de Ontario y el norte de Québec, como un interesante concepto a desarrollar, dada la masa crítica y las alianzas potenciales que pudieran formarse entre compañías mineras, proveedores, centros de I&D, e instituciones educacionales instaladas en estas regiones. Cabe señalar que en Ontario ya está en funcionamiento el Cluster Industrial Minero de Ontario, que se describe más adelante, y en Québec, se estaría implementando el cluster Québec llamado MISA, Minería, Innovación, Solución y Aplicación.

### 6.3.2 Centros y clusters tecnológicos

En el ámbito minero, el Ministerio de Recursos Naturales (NRCan) realiza investigación a través del **Centro Canadiense de Tecnología Minera y Energética (CANMET)**. La sección de tecnología mineral (MTB) está compuesta por dos laboratorios enfocados en las ciencias de la minería y los minerales y las tecnologías de los materiales. Además, existe la División Regulatoria de Explosivos que administra las leyes y normas de explosivos, y cuenta además con un grupo de servicio de ingeniería y técnico. Importantes logros han sido realizados en la investigación de nuevas tecnologías para el tratamiento del drenaje ácido (Programa MEND), y a través de la red Biominet, respecto al tratamiento de efluentes mineros con bacterias<sup>243</sup>.

En este ámbito de las manufacturas existe el Programa de Tecnologías de Manufacturas del Consejo de Investigación Nacional (NRC), que realiza investigación a través de 4 centros ubicados a lo largo del país<sup>244</sup>: Instituto de Materiales Industriales, IMI (Boucherville), Instituto para Procesos Químicos y Tecnología Ambiental (Ottawa), Instituto de Tecnología de Manufacturas Integradas (London), y el Instituto de Tecnologías de Celdas e Hidrógeno (Vancouver).

Asimismo, el NCR ha estado estimulando el crecimiento de los clusters tecnológicos en las comunidades a través de Canadá, que permita a las organizaciones de investigación y compañías privadas tener acceso directo a la investigación del NCR, sus redes nacionales e internacionales, sus recursos humanos y los programas de apoyo para la industria.

Desde 1980, se han creado 13 clusters tecnológicos, en diferentes disciplinas científicas, donde destaca el cluster de las tecnologías del aluminio ubicado en la región de Saguenay en el noreste de la provincia de Québec, y donde el 90% de la producción de aluminio primario de Canadá (15% de las exportaciones mundiales), es generada en un radio de 500 km. del centro. Sin embargo, el país es un importador neto de productos semi y manufacturados. Por lo tanto, uno de los objetivos de este cluster es fomentar la agregación de valor del aluminio exportado (NRC, 2005).

Así, en noviembre de 2004 bajo el alero del IMI – NCR se estableció el Centro de Tecnología del Aluminio (ATC- NRC) en las instalaciones de la Universidad de Québec en Chicoutimi, con una inversión de Can\$ 57 millones, 6.000 m<sup>2</sup>, 60 profesionales del NCR y 20 investigadores invitados desde otras organizaciones de I&D de aluminio en el mundo. Además, se estima que 20 investigadores jóvenes recibirán capacitación cada año, en las dos áreas de I&D del centro: tecnologías de formación avanzadas, y tecnologías de ensamblaje.

Otro objetivo del centro es estrechar lazos con actores público y privados locales, donde destacan: Alcan Inc., General Motors Canada, Québec Centre for Aluminum

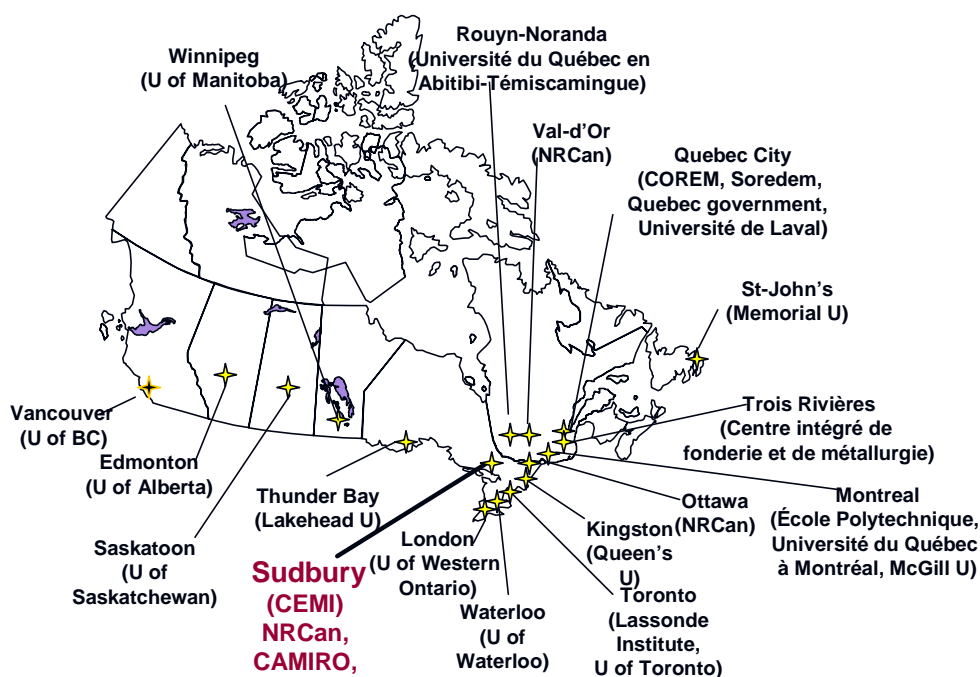
<sup>243</sup> Más información en: <http://www.nrcan.gc.ca/mms/canmet-mtb/homeeng.htm>

<sup>244</sup> Más detalles sobre el programa de manufacturas en: [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/randd/areas/manufacturing\\_e.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/randd/areas/manufacturing_e.html)

R&D (CQRDA), REGAL (Regroupment université / organismos en R&D – aluminium), SVA (Société de la vallée de l'aluminium), Trans-AI Network, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), University of Waterloo. Por ejemplo, Alcan firmó un acuerdo de colaboración por Can\$ 10,5 millones por 5 años para investigar nuevos procesos para la elaboración de partes y piezas de aluminio<sup>245</sup>.

A nivel provincial, Ontario preparó una propuesta de plan de negocios integrado para el Centro para la Excelencia en Innovación Tecnológica (CEMI), y en su informe (OMICC, 2005a) señala que actualmente no hay un centro de excelencia en exploración y minería en Canadá, sin embargo existe una amplia red de universidades y centros tecnológicos investigando en minería, como se muestra en la Figura 6.2 (OMICC, 2005b). Sin embargo, varios centros de excelencia han sido establecidos en el país, ya sea por el gobierno federal o los gobiernos provinciales para otros sectores, tales como tecnologías de la información, construcción, biotecnología, manufactura de aluminio y aeroespacial.

El centro trabajaría en cinco líneas de investigación: exploración, minería profunda, procesamiento de minerales integral, automatización y telerrobótica, y medioambiente y remediación. Cabe señalar además que otras provincias, como Vancouver (Columbia Británica) y Nunavit, desean también instalar centro de excelencia en algún tópico minero.



**Figura 6.2. Universidad y Centro de Investigación ligadas al área minera en Canadá (Fuente: NRCan).**

Otros actores a destacar en el ámbito de la I&D en la provincia de Ontario, son<sup>246</sup>:

<sup>245</sup> Más detalles en: [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/clusters/saguenay\\_e.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/clusters/saguenay_e.html)

<sup>246</sup> Más detalles de estos centros ver links en bibliografía.

- ✓ **Instituto Lassonde**, en la Universidad de Toronto, enfocado a investigar los diferentes campos de la geociencias de la ingeniería (sismología y mecánica de rocas).
- ✓ **Northern Centre for Advance Tecnology (NORCAT)**, ubicado en la ciudad de Sudbury, se dedica a crear tecnologías y entregar programas y medidas en temas de salud y seguridad operacional desde hace 10 años.
- ✓ **TRAC en la Laurentian University**, es un centro de telerrobótica y automatización, con importantes logros en minería remota, automatización minera, simuladores, entre otros. Este centro será parte de CEMI.
- ✓ **Mineral Exploration Research Centre (MERC)**, centro semi-autónomo afiliado al departamento de ciencias de la tierra en la Laurentian University.
- ✓ **Centre for Chemical Process Metallurgy**, radicado en el Departamento de Ciencia e Ingeniería de los Materiales de la Universidad de Toronto, que trabaja en colaboración con el gobierno y la industria, desde 1988, y considera a todas las universidades de Ontario que trabajan esta línea de investigación<sup>247</sup>.

A nivel país, existe la Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO), es una organización sin fines de lucro, que nació bajo el alero de la Asociación Minera de Canadá, y que actualmente trabaja en forma independiente con la industria minera para gestionar proyectos e investigación en colaboración, en las áreas de exploración, minería y procesamiento metalúrgico. Podría señalarse que tiene el mismo esquema de AMIRA pero a nivel canadiense, con un bajo presupuesto de administración (Can\$ 200.000), que es financiado por 9 compañías. Actualmente, maneja los siguientes programas<sup>248</sup>.

- ✓ Diesel Emissions Evaluation Program (DEEP), Can\$ 2,3 millones, a finalizar en el año 2006.
- ✓ Deep Mining Research Consortium (DMRC), Can\$ 7,5 millones (2004 – 2008), 7 proyectos en ejecución, uno terminado.
- ✓ Lateral Development Research Consortium (LDRC), que está siendo definido, con 4 compañías interesadas, con el objetivo de mejorar drásticamente las velocidades de avance laterales (drifting speed), de actualmente 4 mt/día a 15 mt/día.

En el mediano plazo, CAMIRO planea tener una mejor integración con otros grupos coordinadores de I&D en Canadá, así como estar mejor informado de las necesidades de la industria, con énfasis en dilución, pérdidas de mineral, costos de carguío y transporte, y seguridad, entre otros tópicos de investigación.

Por su parte, desde 1995, la Asociación de Minería Superficial para la Investigación y la Tecnología (SMART), entre empresas y universidades, ha realizado investigación y positivamente influenciado a los manufactureros y proveedores para generar más servicios y tecnología en estos tópicos<sup>249</sup>.

### 6.3.3 El aporte de las empresas mineras canadienses

A nivel de empresas mineras, Falconbridge Limited e Inco Limited han jugado un papel importante en I&D en Canadá, así como en el desarrollo de las localidades en torno a la provincia de Ontario.

En el caso de Falconbridge, la empresa conduce su I&D para sostener sus objetivos estratégicos en el largo plazo, apoyar a sus operaciones alrededor del mundo, y asegurar su competitividad futura desarrollando personal técnico altamente calificado.

<sup>247</sup> Universidades: Guelph, Laurentian, McMaster, Queen, Toronto, Waterloo.

<sup>248</sup> Más detalles ver en: [www.camiro.org](http://www.camiro.org), [www.deep.org](http://www.deep.org), [www.deepminingresearch.org](http://www.deepminingresearch.org)

<sup>249</sup> Más detalles en: <http://www.smartmines.com/>

Sus actividades de investigación son conducidas principalmente en su centro tecnológico metalúrgico en Sudbury, Ontario en Canadá; en su refinería Nikkelverk en Kristiansand en Noruega; en la División Metalúrgica Kidd en Timmins, Ontario, y en la operación Falcondo en República Dominicana. Sus áreas principales: análisis de mineral, desarrollo de nuevos métodos para el tratamiento de minerales y otras materias primas, mejorar los productos de níquel, cobre, cobalto y zinc, y generar tecnologías ambientalmente limpias.

Entre las tecnologías desarrolladas por Falconbridge destaca, el proceso de refinación de cobre Kidd, el cual es utilizado en varias refinерías de cobre en el mundo. El proceso, el cual fue desarrollado en la División Metalúrgica Kidd, incluye la transferencia tecnológica de altos conocimientos en refinación, cátodos de acero inoxidable, procesos de preparación de cátodos de cobre, entre otros<sup>250</sup>.

Cabe señalar que el año 2005, Falconbridge adquirió la compañía canadiense Noranda. Entre las instalaciones tecnológicas de esta última empresa, destacaba el centro "Noranda Inc. Technology Centre (NTC), creado en el año 1963, y situado en Pointe-Claire, en la provincia de Québec. Su trabajo estaba ligado con las unidades de negocio de la compañía y, como tal, estaba comprometido en la identificación, desarrollo y transferencia de tecnologías aplicables a ellas. El centro contaba con cerca de 180 empleados (37 investigadores con PhD, y 44 con Masters Sciences). Las principales líneas de investigación se orientaban tanto al negocio minero- metalúrgico como a los productos finales. Entre las principales innovaciones de la empresa destacó el Reactor y Convertidor Noranda, que en estos momentos utiliza la fundición Altonorte en la II Región de Chile. Sin embargo, sus actividades de I&D fueron adsorbidas por el centro de Falconbridge en Sudbury.

Por su parte, Inco es un líder en I&D de la minería global, principalmente de la industria del níquel, desde hace más de 100 años, logrando obtener más de 1.800 patentes a nivel nacional e internacional, que le ha permitido descubrir procesos de producción y aleaciones de níquel usados ampliamente en la industria actual. Su I&D se desarrolla principalmente en el Sheridan Park Technology Center fundado en 1967 en la ciudad de Mississauga, en Toronto, Canadá, y se basa 3 estrategias de negocios<sup>251</sup>:

- ✓ Los grupos de ingeniería y desarrollo de procesos trabajan con las operaciones de INCO para reducir costos operaciones y producir níquel al menor costo posible.
- ✓ Estos grupos están trabajando en tecnologías para optimizar la producción de níquel y sub-productos como el cobalto en sus nuevos desarrollos, Goro y Voisey's Bay.
- ✓ El grupo de investigación de productos ayuda a la industria a introducir formas especializadas de níquel para aplicaciones de alta tecnología a través de los productos especiales INCO.

Algunos de los logros obtenidos a partir de la I&D de procesos en los laboratorios del centro han sido:

- ✓ Nuevos métodos para el procesamiento de menas de laterita en Indonesia.
- ✓ Un sistema de lixiviación a alta presión para separar cobre desde cobalto y metales preciosos en las operaciones de Copper Cliff, y
- ✓ Procesos para la refinación electrolítica de cobalto, y refinamiento de metales preciosos para su planta en Port Colborne, Ontario.

Hoy, el procesamiento hidrometalúrgico de menas sulfuradas – el enfoque propuesto para Voisey's Bay, es el principal foco de investigación.

<sup>250</sup> Más información en: [http://www.falconbridge.com/about\\_us/technology\\_innovation.htm](http://www.falconbridge.com/about_us/technology_innovation.htm)

<sup>251</sup> Más información en: <http://www.inco.com/about/research/>



### **6.3.4 El sector de bienes y servicios mineros**

La minería hace una significativa contribución a la economía canadiense. Por cada Can\$ 1.000 millones de minerales producidos, tomando en cuenta la minería y la metalurgia primaria (fundición y refinería), la demanda directa de bienes y servicios alcanza a Can\$ 615 millones, la cual incrementa a Can\$ 839 millones, si se suma la demanda indirecta (MAC, 2005).

Más de 500 compañías venden, cada año, más de Can\$ 1.000 millones en bienes y servicios producidos en Canadá a las industrias de exploración y minera (Laverdure y Fecteau, 2004).

Se estima que en Canadá se gastan anualmente más de US\$ 5.000 millones en bienes e insumos mineros abastecidos por más de 2.200 empresas instaladas en Canadá, principalmente en Ontario, Columbia Británica y Québec.

La mayoría de las empresas canadienses de proveedores para la minería son firmas pequeñas, con ganancias anuales de menos de US\$ 20 millones y con menos de 200 empleados. También existen firmas mucho más grandes, algunas con operaciones internacionales, la típica firma de proveedores canadiense para la minería es caracterizada por una alta especialización tecnológica que ocupa un nicho específico del mercado. Ritter (2001) señala que en la evolución del sector de maquinaria de minería canadiense también ha influido la proximidad de Estados Unidos. Así, las empresas mineras y proveedoras han estado expuestas constantemente a tecnología de avanzada. En general, las empresas mineras compraban maquinarias importadas cuando les resultaba conveniente, entonces los proveedores canadienses tuvieron que competir con sus pares estadounidenses, o aprender de ellos rápidamente, para poder seguir existiendo y mantener su competitividad.

Además, el sector de servicios en Canadá ha tenido un importante auge, primero por el desarrollo interno de la minería, y luego por la internacionalización de las empresas mineras canadienses, que actualmente están operando en el mundo. Los productos mineros canadienses se distribuyen extensamente alrededor del mundo a más de 179 países, llegando así a los principales mercados de explotación minera, donde destacan los equipos de perforación y tronadura, equipos de minería subterránea, y algunos equipos para el procesamiento de minerales, y los servicios de ingeniería y consultoría diversas (MAC, 2005).

#### **6.3.4.1. CAMESE**

CAMESE es la Asociación Canadiense para la Exportación de Servicios y Equipos Mineros, que agrupa a más de 250 empresas, y fue establecida en 1981 con el propósito de asistir a sus miembros en la exportación de los bienes y servicios. Sus socios ofrecen más de 600 productos en 42 sub-sectores a los mercados mineros internacionales. Cerca de una quinta parte de estos productos están disponibles a partir de cinco o más de estos proveedores. Los miembros de CAMESE ofrecen una importante experiencia en los productos relacionados con la minería subterránea, lo que no es sorprendente dado el gran número de minas de este tipo existentes en Canadá.

CAMESE provee a sus miembros la ayuda en cuanto a marketing internacional que es complementario a su propia comercialización y los propios esfuerzos de la venta. Es también la única organización que representa colectivamente a proveedores canadienses y se preocupa por la consolidación del sector, publicando además un

compendio con un tiraje de 20.000 copias con información de sus miembros asociados.

La diversidad de regiones que los exportadores canadienses abarcan es amplia, entre los principales países donde existe presencia de exportadores canadienses están: Estado Unidos, Chile, México, Australia, Venezuela, Perú, Argentina, Brasil, China, África del Sur, Colombia, Indonesia, India, Filipinas y el Reino Unido entre otros. Un hecho importante a considerar y que puede resultar decisivo como política de exportación, es que existe una estrecha relación entre los países en donde los proveedores canadienses de productos mineros han enfocado sus esfuerzos y los países donde las compañías canadienses tienen un gran número de propiedades mineras, como es el caso de América Latina.

Aunque no se puede cuantificar la cantidad de negocios que se realizan entre las empresas mineras de propiedad canadiense y los proveedores de este país, se entiende que existe una estrategia de interacción o preferencia de parte de las mineras con capitales canadienses hacia los proveedores de su mismo país.

### **6.3.5 El Cluster Industrial Minero en Ontario**

Hacia el 2000, Ontario había establecido una economía de servicios diversificados capaz de abastecer a la población de la región (Ritter, 2001). En el año 2003, las compañías mineras operando en la provincia gastaron Can\$ 1.200 millones en bienes y servicios, del cual un 76,4% fue comprado en Ontario. Un 45% del gasto fue realizado a proveedores ubicados dentro de un radio de 80 km. de las operaciones mineras (OMICC, 2005).

En este contexto, el distrito minero de Sudbury juega y seguirá jugando un importante rol en la industria minera canadiense, ya que cuenta con el 68% del níquel y el 49% de las reservas de cobre de Canadá. Natural Resources Canada ha estimado que hay más de 2.200 firmas proveedoras mineras en Canadá, donde casi la mitad de ellas está localizada en Ontario, y 300 de estas firmas están en Sudbury (OMICC; 2005). Timmins es otro importante centro minero, mientras Toronto es definida como la principal capital financiera para la minería en el mundo.

Si bien las cifras anteriores parecen relevantes, las compañías proveedoras<sup>252</sup>, entre otros actores del sector, señalaron en un foro sobre el cluster minero de Ontario, organizado en Febrero de 2003 por el Ministerio de Desarrollo del Norte y Minas de Ontario (MNDM) que estaban perdiendo competitividad en los mercados internacionales, por varios factores, entre ellos:

- ✓ La competencia global continua creciendo en todas las áreas (China llegará a ser un productor y proveedor predominante de equipos mineros hacia el año 2030).
- ✓ Falta de ingenieros de diseño y operadores de maquinarias calificados que puedan competir en el desarrollo de productos competitivos y de calidad en los mercados mundiales.
- ✓ Falta de una política de cluster basado en el desarrollo tecnológico minero.

A partir de lo anterior, el Gobierno de Ontario comenzó a trabajar en una estrategia para un proyecto de cluster, desarrollando las siguientes tareas:

- a) Investigación de clusters en otras jurisdicciones, enfocándose en clusters de recursos naturales y su sustentabilidad.

---

<sup>252</sup> Las compañías proveedoras bienes, insumos y servicios mineros de Sudbury, North Bay y Timming, principales localidades mineras de la provincia de Ontario están agrupadas, principalmente en la Sudbury Area Mining Suppliers and Service Association (SAMSSA), asociación que tiene como objetivo exportar sus productos desde estas zonas a los mercados mundiales. Más detalles en: [www.samssa.ca](http://www.samssa.ca)

- b) Evaluación de la contribución de la industria minera y forestal a la economía de la provincia.
- c) Determinar como el enfoque de cluster debiera ser aplicado a la industria forestal y minera de Ontario, y hacer recomendaciones.
- d) Discutir con actores involucrados internos y externos la oportunidad para desarrollar una Estrategia de Cluster para la Industria Minera de Ontario.

Respecto al cluster para la industria minera de Ontario, se encontró el siguiente diagnóstico:

- a) Existe un cluster minero en la provincia de Ontario, según el criterio de Porter (similar al aplicado por COCHILCO en su estudio para evaluar el Desarrollo de un Cluster Minero en Chile)<sup>253</sup>.
- b) Los diferentes actores del cluster minero están presentes y existen oportunidades para mejorar su competitividad.
- c) El cluster minero carece de una estrategia global de competitividad.
- d) No existen mecanismos para facilitar el diálogo, interacción e intercambio de información entre los diferentes sub-sectores claves de la industria minera.
- e) La calidad de los encadenamientos a través de los sub-sectores claves necesita ser fortalecida, la cadena de valor de productos y servicios.
- f) Las actividades del cluster minero se extienden a través de toda la provincia de Ontario, principalmente en Sudbury y Timmins como centro centros y Toronto como centro financiero para la minería.

Por su parte, los diferentes actores involucrados apoyaron con entusiasmo y unánimemente el desarrollo de esta estrategia, considerando que el gobierno debe actuar como facilitador y el “timing” de ejecución es el adecuado. Como resultado de este apoyo, el Primero Foro del Cluster se llevó a cabo en febrero de 2003 bajo el patrocinio del Gobierno de Ontario.

En noviembre de 2003, el Gobierno de Ontario anunció la creación del Consejo del Cluster de la Industria Minera de Ontario (OMICC)<sup>254</sup>, con representantes de la industria minera, instituciones de educación y vocacionales, trabajadores y gobierno. El consejo se reúne periódicamente con el objetivo de recolectar opiniones y sugerencias de los diferentes actores e identificar oportunidades para mejorar la competitividad, la innovación y la inversión del Cluster Minero de Ontario.

Este Consejo definió que los principales desafíos estratégicos del Cluster eran:

- ✓ Mejorar la competitividad global del cluster minero
- ✓ Mejorar la percepción pública del sector minero en Ontario
- ✓ El desarrollo de una Política Minera para el año 2006
- ✓ El desarrollo conceptual de un Instituto de Investigación e Innovación Minera hacia el año 2006, en Sudbury, llamado CEMI, y
- ✓ Trabajar en el sector de manufacturas, a través de la comercialización.

En este sentido, se crearon diferentes grupos de trabajo con objetivos definidos:

<b>Grupo</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Política Minera</b>	Definir los principios de una Política Minera efectiva y comenzar el proceso de discusión y consulta con diversos actores involucrados.
<b>Educación y Desarrollo de la Fuerza de Trabajo</b>	Fomentar el desarrollo de actividades de capacitación y educación para lograr las necesidades de la industria minera y entregar recomendaciones al gobierno respecto a la educación y capacitación.
<b>Estrategia de Comercialización y Exportación</b>	Desarrollar una estrategia y hacer recomendaciones para promocionar la comercialización y exportación de productos, innovación, servicios y experiencia, y tecnologías en el mercado global.

<sup>253</sup> Ver: Desarrollo del Cluster Minero en Chile: Estado Actual". Junio 2003, <http://www.cochilco.cl/desarrollo/estudios/cluster.pdf>

<sup>254</sup> Avances en el cluster minero de Ontario. Más detalles en: [www.omicc.ca](http://www.omicc.ca)

<b>Innovación Minera y Centro de Investigación en Telerrobótica</b>	Entregar consejos y guías al Gobierno de Canadá y Ontario en el establecimiento de un programa de investigación de Primer Nivel ubicado en Sudbury y enfocado en temas de innovación minera que afectan a la industria minera nacional y regional.
<b>Temas Indígenas</b>	Facilitar discusiones entre las comunidades indígenas, gobiernos y la industria minera para discutir objetivos compartidos e identificar temas relacionados con el desarrollo minero y su impacto en las comunidades de las "Primeras Naciones".

Algunas prioridades del OMICC para el período 2005-06 han sido:

- ✓ Llevar a cabo un Foro del Cluster de la Industria Minera, que se realizó dentro del Forum Mundial de Ministros de Minería (Marzo 2006, en Ontario)<sup>255</sup>.
- ✓ Desarrollar el caso de negocios para el Centro de Innovación Minera e Investigación en Telerrobótica.
- ✓ La Política Minera de Ontario.
- ✓ Desarrollo de una estrategia a largo plazo (10 a 15 años) con objetivos cuantificables, por ejemplo, aumento del número de empleos, inversiones, exportaciones, etc. Algo similar a la desarrollada por el sector de bienes y servicios mineros de Australia.

En resumen, la estrategia de cluster en Ontario es apoyada por la industria y otros actores, con un fuerte liderazgo del gobierno, y está enfocada a diversos temas, más amplios que el fortalecimiento de los encadenamientos productivos. Otro punto importante, es que el consejo no tiene presupuesto de trabajo, y los gastos administrativos sólo incluyen las reuniones, donde las instalaciones son ofrecidas por el gobierno, y cada actor cubre sus gastos de asistencia a los encuentros.

#### 6.4 La Experiencia de Sudáfrica

La minería se desarrolla en Sudáfrica a finales del siglo XIX cuando se encuentran importantes yacimientos de oro y de diamantes. Esto generó la inversión en caminos, energía y agricultura con lo que se da un impulso a la actividad productiva.

La existencia de diamantes atrajo el interés de los banqueros ingleses y europeos. Al mismo tiempo, la geología de los depósitos de oro (muy profundos y estrechos) ocasionó que desde el principio fuesen grandes empresas quienes explotasen estos yacimientos. Esto dio lugar a un modelo de empresa minera que combinaba su rol con el de casa financiera, que aseguraron los fondos necesarios para continuar con la inversión en exploración de minerales.

Las instituciones de investigación se crean un poco tardíamente en Sudáfrica. En 1924, se crea la oficina del Instituto de Geociencias, responsable de elaborar el mapa geológico. En 1930, las principales empresas mineras crean Miningteck, un instituto de investigación para resolver problemas comunes de la industria. Posteriormente, fue creado Mintek, un instituto de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología que busca desarrollar la industria minera y las industrias relacionadas a ella.

Si bien en Sudáfrica se ha desarrollado una importante industria de bienes y servicios mineros, el gobierno está preocupado porque considera que la minería no ha logrado impulsar suficiente crecimiento económico. Si bien la extracción de minerales puede generar una importante cantidad de empleo, la etapa de beneficiación (i.e. concentración, fundición y refinación) se torna muy intensiva en capital sin mayores posibilidades de generar empleo a gran escala. Etapas posteriores como la producción

<sup>255</sup> Más detalles en: <http://www.wmmf.org/>

de semi-fabricados demanda más empleo, pero Sudáfrica no ha sido muy exitoso en afianzar una posición competitiva (Jourdan, 2003)<sup>256</sup>.

Esto ha generado que el gobierno plantee que la minería en Sudáfrica debe verse en el contexto de un cluster productivo, desde el cual se pueden seguir dos estrategias: la especialización en bienes de capital y servicios mineros y la migración lateral de tecnologías genéricas (i.e. ventilación, control de procesos, bombeo, etc.) hacia sectores diferentes al minero.

En el caso de la migración lateral de tecnologías, el Departamento de Ciencia y Tecnología de Sudáfrica y MINTEK han financiado estudios dirigidos a ilustrar y analizar a nivel micro casos en los que se ha dado esta migración lateral de tecnologías. El objetivo es identificar la trayectoria tecnológica de las empresas y los factores que posibilitan esta migración lateral. Solo a este nivel micro es posible comprender cómo Finlandia ha sido tan exitosa en transmitir el conocimiento desde los sectores intensivos en recursos y aprovecharlo para desarrollar capacidades en sectores modernos como telecomunicaciones<sup>257</sup>.

#### **6.4.1 Estrategia tecnológica basada en los recursos**

Por muchos años, Sudáfrica ha sido un importante productor de recursos naturales, principalmente minerales y metales, y actualmente su economía depende fuertemente de las exportaciones de minerales (60% del total exportador). En este sentido, el gobierno ha estado preocupado de cómo aprovechar las oportunidades que genera la industria minera para el desarrollo de otros sectores, lo cual permita una diversificación económica, que signifique finalmente un desarrollo y crecimiento económico sustentable en el largo plazo.

Para lo anterior, se está trabajando en una “Estrategia de Crecimiento basada en los Recursos” que permita identificar los factores críticos y las condiciones necesarias para que una economía basada en los recursos naturales, como es Sudáfrica, pueda hacer una transición exitosa a un estado industrializado de alta tecnología, como en países como Suecia y Finlandia. En este sentido, la Unidad de Estrategia y Economía Minera (MESU en inglés) de MINTEK, ha investigado cómo los recursos pueden ser aplicados para ampliar las ventajas comparativas de Sudáfrica en las actividades de minería y procesamiento de minerales<sup>258</sup> (MINTEK, 2005).

Para lo anterior, se realizaron estudios en detalle sobre Suecia y Finlandia, y revisiones de las experiencias Nórdicas, de los Estados Unidos, Canadá y Australia. Paralelamente, se comenzó un análisis cualitativo y cuantitativo de la industria minera y del cluster de bienes de capital y servicios mineros de Sudáfrica, con el apoyo financiero del Departamento de Ciencia y Tecnología (DST) (MINTEK, 2005).

Para el desarrollo de esta estrategia se ha establecido un Grupo de Referencia de representantes de Sudáfrica e Internacionales para facilitar la cooperación y el intercambio de información de los resultados de esta investigación.

---

<sup>256</sup> Ver: Jourdan, Paul (2003). “Links with domestic industry, downstream processing and the provision of inputs: resource based industrialisation in South Africa”, en “Growth and Diversification in Mineral Economies, Regional workshop for mineral economies in Africa”, organizado por UNCTAD.  
<http://r0.unctad.org/infocomm/Diversification/cape/word/Jourdan.doc>

<sup>257</sup> Ver: Lorentzen, Jo (2006), “Lateral migration in resource-intensive economies: technological learning and industrial policy”, Johannesburg: Human Sciences Research Council y Department of Science and Technology, Paper preparado para la Globelics Africa Conference 2005, 31 Octubre – 4 Noviembre, Tshwane University of Technology.  
[http://www.globelics2005africa.org.za/papers/p0054/Globelics2005\\_Lorentzen.pdf](http://www.globelics2005africa.org.za/papers/p0054/Globelics2005_Lorentzen.pdf)

<sup>258</sup> Más detalles en [www.mintek.co.za](http://www.mintek.co.za)

Según Richard Goode<sup>259</sup>, quien trabaja en el programa de “Estrategia de Tecnología basada en los Recursos”, el programa estará enfocado en el corto plazo a mediano plazo en estimar las oportunidades negocios que están siendo creadas por las inversiones en infraestructura del sector público y privado, y que pueden ser aprovechadas por los proveedores locales de bienes e insumos mineros. En el mediano a largo plazo, el enfoque estará hacia generar un mapa tecnológico para identificar los requerimientos de tecnología para el sector minero de bienes de capital.

#### **6.4.2 MINTEK**

En Sudáfrica, el principal referente tecnológico minero es el Centro Tecnológico de Johannesburgo (MINTEK)<sup>260</sup>, que juega un rol clave en el Sistema Nacional de Innovación (NSI en inglés) de Sudáfrica, cuyas directrices se encuentran en el Libro Blanco sobre Ciencia y Tecnología del NSI, así como en la Estrategia Nacional de Investigación y Desarrollo, y en la Estrategia de Biotecnología.

El centro cuenta con unos 40 especialistas cubriendo principalmente los campos de la ingeniería de procesos, química, microbiología y mineralogía. Con ello ha adquirido capacidades para la gestión de las investigaciones, el diseño de procesos, de plantas y su puesta en marcha, además de la comercialización de las tecnologías desarrolladas.

El centro cuenta con un presupuesto anual cercano a los US\$ 20 millones, donde el Estado contribuye con cerca de un 35% del total, y el resto es obtenido a través de contratos de I&D con la industria, principalmente del oro (de acuerdo a la realidad de Sudáfrica), consultorías de investigación y joint ventures, y la venta de los productos tecnológicos desarrollados por MINTEK.

Sus mayores logros están en el campo de las tecnologías para la biolixiviación de minerales sulfurados complejos, siendo la de mayor desarrollo la biolixiviación de minerales refractarios de oro mediante la tecnología BACOX<sup>261</sup>, la cual ha sido implantada en varias plantas en el mundo. De ella se han derivado tecnologías para los minerales de níquel (BIONIC), de zinc (BIOZINC) y de cobre (BM-Bioleach).

#### **6.4.3 El Sector de proveedores mineros**

Históricamente, la producción minera en África del Sur se organizó internamente. Este localismo emergió a fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX como un sistema que tubo un crecimiento lento, debido al capital requerido para desarrollar la minería en un país agrario con un pobre sistema financiero. La única manera de conseguir financiamiento fue a través de la ayuda de las mineras locales (Segal, 2000). Estas mineras fueron centralizando las operaciones para casi todas las funciones necesarias, y con esto proveyeron la experiencia que individualmente las minas no podrían haber producido y además el capital necesario para realizarlo.

Estos servicios basados en conocimientos especializados han significado economías de escala, por esta razón las mineras locales entregaron sus servicios centrales a un gran número de operaciones. Los proveedores locales desarrollaron la requerida tecnología y capacidad, y esto lo aplicaron a todas las minas. Así, casi no existió la

---

<sup>259</sup> Comunicación privada, 16 de enero de 2006.

<sup>260</sup> Mayor información en: <http://www.mintek.ac.za/>

<sup>261</sup> Mintek y BacTech, una compañía de investigación Canadiense, desarrollaron la tecnología Bacox, luego de 15 años de investigación en el campo de la oxidación bacteriana de diferentes menas de oro refractario. Más información en: <http://www.bactech.com/>

necesidad de recurrir a proveedores externos, y una profunda capacidad tecnológica fue desarrollada dentro de las mineras locales.

Las mineras locales desarrollaron una cultura de excesiva ingeniería, lo cual hizo que las instalaciones mineras trabajaran muy bien, pero absorbiendo más capital que el que necesitaban.

Durante los 90s la integración vertical desapareció bajo presiones de un determinado número de factores, como el aumento de los costos, la baja en el precio de los minerales, competencia de compañías de otras partes, reducción en la cantidad de capital requerido y un mercado de stock (Segal, 2000). Así, el sistema cambió y todas las mineras locales bajaron sus capacidades técnicas. Algunos recursos fueron reasignados a operaciones, algunos servicios fueron comprados a proveedores externos, y el staff sobrante fue despedido. Esto condujo a los proveedores locales a una división en compañías individuales no tan subvaloradas.

La reorganización de la producción fue profunda, las corporaciones mineras comenzaron a reducir el tamaño de los negocios, aplicando ahorro de costos en tecnología, cambiando la organización del trabajo e incentivos a los empleados, reduciendo su fuerza de trabajo, llevando a outsourcing a algunos procesos, todo esto para reducir costos de operación.

La estructura productiva de la minería fue transformada en dos grandes compañías mineras globales (Billiton y Anglo American) a través de una desintegración vertical y una integración horizontal, y además en pequeñas compañías mineras especializadas.

De todos los cambios producidos un importante número de proveedores mineros especializados han surgido operando a escala mundial en las fronteras de la innovación, y pueden ser clasificados en los siguientes tres grupos (Urzúa, 2002):

- ✓ **Proveedores de conocimientos mineros y servicios:** Este grupo incluye **a) Grandes firmas consultoras**, como BATEMAN, que tiene oficinas en África, Australia, América, Europa. SRK que cuenta con 22 oficinas en los 5 continentes (Segal, 2000). **b) Pequeñas firmas consultoras** con una profunda especialización. **c) Consultores extranjeros** con actividad en Sudáfrica, como la canadiense HATCH o la australiana SNOWDEN ASSOCIATES, la cual ha realizado un join venture con CSIR Miningtek.
- ✓ **Contratistas mineros especializados:** Compañías especializadas en procesos como cementación, remoción de sobrecarga, desarrollo de trabajos, perforación, explotación minera a rajo abierto. Estos procesos están muy estandarizados por lo que existe una gran competencia, por lo que las que obtienen mejores resultados son las más especializadas. Otra área de competencia que se está produciendo, tiene que ver con los costos. En contratos, usualmente la planificación es conducida por las empresas mineras, después de la cual el contratista inicia las operaciones. Los contratos se extienden por años, y el contratista va a requerir de equipos y herramientas, las cuales son costos que el debe asumir. En muchos de los casos los contratistas siguen la expansión de las compañías.
- ✓ **Proveedores de tecnología a la industria global de minería:** Este grupo incluye proveedores de: a) *Explosivos* como SASOL y AECI, los cuales poseen laboratorios de investigación. b) *Taladros y Abrasivos*, el gran proveedor de perforadoras neumáticas a nivel mundial es BOART LONGYEAR, además de grupos que proporcionan tecnología de bit de perforación y abrasivos. c) *Plantas de recuperación*, usos más efectivos de métodos mecánicos, químicos y biológicos para extraer el mineral deseado desde la roca. d) *Soporte minero*, los productos especializados en esta área, hacen a la minería subterránea segura y más productiva a la vez cuando las operaciones están bajo grandes presiones.

#### 6.4.3.1. Consejo Exportador de Bienes de Capital

El modelo de cluster fue adoptado en Sudáfrica hacia 1994, y desde esa fecha se ha trabajado por mejorar la competitividad de las empresas locales en los mercados internacionales.

Un medio para lograr lo anterior ha sido la creación de iniciativas público – privadas o concejos de exportación, donde el sector privado ha ejercido un liderazgo esencial y desarrollado contactos para aumentar las exportaciones. Hasta la fecha se han creado 29 consejos, uno de ellos enfocado a los bienes de capital y servicios de varios sectores, incluido el sector minero. Este consejo ha creado relaciones con las siguientes organizaciones: Trade and Investment SA (TISA); The Enterprise Organisation (TEO); Export Credit Insurance Corporation (ECIC); Industrial Development Corporation (IDC), Council for Scientific and Industrial Research (CSIR); Mintek-with Ministry of Minerals and Energy; otros ministerios, incluyendo el de Asuntos Externos, y la oficina de la presidencia.

Una prioridad del consejo es enfocarse en nichos de negocios y mercados especializados antes que la producción en grandes volúmenes, así como crear encadenamientos a través de los sectores, por ejemplo, agricultura, construcción, servicios, para lograr economías de escala. Otro objetivo prioritario y crítico es maximizar la cadena de valor, por ejemplo, vender puertas de aluminio, no aluminio<sup>262</sup>.

#### 6.4.3.2 Iniciativas de Anglo American

En 1989, Angloamerican creó la “Iniciativa de Pequeños Negocios”, y que en mayo de 2000 fue relanzada como **Anglo Zimele**<sup>263</sup>, la cual tiene como objetivo el desarrollo y fortalecimiento de pequeñas y medianas empresas en Sudáfrica, facilitando así el fortalecimiento de la economía negra, a través de la creación de empresas viables y sustentables en cualquier rubro económico.

El objetivo es construir, sustentar o hacer crecer pequeñas y medianas empresas (PyMEs) de propiedad de raza negra, y proveer financiamiento con un límite de R 2,5 millones (cerca de US\$ 400.000), a través de una participación minoritaria que no supera el 30%. También hay una participación completa en las operaciones, gestión y directorio de las empresas que apoya Anglo Zimele.

Anglo Zimele considera inversiones a través de un amplio rango de industrias, sin un interés particular en ciertos sectores de proveedores. Sin embargo, antes de invertir en cualquier proyecto, o asistir a los proveedores para transformar una idea en un negocio, el equipo de Anglo Zimele analiza la viabilidad comercial y la factibilidad del negocio o idea. Para cada inversión, el equipo realiza un trabajo de guía y supervisión por un período de 5 años, para que luego el proveedor pueda independizarse.

Actualmente, Anglo Zimele está invirtiendo en 27 emprendimientos que emplean a más de 2.000 personas, donde el más reciente es la empresa “Specialised Rubber and Industrial”, en la cual Anglo Zimele adquirió un 10% de participación avaluado en R 2,5 millones (cerca de US\$ 400.000) (Anglo Zimele, 2005).

De acuerdo a Anglo American (2005), algunas lecciones aprendidas de esta iniciativa son:

<sup>262</sup> Más detalles en presentación “The South African Experience with Mining Clusters” Sybil Rhomberg, Managing Director, South African Capital Equipment Export Council, Farrarmere, South Africa, en 4th World Mines Ministries Forum, Toronto, Canadá, marzo 2006, <http://www.wmmf.org/2006/presentations/Rhomberg.pdf>

<sup>263</sup> Más detalles en: <http://www.zimele.co.za/>



- ✓ Enfocarse en el fortalecimiento inicial de emprendimientos “en verde” o ideas “semilla” versus la transformación de un emprendimiento.
- ✓ Es necesario involucrarse en la gestión del negocio, así como en la propiedad como accionista, contribuyendo con ideas y compartir los riesgos.
- ✓ Se requiere invertir intensivamente, con un enfoque de incubadora de negocios, que ha permitido transferir conocimientos y habilidades.
- ✓ Es necesario reducir gradualmente la dependencia, es decir, independencia a través del emprendimiento de nuevos negocios.

Otra iniciativa de Anglo American es el **Anglo Khula Mining Fund**, creado en el año 2003, y cuyo foco principal es invertir y adicionar valor a pequeñas y medianas empresas de propiedad negra y negocios de propiedad negra “fortalecidos” involucrados en actividades de minería a pequeña escala y actividades relacionadas en Sudáfrica<sup>264</sup>.

Los proyectos son revizados por un comité de inversión conjunto y es manejado por Zimele. La inversión puede variar entre R 1 a 5 millones por proyecto, que permite la adquisición de plantas y equipos, y requerimientos de capital de trabajo. La participación en el fondo no puede exceder más de un 49% de la propiedad de la empresa. Hasta la fecha, el fondo ha apoyado tres empresas, y la inversión está demostrando importante creación de empleo y el fortalecimiento real de estas empresas (Anglo American, 2005)<sup>265</sup>.

## 6.5 La Experiencia Finlandesa

En Finlandia también hay una larga tradición minera. Hay testimonios históricos de que la minería se realizó desde el siglo XVI. Pero quizás en este país es donde se aprecia mejor las complementariedades que se han dado en las diferentes industrias basadas en recursos naturales. No sólo la minería, sino la explotación forestal que dio origen a la industria del papel, o la industria hidro-energética; todas han contribuido a generar amplias capacidades ingenieriles que se han puesto al servicio de una u otra industria. Como ejemplo, está el caso de Nokia, la empresa de telecomunicaciones, que tuvo sus orígenes en una factoría de pulpa de papel de propiedad de un ingeniero minero y que al atraer otras industrias al pueblo, la empresa fue cambiando su giro hasta dedicarse a la electrónica y las telecomunicaciones.

Por otro lado, el estado finlandés dio mucho impulso a la minería, especialmente del hierro, ya que consideraba que impulsaría la economía que estaba atrasada con respecto a Suecia y Rusia. La falta de energía obligó a que se desarrollasen tecnologías ahorradoras de este recurso, lo cual después se ha convertido en una ventaja competitiva para la industria finlandesa.

El atraso relativo de Finlandia y su deseo de independizarse de la dominación sueca y luego rusa generó una visión de desarrollo de largo plazo en sus gobernantes y pobladores. Se establecieron planes de desarrollo de largo plazo. El estado tomó un rol promotor en la economía, lo que generó que la industria estuviese controlada por capitales estatales y locales. De hecho, hay una fuerte presencia de empresas públicas hasta década de 1980, en donde se abolió la ley que indicaba que toda empresa debía tener como mínimo un 20% de participación estatal.

Este desarrollo industrial genera la necesidad de crear centros de estudio y capacitación técnica. En 1849, se crea la Primera Escuela Técnica, que después se

<sup>264</sup> Para el propósito del fondo, una compañía de propiedad negra es definida como una compañía que en al menos un 50,1% es de propiedad y manejada por gente negra. Una compañía negra “fortalecida” es aquella que en al menos un 25,1% es de propiedad y manejada por gente negra.

<sup>265</sup> Más detalles en: [http://www.zimele.co.za/anglo\\_khula\\_ic.asp](http://www.zimele.co.za/anglo_khula_ic.asp)

convirtió en la Universidad Técnica de Helsinki. Quizás es importante mencionar que, a diferencia de los otros países exitosos, no se crearon escuelas especializadas en minería hasta la década de 1940.

Por otro lado, el mapa geológico se realiza en 1885 y este trabajo impulsa la actividad exploratoria en Finlandia. La oficina que realiza el mapa tiene estrecha relación con las facultades de geología y química.

Quizá la gran lección que brinda Finlandia es la forma en que este país ha acumulado capacidades en ingenierías y tecnologías genéricas y cómo la ha puesto al servicio de las diferentes industrias. El activo apoyo del gobierno para generar instituciones de investigación y desarrollo ha jugado un rol promotor esencial.

En la actualidad, en Finlandia se da mucha importancia al concepto de sistemas de innovación y se trata de brindar financiamiento simultáneamente a las diferentes etapas del proceso de innovación (desde investigación básica hasta la comercialización)<sup>266</sup>. Este tipo de visión recoge una larga tradición de colaboración entre usuarios y demandantes de conocimiento, donde el rol del gobierno ha sido facilitar y promover los encadenamientos. Un dato interesante, es que en Finlandia no hay programa de cluster formal, pero es uno de los clusters mineros más maduros del mundo, caso similar para Suecia<sup>267</sup>.

### 6.5.1 Algunas claves de su modelo

En todos los estudios internacionales, Finlandia es considerado un modelo de éxito entre aquellos países que han transitado desde economías basadas en la explotación de sus recursos naturales hacia una economía del conocimiento y la información. Actualmente, la exportación de productos finlandeses alcanza cerca de US\$ 50.000 millones, y en las últimas décadas ha tenido la siguiente distribución:

- ✓ 1960: 69% productos de la madera, 15% maquinarias
- ✓ 1980: 45% productos de la madera, 18% maquinarias, 7% metales
- ✓ 2000: 31% electrónica, 27% productos de la madera, 16% maquinaria y 9% metales

Algunas claves que explican este éxito son: la fuerte inversión en educación, investigación y desarrollo; la cooperación entre el gobierno, sector privado y las universidades; la estabilidad democrática y el funcionamiento de la sociedad civil; la voluntad y capacidad de la sociedad y los partidos políticos de cooperar, y la transparencia y casi nula corrupción (Antell, 2003)<sup>268</sup>.

Respecto a la educación, algunos datos relevantes son su constante inversión en el sistema educacional (6,2 % del PIB), donde al 65% de cada generación se le ofrece estudiar en la universidad o en un politécnico. La tasa bruta de matrícula en la educación superior en ciencias (27%) es la más alta según el índice de Adelanto Tecnológico del PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), y todo esto basado en el principio de “aprendizaje constante a través de la vida”. Actualmente existen en Finlandia más de 20 universidades y 29 politécnicos (Ministerio de Educación de Finlandia, 2003).

<sup>266</sup> Ver: Dahlman, Routti y Yla Anttila (2005). “Finland as a Knowledge Economy: Elements of success and lessons learned”, Washington D.C., The World Bank. Ver: [http://info.worldbank.org/etools/docs/library/201645/Finland\\_ES.pdf](http://info.worldbank.org/etools/docs/library/201645/Finland_ES.pdf)

<sup>267</sup> Presentación “Evolution of the Mining Clusters in Sweden and Finland”, por Magnus Ericsson, CEO, Raw Materials Group, Stockholm, SWEDEN, and Pentti Noras, Deputy Director, Geological Survey of Finland (GTK), Espoo, FINLAND, en World Mining Ministries Forum, Ontario, Canadá, Marzo 2006. Disponible en: <http://www.wmmf.org/2006/presentations/Ericsson.pdf>

<sup>268</sup> Algunos premios entregados a Finlandia en concursos internacionales de competitividad son: Competitividad económica (IMD, WEF); Líder en tecnología (WEF); Ausencia de corrupción (Transparency Internacional); Mantenimiento Ambiental (WEF); Educación (OECD, PISA).

En el año 2004, el país gastó en I&D cerca de US\$ 4.100 millones (aprox. 3,5% del PIB), donde un 68% fue invertido por el sector privado, 20% por el sector público y el resto por universidades<sup>269</sup>.

Lo anterior, ha permitido que los investigadores finlandeses estén liderando el desarrollo en varios campos como por ejemplo: forestal, procesamiento de metal, investigación del cerebro, física de baja temperatura, materiales nuevos, biotecnología y tecnología genética, entre otros. Otro dato interesante es que la búsqueda de nuevos productos de éxito es constante y en Finlandia se solicitan anualmente aproximadamente 2.500 patentes por particulares, grupos de investigadores y empresas. Esta es la cuarta cifra más alta per cápita en el mundo.

### **6.5.2 Consejo de Políticas de Ciencia y Tecnología**

Las políticas de ciencia, tecnología e innovación son formuladas por un Consejo de Políticas de Ciencia y Tecnología, el cual es presidido por el Primer Ministro, y asesora al gobierno y sus ministros en temas relacionados con la temática. El Consejo es responsable del desarrollo estratégico y coordinación de esta política, así como del sistema de innovación nacional, en general. El Consejo está compuesto por otros 7 ministros más 10 miembros relacionados con el tema.

Específicamente, la política de ciencia está bajo la dirección del Ministerio de Educación, y la política tecnológica es supervisada por el Ministerio de Comercio e Industria. A un nivel operacional, la Agencia Tecnológica Nacional (Tekes) promueve, financia y coordina proyectos y programas de I&D, y mantiene la cooperación con redes internacionales.

Tekes trabaja en colaboración con varios organismos dentro del ambiente de innovación de Finlandia. Para la investigación básica, la principal agencia de financiamiento e implementación es la Academia de Finlandia. A nivel regional, la política de tecnología es implementada por los centros T&E (Centro de Empleo y Desarrollo Económico).

Desde 1990, Tekes ha apoyado más de 100 programas tecnológicos, actualmente 24 en operación, algunos apoyados además por la Academia de Finlandia (15). Estos programas consisten en proyectos de investigación desarrollados por compañías, universidades, e institutos de investigación, más los servicios que entregan las operaciones de negocios de las compañías, tales como seminarios, programas de entrenamientos y visitas internacionales. En el campo de los minerales y metales, destaca un proyecto sobre “energía en la producción de acero y metales base (1993 – 1998)”, y “fronteras de la metalurgia (1999 – 2003)”<sup>270</sup>.

Desde una perspectiva netamente de negocios, los actores claves son Sitra (Fondo Nacional de Finlandia para la Investigación y el Desarrollo), agencia de financiamiento independiente subordinada al Parlamento; Finnvera (Agencia de Crédito a las Exportaciones); Finpro (Asociación para los Servicios de Internacionalización) y el programa *Invest en Finlandia*.

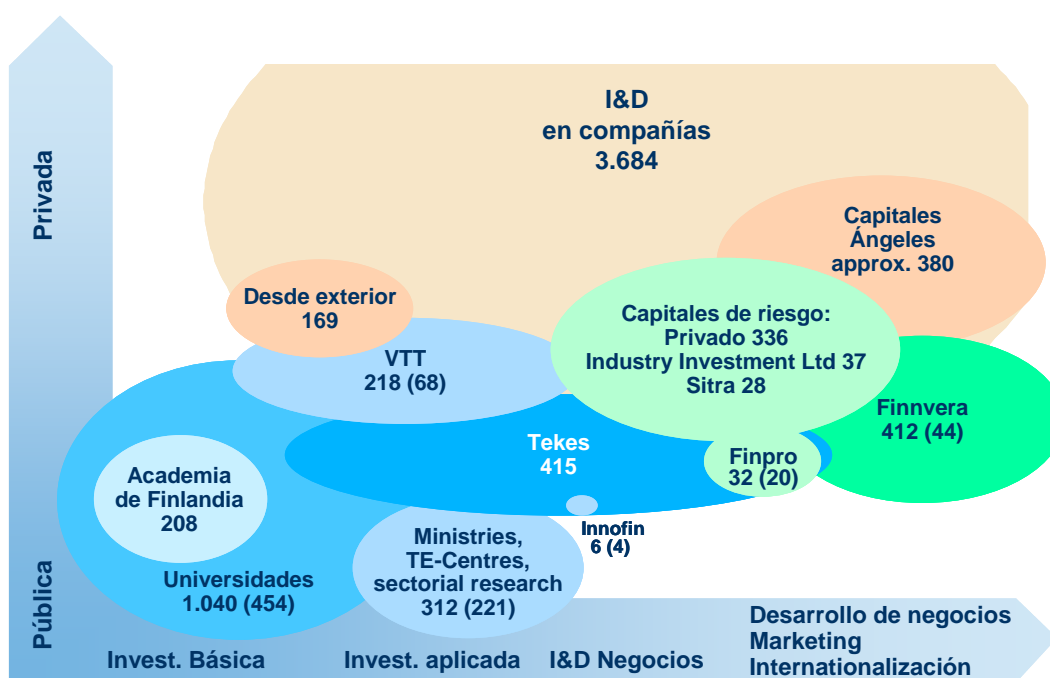
En los últimas décadas, esta política se ha basado en la creación de nuevos programas y organizaciones relacionadas con transferencia, difusión y comercialización de la tecnología, redes nacionales de expertos y centros

<sup>269</sup> Más detalles en: Centro de Información en Ciencia y Tecnología de Finlandia. [www.research.fi](http://www.research.fi)

<sup>270</sup> Más detalles en: <http://www.tekes.fi/english/programmes/index/frontpage.html>

tecnológicos, parques tecnológicos a nivel nacional, regional y local, y todo esto con un fuerte énfasis en las regiones versus la capital<sup>271</sup>.

La siguiente figura muestra el gasto en I&D para el año 2004 de varias instituciones finlandesas públicas y privadas, así como su fuente de financiamiento. En paréntesis aparece el porcentaje que es proporcionado desde el presupuesto estatal. Los fondos de Tekes, la Academia de Finlandia e Innofin (Fundación para Invencciones y Mercados de Invencción de Finlandia)<sup>272</sup> provienen completamente del presupuesto nacional. VTT es el Centro de Investigación Técnica de Finlandia<sup>273</sup>.



### 6.5.3 El sector proveedor minero

Actualmente, Finlandia y el sector empresarial finlandés trabajan ampliamente en clusters, donde se pueden distinguir nueve clusters claves: Información y comunicación, sector forestal, procesamiento de metales, ingeniería mecánica, productos alimenticios, servicios comerciales, construcción, energía y servicios de salud. En este sentido, el bienestar de la nación depende en gran medida de estos clusters y de su capacidad de innovar (Antell, 2003).

Si bien Finlandia, en el pasado fue un importante productor de minerales y metales, actualmente el país cuenta con algunas operaciones, donde destacan las siguientes empresas:

- ✓ Outokumpu: FeCr, Ni
- ✓ Inmet: Zn-Cu
- ✓ Mondo: talco
- ✓ Kemira GrowHow: apatita, y
- ✓ ScanMining: oro

<sup>271</sup> Más detalles en Ministerio de Comercio e Industria de Finlandia. Documento "Technology and innovation policy guidelines for 2004–2007". Ver: <http://www.ktm.fi>

<sup>272</sup> Más detalles en: <http://www.innofin.fi/>

<sup>273</sup> Fuente: Presentación de Tekes "R&D in Finland".

Disponible: [http://www.tekes.fi/eng/publications/A\\_technopol/RD-Finland.PPT](http://www.tekes.fi/eng/publications/A_technopol/RD-Finland.PPT)

Actualmente, hay 39 proyectos en carpeta que son operados por 18 compañías mineras. Ahora bien, el papel de Finlandia en los últimos años ha destacado por ser una fuente de origen de importante desarrollo en el campo de los equipamientos mineros y de procesamiento de minerales. La tabla siguiente muestra las empresas proveedoras finlandesas en toda la cadena productiva minera, y se realiza la comparación con las empresas suecas sólo para conocer la importancia de este sector en ambos países, que se refleja en su fuerte presencia en los mercados mundiales, así como en América Latina, como se mostró en el capítulo anterior<sup>274</sup>.

Sector	Área productiva	Finlandia	Suecia
Proveedores mineros	Exploración	SMOY, Kati	Sandvik, Hagby, Craelius, Flexit
	Estructuras mineras	Wärtsilä, Ahlström, Robit, Konegranes	ABB, Alimak, Indau, Jama
	Perforación	-	Wassara, Atlas Copco, Tamrock
	Tronadura	Normet, Kemira	Dyno Nobel, Kimit
	Carguío	-	Sandvik
	Manejo de materiales	-	Toro, Volvo
Proveedores de procesamiento	Preparación de mineral	Metso	Sandvik
	Separaciones físicas	Outokumpu, Metso, Larox, Tamfelt	ITT Flygt, Grindex, Alvenius
	Separaciones químicas	Outokumpu	-
Investigación y Educación		Universidades, GTK	RMG, SGU, Universidades

Un importante actor en el sector minero finlandés que se puede destacar es Outokumpu, y cuyas principales características productivas y de I&D se muestran a continuación.

### 6.5.3.1 Outokumpu: Un ejemplo exitoso de proveedor minero global

El Grupo Outokumpu, una de las principales empresas proveedoras del mundo que desarrolla tecnología para la industria minera. Usando el concepto “Mejores Técnicas Disponibles” desarrolla tecnología para el procesamiento de minerales y metales, ingeniería y servicios<sup>275</sup>.

Su área de tecnología emplea más de 1.700 personas en el mundo (de un total de 40.000 empleados), y genera ventas netas por 400 millones de euros anuales. Su principal centro de investigación y desarrollo de productos, el Outokumpu Research Oy, está situado en Pori, Finlandia, donde se estudia y diseñan procesos, equipos y productos para la producción de metales y la industria metalúrgica, principalmente de cobre y zinc.

El centro cuenta con un presupuesto anual del orden de 10 millones de Euros. La dotación la integran 176 personas, de los cuales 62 son científicos e investigadores de alto nivel académico. Dispone de avanzados laboratorios en la materia, de una completa biblioteca con documentación científica y técnica y de acceso en línea a numerosas bases de datos internacionales.

<sup>274</sup> Fuente: ver pie de página 268.

<sup>275</sup> Mas información visitar: <http://www.outokumputechnology.com>

Los principales productos y/o procesos desarrollados por este centro, se encuentran en el campo de la pirometalurgia (fusión Flash de cobre, fusión directa de Ni y conversión flash, tecnologías para ferro-aleaciones), la hidrometalurgia (lixiviación directa de concentrados de níquel, biolixiviación de menas con bajas leyes de metales), la tecnología mineral (simuladores de procesamiento de minerales, celdas de flotación, mixer-settler para extracción por solventes, celdas de electroobtención), entre otras, los cuales se utilizan ampliamente en las compañías mineras operando en América Latina y el mundo.

La tecnología más exitosa, por su amplia aplicación en la industria, es la Fusión Flash, la que recientemente se ha complementado con la Conversión Flash, desarrollada en conjunto con Kennecott, lo cual ha permitido proponer la combinación de ambos procesos en un nuevo proceso "Fusión Flash Directo a Blíster".

En Chile, Outokumpu tiene sus oficinas para el mercado sudamericano, desde la cual dirige sus ventas de tecnologías y asesorías técnicas y de ingeniería para la minería, lo cual representa una interesante oportunidad para colaborar e intercambiar experiencias con los proveedores locales.

## **6.6 Hallazgos**

El desarrollo de la minería en el mundo en los últimos años, en particular desde mediados de los 90's, ha hecho que la industria proveedora de bienes, insumos y servicios se haya desarrollado constantemente. En los países analizados anteriormente es donde este desarrollo ha generado las mayores externalidades, en primer término internamente y luego expandiéndose a través de los mercados internacionales, principalmente de la mano con empresas mineras del país de origen.

Este desarrollo no ha sido espontáneo, en la mayoría de los casos han existido políticas públicas para invertir en desarrollo tecnológico, con una visión país sobre los temas prioritarios y con agencias que financien y coordinen los esfuerzos, así como una estrecha colaboración a través de asociaciones público - privadas que han permitido el crecimiento de esta industria.

En el caso de Canadá, Australia y Finlandia, destacan las relaciones de trabajo entre los agentes públicos, empresas, institutos de investigación estatales y privados, universidades, proveedores, entre otros. Este tipo de cooperación resulta relevante en el desarrollo de clusters tecnológicos o para el fomento y fortalecimiento de los encadenamientos productivos en torno a la minería.

Asimismo, la formación de asociaciones de proveedores mineros locales, que apoyan el crecimiento, difusión de productos y generan estrategias comerciales a través del mundo ha sido un insumo importante para el desarrollo del sector. Estas asociaciones son importantes en especial para los proveedores más pequeños, ya que les permite tener un respaldo a la hora de participar en los mercados internacionales. Algunas que pueden servir de modelo para países que buscan un desarrollo de su industria de proveedores, se encuentran a nivel nacional, CAMESE en Canadá y Austmine en Australia, y a nivel local, SAMSSA en la ciudad de Sudbury en la provincia de Toronto, en Canadá.

En el caso de Sudáfrica, se ha generado una industria de proveedores mineros apoyada directamente por las compañías mineras locales, las cuales financiaron I&D, obteniendo así un mejoramiento en los procesos productivos casi sin la necesidad de proveedores extranjeros. Actualmente, el Gobierno de Sudáfrica está generando

directrices y acciones que permitan pasar de una economía basada en los recursos naturales a una economía del conocimiento.

Australia también siguió un modelo similar al de Sudáfrica y en estos momentos es uno de los países más importantes en cuanto a empresas proveedoras para la minería al igual que Canadá, Estados Unidos, Finlandia y Suecia.

En algunos de estos países, que fueron analizados anteriormente, los límites políticos o geográficos son han sido un obstáculo para el desarrollo de clusters mineros, que han tenido diversos enfoques, aunque la competencia, colaboración y trabajo en equipo parecieran ser principios básicos.

Por ejemplo, la estrecha relación de los proveedores mineros con el gobierno, en particular con las agencias públicas de promoción de exportaciones, que realizan un activo fomento de su industria local proveedora en los distintos países donde existe actividad minera ha sido un factor clave que ha permitido el crecimiento de los proveedores, como es el caso de Canadá, Australia o Finlandia.

Estos países también han sido un modelo respecto a la atracción de inversión, estimulación para la innovación y acelerado proceso de comercialización de productos y tecnologías. Otro tema esencial es crear la masa crítica necesaria para llevar a cabo las diferentes iniciativas que demandan las acciones anteriores<sup>276</sup>.

Por otra parte, es común en Canadá, Finlandia y Australia, u otros países de la OECD, encontrar mecanismos o incentivos fiscales como una forma indirecta de incentivar la inversión de las empresas en I&D, tales como:

- ✓ Amortización inmediata de gastos corrientes en I&D.
- ✓ Créditos fiscales.
- ✓ Provisión contra la renta imponible.

Muchos programas de incentivos fiscales tiene un aumento incremental de la devolución en función del gasto en I&D (en base a varias fórmulas), mientras otros incentivos están basados sobre el nivel de gasto en I&D en un año dado. Por otra parte, algunos países entregan subsidios y no hacen distinción entre pequeñas y grandes compañías (España, México y Portugal), mientras otros son más generosos con las pequeñas compañías (Canadá, Holanda e Italia) (OECD; 2004).

En este sentido, podría ser de interés realizar un análisis más en detalle de la conveniencia de la aplicación de programas de créditos fiscales como una forma de incentivar la I&D en el sector minero de los países de América Latina en estudio.

## 6.7 Bibliografía

ABARE, 2002, "Mining technology services in Australia", ABARE Research report, Camberra, Australia. 2002.

[http://www.industry.gov.au/assets/documents/itrinternet/mtsaaABAREreport\\_0220050621090806.pdf](http://www.industry.gov.au/assets/documents/itrinternet/mtsaaABAREreport_0220050621090806.pdf)

ABARE 2005, "La Agenda Tecnológica para el Sector de Servicios Mineros". Ver Informe "Mining Technologies Services: A Review of the Sector in Australia", preparado para el Gobierno de Australia, Departamento de Industria, Turismo y Recursos, Abril 2005.

[http://www.industry.gov.au/assets/documents/itrinternet/eReport\\_MTS20050502150257.pdf](http://www.industry.gov.au/assets/documents/itrinternet/eReport_MTS20050502150257.pdf)

---

<sup>276</sup> Presentación "Mining Clusters in the New Economy: Indira Singh, Ontario Ministry of Northern Development and Mines, Thunder Bay, Canadá. <http://www.wmmf.org/2006/presentations/MarclIndirasummary.pdf>

Anglo American, 2005, “Anglo Zimele: Independence through Enterprise”, presentación en “Social Forum South America”, 23 de Junio 2005.

Anglo Zimele, 2005, “President Thabo Mbeki visits Anglo Zimele exhibition”, en *News Update from Anglo American*, 22 Julio 2005.

<http://www.zimele.co.za/content/preleases/SME%20Showcase.pdf>

Antell, M., 2003, “El Milagro Tecnológico de Finlandia”, presentación en el Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Mayo 2003.

CAMESE, 2005, “CAMESE Compendium of Canadian Mining Suppliers”.

<http://www.camese.org/CAMESE0506.pdf>

E&MJ, 2005, “Scandinavian Technology: Sandvik Tamrock sees process integration as the next big step”, en *Engineering and Mining Journal*, Octubre 2005, pp. 32 – 53.

Eamon, M, 2006, Presentación “Innovación y Tecnología” – El Modelo Australiano” entrega por BHP Billiton al grupo de trabajo de este proyecto, Enero 2006.

Facts and Figures, Asociación Minera de Canadá (MAC), 2005.

[http://64.26.142.109/www/media\\_lib/MAC\\_Documents/MACFF04English.pdf](http://64.26.142.109/www/media_lib/MAC_Documents/MACFF04English.pdf)

Laverdure, L., y Fecteau, J.M., 2004, “Definition of an Action Plan in Research and Development, Trial and Experimentation to Promote Safety for Underground Mining Operations”, Informe Final preparado por CANMET Mining and Mineral Sciences Laboratorios para SOREDEM Inc., septiembre de 2004.

Lemieux, A. “Proveedores canadienses de bienes y servicios”. Ottawa: Ministerio de bienes y servicios, 2000, [www.nrcan.gc.ca/mms/pdf/minegs\\_e.pdf](http://www.nrcan.gc.ca/mms/pdf/minegs_e.pdf)

Mining Technology Services Action Agenda, Informe del Grupo Estratégico de Lideres al Gobierno de Australia, 2003.

<http://www.industry.gov.au/assets/documents/itrinternet/MTSAAReportToGov2003.pdf>

Ministerio de Educación de Finlandia, 2003, “Research in Finland”, División de la Política de Ciencias. Ver en: [http://www.tekes.fi/eng/Publications/Research\\_fi.pdf](http://www.tekes.fi/eng/Publications/Research_fi.pdf)

MINTEK, 2005, “Annual Report 2004”, [www.mintek.co.za](http://www.mintek.co.za)

NRC, 2005, “Building Technology Clusters across Canada, Natural Research Council.

[http://www.nrc-cnrc.gc.ca/clusters/technology\\_clusters\\_e.pdf](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/clusters/technology_clusters_e.pdf)

OECD, 2004, “Tax Treatment of R&D” – sección A.12.

<http://fiordiliji.sourceoecd.org/pdf/a12.pdf>

OMICC, 2005a, “Centre of Excellence in Mining Innovation (CEMI)”, Integrated Business Plan.

<http://www.omicc.ca/Presentations/June2005/CEMI.pdf>

OMICC, 2005b, “Avances del Centro para la Excelencia de la Innovación Tecnológica, CEMI”, presentación de Jeff Sewell, Project Manager, Laurentian University, en la reunión del Ontario Mineral Industry Cluster Council (OMICC), 08 de Diciembre de 2005.

<http://www.omicc.ca/Presentations/Dec2005/2005Dec8Presentation-JeffSewell.ppt>

Ritter, A., 2001, “La Aglomeración en torno a la Minería en Canadá: Estructura, Evolución y Funcionamiento”, en *Agglomeraciones Mineras y Desarrollo Local en América Latina*, Capítulo II, Rudolf M. Buitelaar (Compilador), proyecto IDRC – CEPAL; ISBN: 0-88936-985-2 (CIID), 958-682-330-X (Alfomega S.A.), Noviembre 2001, pp. 17- 46.

Segal, N. “The South African mining industry in the 21<sup>st</sup> century”, University of Cape Town and Chamber of mines of South Africa, 2000.

<http://www.bullion.org.za/Publications/segal.PDF>



Urzúa, O. "The Organization of Production in the Technological Rejuvenation of the mining industry: the case of South Africa, Canada, Australia and Chile in the late- 20<sup>th</sup> Century", Sussex University, mimeo, 2003

#### **Páginas web:**

##### **Australia**

- ✓ Ministerio de Industria, Recursos y Turismo, <http://www.industry.gov.au/>
- ✓ Consejo Nacional de Innovación, <http://www.innovation.gov.au/>
- ✓ Biotecnología Australia, <http://www.biotechnology.gov.au/>
- ✓ Departamento de Educación, Ciencia, y Entrenamiento, <http://www.dest.gov.au/>
- ✓ Inversión en Australia, <http://www.investaustralia.gov.au/>
- ✓ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), <http://www.csiro.au/>
- ✓ Asociación de Exportadores Mineros de Australia, [www.austmine.com.au](http://www.austmine.com.au)
- ✓ Minerals Council of Australia: <http://www.minerals.org.au/>
- ✓ CRC Government Website (overview and listing of all CRC's): <http://www.crc.gov.au>
  - CRC for Mining: <http://www.crcmining.com.au> Predecessor to CRC for Mining was Cooperative Research Centre for Mining Technology and Equipment (CMTE) <http://www.cmte.org.au>
  - CRC for Coal in Sustainable Development: <http://www.ccsd.biz/>
  - CRC for Sustainable Resource Processing: <http://www.csrp.com.au/>
  - CRC for Greenhouse Gas Technologies (CO2CRC): <http://www.co2crc.com.au/>
- ✓ AMIRA: <http://www.amira.com.au/>
- ✓ Sustainable Minerals Institute: <http://smi.uq.edu.au/index.html>
- ✓ International Mass Mining Foundation: [www.smi.uq.edu.au/factsheets/IMMF.pdf](http://www.smi.uq.edu.au/factsheets/IMMF.pdf)
- ✓ WH Bryan Mining Geology Research Centre: <http://smi.uq.edu.au>
- ✓ Cooperative Research Centres Association, <http://www.crca.asn.au/>

##### **Canadá**

- ✓ Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá, <http://www.nrc-cnrc.gc.ca>
- ✓ Ministerio de Recursos Naturales de Canadá, <http://www.nrcan-rncan.gc.ca>
- ✓ Innovación en Canadá, <http://innovation.gc.ca/>
- ✓ The CANMET Energy Technology Centre (CETC), [http://www.nrcan-rncan.gc.ca/es/etb/index\\_e.html](http://www.nrcan-rncan.gc.ca/es/etb/index_e.html)
- ✓ Centro de Tecnología del Aluminio, [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/clusters/saguenay\\_e.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/clusters/saguenay_e.html)
- ✓ Ministerio de Desarrollo y Minas de Ontario, [www.mndm.gov.on.ca](http://www.mndm.gov.on.ca)
- ✓ Cluster minero de Ontario. Más detalles en: [www.omicc.ca](http://www.omicc.ca)
- ✓ Federal Regional Development Organization in Ontario (FedNor), <http://fednor.ic.gc.ca/>
- ✓ Servicios de Inversiones de Ontario, <http://www.ontario-canada.com/>
- ✓ Sudbury Area Mining Supply and Service Association (SAMSSA), <http://www.samssa.ca>
- ✓ Mining Association of Canada, [www.mining.ca](http://www.mining.ca)
- ✓ Asociación canadiense de exportadores de equipos y servicios mineros (Camese), [www.camese.org](http://www.camese.org)
- ✓ Asociación Minera de Ontario, <http://www.oma.on.ca/>
- ✓ Instituto Lassonde, [www.lassondeinstitute.utoronto.ca](http://www.lassondeinstitute.utoronto.ca)
- ✓ Northern Centre for Advance Tecnology (NORCAT), [www.norcat.org](http://www.norcat.org)
- ✓ Telerobotics and Automatization Center (TRAC), <http://www.gbaiden.laurentian.ca/>
- ✓ Mineral Exploration Research Centro de la Laurentian University, <http://laurentian.ca/geology/merc.html>
- ✓ Ontario Mineral Exploration Technologies (OMET) Program, <http://laurentian.ca/geology/omet/index.htm>
- ✓ Network of Mineral Exploration Research Centres, <http://laurentian.ca/geology/merc/nmerc.html>
- ✓ Mining Innovation, Rehabilitation and Applied Research Corporation (Mirarco) <http://www.mirarco.org/>
- ✓ Centre for Chemical Process Metallurgy, <http://www.ecf.utoronto.ca/apsc/misc/ccpm.html>
- ✓ Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO), [www.camiro.org](http://www.camiro.org)

- ✓ Diesel Emissions Evaluation Program, [www.deep.org](http://www.deep.org)
- ✓ Deep Mining Research Consortium [www.deepminingresearch.org](http://www.deepminingresearch.org)
- ✓ Falconbridge, <http://www.falconbridge.com>
- ✓ Inco Limited, <http://www.inco.com/about/research/>

### **Sudáfrica**

- ✓ Ministerio de Minerales y Energía, <http://www.dme.gov.za/>
- ✓ Departamento de Comercio e Industria, <http://www.dti.gov.za/>
- ✓ Cámara Minera de África del Sur, <http://www.bullion.org.za>
- ✓ MINTEK, [www.mintek.co.za](http://www.mintek.co.za)
- ✓ Anglo Zimele, [www.zimele.co.za](http://www.zimele.co.za)
- ✓ Klula Enterprise Finance Limited, <http://www.khula.org.za/>

### **Finlandia**

- ✓ Consejo de Ciencia y Tecnología de Finlandia, [http://www.minedu.fi/tiede\\_ja\\_teknologianeuvosto/eng/index.html](http://www.minedu.fi/tiede_ja_teknologianeuvosto/eng/index.html)
- ✓ Ministerio de Comercio e Industria de Finlandia, <http://www.ktm.fi>
- ✓ Centro de Información en Ciencia y Tecnología de Finlandia. [www.research.fi](http://www.research.fi)
- ✓ Agencia Tekes, <http://www.tekes.fi/eng/>
- ✓ Academia de Finlandia, <http://www.aka.fi/eng>
- ✓ Educación en Finlandia, <http://www.edu.fi/english>
- ✓ Educación e Investigación, <http://virtual.finland.fi/finfo/english/edu.html>
- ✓ Universidades en Finlandia, <http://www.minedu.fi/minedu/education/universities.html>
- ✓ Centro de Empleo y Desarrollo Económico).
- ✓ Centro de Investigación técnica de Finlandia, <http://www.vtt.fi/>
- ✓ Sitra (Fondo Nacional de Finlandia para la Investigación y el Desarrollo), <http://www.sitra.fi/eng>
- ✓ Finnvera (la Agencia de Crédito a las Exportaciones, <http://www.finnvera.fi>
- ✓ Finpro (la Asociación para los Servicios de Internacionalización), <http://www.finpro.fi>
- ✓ Invest en Finlandia. <http://www.investinfinland.fi/>
- ✓ High Technology Finland, [www.hightechfinland.com](http://www.hightechfinland.com)
- ✓ Innovación de Procesos, <http://www.rapid-product-innovations.fi/>
- ✓ Outokumpu Technology, <http://www.outokumputechnology.com>
- ✓ Sandvik, [www.sandvik.com](http://www.sandvik.com)

## 7. RECOMENDACIONES

El origen de un cluster o aglomeración minera se ve favorecido por la existencia de concentración de grandes yacimientos, importantes flujos de inversión extranjera y nacional, así como la existencia de un marco legal, económico, social, ambiental estable.

Sin duda, el sector minero puede ser reconocido como un eje motor para potenciar el desarrollo de otros sectores económicos y actividades productivas (encadenamientos), que signifique mejorar la productividad y estabilidad del sector; es decir, consolidar una red competitiva con sus consecuentes beneficios económicos y sociales para todos los actores involucrados.

Lo anterior, entendido como un proceso desarrollado en forma voluntaria y espontánea, ya sea a nivel nacional, local o por macrozonas, por ejemplo, los Arreglos Productivos Locales en Brasil o el Cluster Minero del Norte Grande de Chile.

En forma general, algunos temas claves en este proceso son lograr una mayor coordinación de los servicios públicos, mayor transparencia en la cadena de la oferta y demanda de bienes, una buena promoción de las nuevas oportunidades de negocios, generar una estrecha relación de cooperación entre universidades, centros tecnológicos, empresas y proveedores mineros, así como fomentar la asociatividad y profundizar las relaciones multisectoriales.

El desarrollo de iniciativas en estas áreas requiere un proceso de mediano y largo plazo, que permita generar los espacios de confianza, y así por ejemplo, lograr una mayor participación y colaboración del sector productivo minero en instancias desarrolladas por los gobiernos locales, impulsar estrategias de política minera para el fortalecimiento y desarrollo de proveedores locales, como mejorar acceso a financiamiento para las pequeños y medianas empresas.

Las recomendaciones que se presentan a continuación, que pudieran ser consideradas para su análisis y posible implementación por los actores identificados en cada uno de los cuatro países analizados, se consideraron tomando en cuenta una combinación entre el fortalecimiento de la capacidad local de innovación y el fortalecimiento de actividades relacionadas con la minería, ambas propuestas indicadas en el estudio CEPAL – IDRC, como se indicó en la Introducción, y que deben ser llevadas a la práctica para desarrollar competencias en actividades relacionadas con la minería, en los cuatro países de América Latina, a saber, Chile, Perú, Brasil y México, debido a su importancia como productores de minerales y metales en la región y a nivel mundial, en el presente y para los próximos años.

Sin embargo, para el cumplimiento de lo anterior, es necesario un requisito esencial, el desarrollo futuro del sector minero, que permita aprovechar su dinamismo y oportunidades de negocios, sobretodo en este nuevo ciclo de altos precios de los *commodities* y otros productos mineros producidos en los cuatro países de América Latina. Al respecto se estima que es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Un punto clave en el futuro del desarrollo minero, es lograr comunicar el rol que cumple la minería, y por lo tanto, el aporte de las actividades relacionadas a ellas (tecnología entre otras) en el desarrollo de los países, de manera de ir creando conciencia en la sociedad del efecto que tiene para sus vidas esta actividad.

- Los desafíos que tiene la minería, por una parte pueden significar una oportunidad para que las empresas mineras trabajen en conjunto, compartiendo las mejores prácticas, conocimientos, el desarrollo de tecnologías propias, la posibilidad de asociarse para hacer investigación, etc., así como intensificar esfuerzos para la optimización de procesos, especialmente en bio-lixiviación como es el caso de Chile, con mayor investigación aplicada de universidades, que incorpore la variable medioambiental. Esto permitirá generar un ambiente apropiado para que se desarrollen emprendimientos externos que permitan encontrar soluciones a esos problemas comunes.

Una evaluación más en detalle de los avances tecnológicos, por ejemplo, de la lixiviación de minerales sulfurados primarios, podría ser de gran ayuda para los proveedores locales, centros de formación técnica y universidad ligadas al sector minero, para conocer de mejor forma la aplicación de estas nuevas tecnologías emergentes.

- Un rol clave lo constituye la información y la generación de redes de cooperación que permitan compartir experiencias y conocimientos de sus operaciones.
  - ✓ En el primer aspecto, resulta capital disponer de una estimación sistematizada de las inversiones relevantes para los próximos años, así como de detalles básicos de esos proyectos y sus principales desafíos, que permitan cuantificar las posibilidades de negocios para cualquier empresa proveedora y las eventuales necesidades de emprendimiento. La transparencia de la información es un bien central para desarrollar las industrias asociadas.

Por ejemplo, la generación de catastros de inversión por parte de las agencias de gobiernos encargadas de la promoción del sector minero, como el realizado en Perú o Chile permitirá conocer en forma adelantada las oportunidades de negocios para las universidades, centros tecnológicos y proveedores de bienes, insumos y servicios mineros.

Específicamente, un análisis de la industria de minerales industriales que permita vislumbrar mayores oportunidades de desarrollo e identificar nuevos espacios de mercado puede ser un buen aporte, con énfasis en la optimización del desempeño funcional de los minerales industriales en toda la cadena del valor y la satisfacción diferenciada de la demanda, que son aspectos claves para este sector minero.

- ✓ Sobre el segundo punto es necesario que entender que las empresas mineras realizan investigación tecnológica a través de dos formas de colaboración: la primera del tipo cooperativa, es decir, cuando requieren solucionar un desafío tecnológico específico o problemas comunes en los procesos productivos, por ejemplo, mejorar la eficiencia de carguío y transporte, o de chancado y molienda, las compañías mineras se juntan en consorcios tecnológicos, por ejemplo, AMIRA, CAMIRO, entre otros, para buscar soluciones a sus demandas tecnológicas. La segunda forma de investigación es del tipo pre – competitiva o competitiva, donde la compañía minera necesita solucionar un problema específico, que puede ser crucial para el desarrollo de su negocio, con el objetivo, ya sea de reducir costos, acceder a zonas en sus yacimientos inexploradas o procesar un mineral que no contaba con la tecnología disponible, lo cual le permitirá mantener su competitividad en el negocio minero.

El rol de la política pública es anticipar esta situación y proporcionar un marco de institucionalidad que permita mantener el dinamismo del sector y generar más y mejor información y condiciones para todos los actores de la minería.

## 7.1 Potenciamiento de la capacidad local de innovación

Son variadas las tareas que deben ser abordadas para mejorar las capacidades locales de innovación tecnológica, que permitan generar una mayor cantidad de emprendimientos tecnológicos de proveedores mineros, con presencia no sólo en el ámbito nacional, sino también en el internacional. Algunas recomendaciones de política para lograr un mayor grado de innovación en minería podrían ser:

- Un punto principal en esta etapa es lograr una mayor coordinación e integración entre el Sistema Nacional de Innovación (SIN) y las políticas sectoriales, ya que los países exitosos en innovación tienen consejos de alto nivel o ministerios, como por ejemplo, el Science and Technology Policy Council de Finlandia, donde están representadas las agencias que generan las políticas, las que administran los recursos, las agencias usuarias y los sectores productivos beneficiarios. En Chile, se está proponiendo crear una institucionalidad en este ámbito.
- Se requiere implementar políticas para aumentar los niveles de inversión en I&D, principalmente el aporte desde el sector productivo. Esto es una característica esencial de los complejos productivos mineros en países desarrollados, ayudando así a adquirir factores especializados que permitan diferenciarse frente a sus competidores externos. El programa de innovación BID – Gobierno Peruano, y el fondo de innovación para la competitividad en Chile, van en esta línea.
- La creación de un fondo sectorial para la minería o un programa en áreas claves del sector minero, complementario a los fondos concursables del Estado, con recursos entregados por los actores involucrados, para financiar actividades y proyectos de desarrollo científico y tecnológico del sector minero y metalúrgico, podría ser una iniciativa interesante a estudiar en más detalle. Todo esto apoyado a través de centros tecnológicos locales. Los casos de Brasil (Fondo Sectorial CT-Mineral y CETEM), Canadá (programas estratégicos y clusters tecnológicos) y Australia (por ejemplo, CRC-Mining), resultan interesantes en este ámbito. En Chile, el Fondo de Investigaciones Mineras (FIM) que fue administrado por el CIMM iba en esta línea de recomendación.
- Una forma de incentivar un mayor gasto local en I&D, es complementar los actuales fondos concursables con programas de créditos tributarios para actividades de I&D, como el aplicado por México, donde las empresas pueden rebajar directamente un porcentaje de los recursos gastados en I&D contra el impuesto de Primera Categoría. Por lo tanto, se podría analizar más en detalle la conveniencia de aplicar estos programas como una forma de incentivar la I&D en el sector minero de los países de América Latina en estudio, principalmente en las empresas proveedoras de bienes y servicios mineros.

Además de la posibilidad de tener un esquema de incentivos tributarios como se hace en México también se podrían establecer esquemas como el usado por los institutos Fraunhofer en Alemania. El estado otorga al instituto que consigue el contrato de investigación el doble del monto del contrato que pacta con la empresa. De esta manera, se subvenciona el servicio pero al mismo tiempo se incentiva al instituto a conseguir clientes en el sector productivo.

- El gasto de la I&D en minería debiera enfocarse más hacia la investigación aplicada, sin descuidar por supuesto a la ciencia básica, permitiendo crear productos tecnológicos que tengan un valor económico atractivo para ser vendido aún en los mercados más exigentes. La industria minera es intensiva en tecnología, por lo tanto, el fortalecimiento de las capacidades locales de aprendizaje,

innovación y mejoramiento es clave para que las agencias de fomento y los proveedores locales puedan cumplir los altos estándares tecnológicos que demanda la minería.

- Además, es indispensable para la eficiencia del sistema de innovación aplicado a los proveedores, el promover una clara definición y protección de la normativa de tramitación de patentes, protección y distribución de derechos de la propiedad intelectual, así como el establecimiento de normas técnicas para los productos derivados, y su posterior fomento y asesoría técnica, lo cual pudiera incentivar la firma de acuerdos de cooperación para la fabricación de algunos bienes e insumos mineros en América Latina.

Sin duda, estos temas tienen que ser estudiados en más detalle, y así lograr identificar áreas de interés para el sector minero.

Lo anterior, debe ir acompañado naturalmente de una cooperación constante por parte de los distintos actores llamados a participar en el desarrollo de la I&D en el país (agencias de gobierno, empresas mineras, universidades y centros de formación técnica, comunidades, etc.), de manera que los esfuerzos conjuntos logren el resultado esperado.

Estudios más detallados sobre los temas particulares de investigación y de los programas de investigación e innovación de las empresas mineras y los gobiernos de los países analizados podría luego dar luces sobre los frenos para generar sinergias entre los programas públicos y privados de I&D.

- La formación de consorcios de investigación aplicada con participación de las universidades, empresas mineras y proveedores podría ser útil para el cumplimiento de estos objetivos.

Se podrían desarrollar encuentros donde confluyan actores que puedan llevar a cabo programas de innovación tecnológica con la participación de universidades (creadoras de ciencia) y las empresas (creadoras de tecnologías), que permita una definición estratégica de proyectos de interés por parte de empresas mineras e investigadores. Por ejemplo, el desarrollado en Canadá para la minería subterránea, el cluster tecnológico de la industria del aluminio apoyado por el Consejo de Investigación Nacional de Canadá, o el programa de Centros de Investigación Cooperativos (CRC) liderado por el gobierno australiano, con la participación de empresas y universidades.

- El trabajo en redes (tipo AMIRA; CAMIRO, etc.), que maximice la utilización de recursos financieros y los centros tecnológicos nacionales e internacionales, es una práctica común en países mineros desarrollados, y podrían ser una alternativa a analizar. La instalación en Chile hace unos meses de AMIRA Latinoamérica es una señal en esta forma de cooperación.

Toda vez que la experiencia señala que las compañías mineras tienen sus políticas corporativas de I&D con un claro énfasis en ubicar sus centros y esfuerzos económicos en sus países de origen, donde ya están operando faenas, o a través de redes de cooperación globales que puedan gestionar la I&D.

Sería muy útil conocer las áreas temáticas que se cubren con las instancias de cooperación de las empresas minerales locales, por ejemplo, CVRD y de Peñoles, u otras compañías mineras extranjeras operando en América Latina, lo cual permitiría conocer las áreas donde se centra la absorción de tecnologías mineras.

- Para la atracción de centros tecnológicos hacia países de América Latina es necesario considerar algunos de los siguientes factores: la ubicación del centro, calidad y costo de vida, aspectos ambientales para la instalación de laboratorios y plantas pilotos, principalmente respecto a descarga de emisiones y efluentes, calidad de los recursos humanos o proveedores de servicios tecnológicos locales, entre otros.

Así se podría lograr un mayor compromiso económico por parte de las empresas mineras hacia las universidades y centros de investigación, y una mayor intervención al mismo tiempo, de las primeras para expresarse en los planes de estudios universitarios que les permitan desarrollar conocimiento en sus áreas de interés.

- Se requiere también generar mayor capacidad de gestión tecnológica en universidades, centros de investigación y empresas proveedoras locales. El modelo de gestión de Fundación Chile podría ser estudiado en mayor detalle.

Un punto crucial para lo anterior es potenciar los recursos humanos en minería, creando redes que permitan dar a conocer de mejor forma las carreras del área minero-metalúrgica entre los postulantes a las universidades. Esto se debe acompañar de incentivos como becas, no sólo para estudiantes de pre-grado, sino también para los de postgrado. El incentivo económico es importante si se desea que los profesionales formados se interesen por la investigación, en especial, en universidades regionales. El sector productivo tiene una clara misión en este ámbito, a través de la difusión de sus mejores prácticas, por ejemplo creando pasantías tecnológicas en sus centros de I&D en el mundo, o entregando su visión sobre los desafíos tecnológicos del sector, por ejemplo, la biolixiviación de minerales sulfurados de cobre, nuevos requerimientos de bienes y servicios ambientales, etc.

- Por otra parte, se podrían establecer programas de asistencia técnica para los pequeños productores que usen productos mineros, especialmente los artesanos joyeros (oro y gemas), como en México y Perú. En Chile, ENAMI podría jugar un rol relevante para la pequeña y mediana minería, a través del fomento del uso de tecnologías con el apoyo de los programas de fomento de CORFO.
- Adicionalmente la utilización de los Tratados de Libre Comercio (TLC) que han suscrito o pueden suscribir los países de América Latina en análisis con países desarrollados, para la celebración de convenios de cooperación de transferencia tecnológica entre entidades extranjeras con base en el país y los centros de investigación nacionales, pueden ser una herramienta útil para atraer recursos humanos, financieros y tecnología. Por ejemplo, la Unión Europea (UE) tiene el programa AL Invest (América Latina Inversiones) que promueve la transferencia tecnológica y misiones tecnológicas desde empresas de la UE hacia proveedores locales, como los mineros.

## **7.2 Fortalecimiento de actividades relacionadas con la minería**

El fortalecimiento de los encadenamientos productivos en minería, principalmente el desarrollo de proveedores locales mineros con un mayor desarrollo tecnológico requiere la acción concertada de todos los actores. Algunas recomendaciones en este ámbito podrían ser:

- El análisis de iniciativas a nivel regional e internacional refuerza la importancia de la presencia de todos los actores relevantes de la industria minera en las instancias de

diálogo y discusión que se generen y que tengan por objetivo el fortalecimiento y desarrollo de proveedores con productos y servicios que cumplan las exigencias de las empresas mineras o que generen alternativas de desarrollo sustentable en la región.

A nivel regional, el Cluster Industrial Minero de Ontario, y el Consejo del Cluster Minero de la Región de Antofagasta, con representantes del gobierno, industria minera y proveedores, instituciones de educación y vocacionales, trabajadores van en esta línea de acción.

Sin perjuicio de lo anterior, iniciativas a nivel nacional que eviten la dispersión de recursos y aumenten la interacción de los principales actores que toman las decisiones estratégicas pudiera lograr un mayor respaldo y compromiso, compartiendo responsabilidades y recursos para desarrollar una estrategia común entre empresas mineras, proveedores, y gobierno para desarrollar sectores con ventajas competitivas. Un ejemplo a analizar en detalle es la Agenda de Acción para los Servicios de Tecnología Minera en Australia.

- Para un análisis más en detalle del sector proveedor de bienes, insumos y servicios mineros en los cuatro países de América Latina, se requiere contar con más y mejor información pública sobre la oferta y demanda por parte de todos los actores involucrados, que permita determinar en forma más precisa las reales oportunidades de negocios para los proveedores locales.

Una instancia técnica ligada a un Consejo Público – Privado para el fortalecimiento de los encadenamientos productivos, pudiera recopilar, procesar y difundir información sobre temas relativos a la estimación de demanda por bienes, insumos y servicios mineros, desarrollo de proveedores que permitan complementar las capacidades locales y otros aspectos, en cada uno de los países analizados.

Estudios de mercado más específicos sobre un producto minero o faena en particular debieran ser realizados para determinar los reales negocios e investigaciones que pueden ser desarrolladas por los actores locales en los cuatro países analizados. Sin duda, la cooperación entre agencias de gobierno de promoción de inversiones, empresas mineras y proveedores locales, permitirá generar más y mejor información sobre el sector minero.

Por ejemplo, la experiencia de Canadá y Australia en el manejo de sistemas de levantamiento de financiamiento, así como en el desarrollo de equipos y software para la exploración es una materia que podría ser analizada más en detalle.

Asimismo, el mercado de bienes y servicios ambientales y de las TIC en minería son dos áreas que necesitan seguir siendo identificadas con mayor precisión para determinar su real potencial para los proveedores locales, considerando la importante participación que juegan Canadá y Australia en estos mercados, principalmente en esta última área.

Un especial énfasis debiera darse al mercado de la pequeña y mediana minería en la región, que también representa un sector relevante en la demanda de bienes y servicios mineros, principalmente en el sector productivo de oro y cobre.

- Se requiere seguir fomentando los encuentros regionales de minería donde se analice el potencial minero de América Latina y sus oportunidades de negocios para los proveedores locales, haciendo un esfuerzo por incorporar a otros países de la región como Argentina, Bolivia, Ecuador, entre otros.



En este ámbito, las ferias mineras y las ruedas de negocios son una buena instancia para estrechar la interacción entre los demandantes y proveedores en toda la cadena minera.

- La formación de asociaciones nacionales de proveedores mineros locales, que apoyen el crecimiento, difusión de los productos y generación de estrategias comerciales a través del mundo, también parece ser un elemento clave para el desarrollo de proveedores mineros.

Estas asociaciones son importantes en especial para los proveedores más pequeños, ya que les permite tener un respaldo importante a la hora de participar en los mercados locales e internacionales, dándoles una mayor visibilidad en sus países como el exterior, al estilo CAMESE en Canadá, Austmine en Australia, SAMSSA en Sudbury (Ontario), y recientemente Minexport Chile, en Santiago de Chile.

- Entre las programas identificados en esta investigación, que podrían replicarse en otros países de América Latina, con el objetivo de incentivar una mayor producción local de bienes, insumos y servicios para la minería, se destacan los siguientes:
  - ✓ El programa de Arreglos Productivos Locales que apoya a las micro, pequeñas y medianas empresas con base mineral aplicado en Brasil, a través del mejoramiento de sus capacidades de gestión y desarrollo tecnológico, a lo cual habría que introducirle un programa de apoyo a la cadena proveedora. Por ejemplo, ENAMI con el apoyo del CIMM en Chile pudieran replicar esta experiencia, con el apoyo de los programas del Comité Innova Chile de CORFO.
  - ✓ Los Programas de Desarrollo de Proveedores de CORFO en Chile, que están siendo utilizados por las compañías mineras para mejorar los sistemas de calidad. Adicionalmente debieran buscar mejorar la ingeniería y desarrollo tecnológico de las empresas proveedoras locales.
  - ✓ En México, se debiera crear un programa para la incorporación del sector productivo y proveedores mineros en la Política Económica para la Competitividad que está desarrollando la Secretaría de Economía, que podría ser una oportunidad para desarrollar acciones que permitan el fortalecimiento del sector. Lo anterior, también podría ser apoyado por Bancomext.
  - ✓ Para el desarrollo y fortalecimiento de pequeñas y medianas empresas proveedoras de bienes, insumos y servicios se podría proponer a las empresas mineras, realizar una iniciativa piloto para implementar en América Latina el programa Zimele que está desarrollando Anglo American, lo cual podría fortalecer la economía local, a través de la creación de empresas viables y sustentables en el tiempo.

Siempre considerando los diferentes niveles de avance de las capacidades locales, y tomando en cuenta el rol de facilitador y generador de políticas públicas del Estado, así como las políticas de abastecimiento del sector productivo minero.

- Los programas anteriores debieran incluir algunas de las siguientes líneas de acción:
  - ✓ Mejoramiento de la gestión de las empresas proveedoras locales con ventajas comparativas.
  - ✓ Capacitación y asesoría técnica de los proveedores locales en aspectos que se relacionan a la calidad y propiedad intelectual de sus productos y las competencias administrativas.
  - ✓ Establecimiento de normas técnicas y procesos de estandarización con estándares internacionales, y su posterior fomento en proveedores locales.
  - ✓ El desarrollo de proveedores locales estratégicos para las empresas mineras.

- ✓ Fortalecimiento de las capacidades locales de I&D relacionadas con este sector.

Por ejemplo, en el ámbito de las TIC mineras se necesita fortalecer sus capacidades para pasar de un enfoque de solución total al cliente hacia empresas que buscan vender sus productos a escala global, como es el caso de la industria tecnológica minera de Australia. Al respecto algunos tópicos a desarrollar serían:

- ✓ Definir prioridades de negocios de TIC mineras que tengan el atractivo para ser implementadas y comercializadas por los países de América Latina,
  - ✓ Definir tecnologías que pueden presentar un importante potencial de generación de negocios en otros sectores, así como un interesante potencial de internacionalización, y
  - ✓ Fortalecer las instituciones locales claves para generar capacidades de desarrollo local en estos mercados.
- Por otra parte, se podrían desarrollar programas de atracción de inversiones de grandes proveedores que puedan utilizar a los países de América Latina como una plataforma de negocios en el continente.

Hay un sin número de ejemplos de actividades desarrolladas por empresas proveedoras, que indican claramente que el concepto “País Plataforma”, a través de un impulso público-privado puede permitir que algunos de los países analizados cobije a fabricantes o ensambladores de equipos mineros.

El programa de atracción de inversiones de alta tecnología, que opera a través de CORFO y el Comité de Inversiones Extranjeras pareciera ser una interesante iniciativa a analizar para su implementación en otros países de la región.

- Un trabajo coordinado entre las agencias de gobierno encargadas de la atracción de inversión extranjera de alta tecnología, los organismos encargados del desarrollo productivo, y las agencias dedicadas al fomento del sector minero en los países analizados podrá generar las bases para una estrategia para atraer grandes proveedores hacia América Latina. Sin duda temas claves a potenciar son:
  - ✓ Alianzas de mediano y largo plazo con las empresas mineras para desarrollar proveedores existentes y atraer grandes proveedores.
  - ✓ Vincular al sector proveedor con la investigación tecnológica
  - ✓ Generar programas de desarrollo de barrios industriales, que ofrezcan beneficios a las empresas que se quieran instalar en ellos.

Como se señalaba anteriormente, los grandes proveedores de equipos e insumos están consolidados a nivel mundial y fabrican a esta escala. Por lo tanto, como apoyo a lo anterior se requiere:

- ✓ Identificar los mayores proveedores de bienes e insumos mineros operando en América Latina
  - ✓ Analizar sus estrategias de producción y comercialización con énfasis en su posible instalación en la región
  - ✓ Realizar estudios específicos para poder identificar los bienes e insumos con mayor potencial de ser producidos a nivel local
  - ✓ Explorar la posibilidad de insertar a proveedores locales en la cadena de valor de los proveedores internacionales mediante la modalidad de OEM.
- En el sector de la Ingeniería y Construcción, una estrategia de asociación entre grandes empresas transnacionales y proveedores locales podría ser fundamental para la transferencia de mejores prácticas y conocimientos hacia estas últimas.

Dada la magnitud de los proyectos a desarrollarse en los países analizados de América Latina, tenemos que las compañías mineras optan en general por empresas con experiencia comprobada a nivel nacional e internacional que garantice la materialización óptima de sus inversiones. De esta forma se genera frecuentemente un esquema donde la empresa “major” subcontrata a empresas locales que se dedicarán a tópicos más específicos del proyecto minero. Por lo tanto, ya se tiene un acercamiento que es necesario apoyar y fomentar a través de programas de desarrollo de proveedores con énfasis en mejorar las capacidades tecnológicas.

- En el mercado de los proveedores de servicios mineros, es necesario estudiar en mayor detalle las limitantes y fortalezas que presenta, y de este modo promover estrategias que generen su crecimiento y desarrollo para su consolidación en el mercado local y regional.
- Otro tema que requiere una revisión más en detalle es el de la creación de tecnologías genéricas, que presentan un importante potencial de generación de negocios en otros sectores productivos, por ejemplo las TIC en minería o el caso de la minería del cobre que se ha nutrido de avances realizados en otros tipos de minería.

Este traslado o migración de tecnologías es lo que permite una efectiva diversificación económica que trascienda la existencia de los recursos naturales, como ha sido el caso de Finlandia, en donde las industrias mineras han perdido totalmente su importancia pero en donde los proveedores de equipos mineros se han convertido en líderes mundiales como Outokumpu, Komatsu, Caterpillar, METSO, entre otros.

### 7.3 Difusión de Resultados y Red de Cooperación

Considerando la gran cantidad de información recopilada, los hallazgos y las recomendaciones de política que pudieran ser analizadas o implementadas para cada uno de los países de América Latina revisados en este estudio, resulta necesario implementar una estrategia de difusión de los resultados y mayor incorporación de actores a la red de cooperación.

Sobre la difusión de resultados, se propone lo siguiente:

- a) Envío del Informe final, vía correo electrónico, junto con la base de datos de todos los actores identificados (Ver Anexo II.2).
- b) Publicación en página Web: como una forma de aumentar la difusión de esta investigación, se propone su publicación en la página Web de COCHILCO e IDRC, u otro organismo que tenga un alcance en América Latina, como la CEPAL, a través de su División de Recursos de Naturales e Infraestructura con sede en Santiago de Chile.
- c) Taller de Análisis de Resultados y Recomendaciones: como una forma de involucrar a los actores locales relevantes u otros que muestren interés en participar en la red de cooperación, a través de un proceso más estratégico para el análisis y posible implementación de algunas de las recomendaciones de política propuestas, se estima necesario organizar y realizar, en los próximos meses, un taller internacional para la “Difusión y Análisis del Estudio “DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA MINERA EN AMÉRICA LATINA: ESTUDIO DE

CASOS”. Este se podría realizar en Santiago de Chile. Asimismo, se podrían realizar talleres locales en los cuatro países de América Latina en estudio, considerando la disponibilidad de los actores locales que se han identificados para ser parte de la red de cooperación. Se estima que en Chile, CEPAL podría jugar un rol coordinador central en esta iniciativa.

Estos talleres permitirían mostrar los principales resultados del estudio por parte del equipo de COCHILCO más la intervención de expositores locales de los países analizados, quienes podrían entregar su visión sobre las iniciativas que están llevando a cabo en sus países, ya sea a nivel de gobierno o empresas mineras. Además se podría invitar a expositores internacionales de los países analizados en el capítulo 6.

Se estima que en este evento, el equipo de trabajo de COCHILCO podría, en conjunto con los actores locales de la red de cooperación de los 4 países analizados de América Latina, desarrollar un proceso participativo que permita generar un mayor consenso sobre las propuestas de recomendaciones de política para el fomento y desarrollo de la innovación tecnológica minera aplicada a los proveedores locales, considerando que este proceso debe nacer de las experiencias y realidades de cada país.

Considerando que uno de los objetivos de esta investigación fue la creación de una red de cooperación para el intercambio de información y experiencias, se propone poner a disposición de los miembros de la red la documentación relevante que ha sido recolectada a lo largo de la ejecución del proyecto, la cual puede ser entregada en un CD durante el taller de difusión y análisis de los resultados y recomendaciones

Sobre la red de cooperación, se estima que los principales actores de los países analizados que pudieran formar parte de red, sin perjuicio que otros actores no citados en la tabla que se muestra a continuación puedan ser incorporados posteriormente, serían los siguientes:

<b>Actores</b>	<b>Brasil</b>	<b>México</b>	<b>Perú</b>	<b>Chile</b>
Agencias de gobierno	Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Exterior (MDIC) Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT): FNDCT, FINEP, CNPq, Ministerio de Minas y Energía (DNPM) SEBRAE Secretaría de Ciencia y Tecnología de Minas Gerais	Secretaría de Economía: Coordinación General de Minería y sus direcciones CONACYT: PECYT, SNCT Bancomext	Ministerio de la Producción Ministerio de Energía y Minas CONCYTEC FONCYC Ministerio de Educación Gobiernos Regionales	Ministerio de Minería y sus servicios (COCHILCO, SERNAGEOMIN), CORFO CONICYT PROCHILE Comité de Inversiones Extranjeras Gobiernos Regionales
Asociaciones Gremiales y sus empresas mineras	IBRAM Empresas mineras: CVRD, Votorantim Metais, FIDA (productos calcarios de Cal), Rio Tinto, Confederación Nacional Industrial (CNI)	Cámara Minera de México, (CAMIMEX), Grupo México y sus operaciones, Minera Peñoles y sus operaciones	Centro de Desarrollo Industrial, Sociedad Nacional de Industrias, Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía Centro de Servicios Empresariales Asociación de Exportadores de Perú (ADEX) Comisión para la Promoción de Exportadores (Prompex) Empresas mineras: Minera Milpo, Southern Perú, Doe Run Perú, Barrick Gold, Cerro Verde, Minera Yanacocha (ALAC)	Consejo Minero SONAMI Empresas mineras: CODELCO CHILE, BHP Billiton y sus operaciones, Phelps Dodge, Anglo American, Minera Doña Inés de Collahuasi, ENAMI, Antofagasta Minerals, etc.
Asociaciones de Proveedores	IBRAM Asociaciones y empresas proveedoras locales: CSN	Asociaciones y empresas proveedoras locales: Grupo IMSA, Vaesa,	Asociaciones y empresas proveedoras locales: FIMA, Mametsa, cementos Lima, FAMESA, Metalúrgica Peruana, Petrobras	APRIMIN y empresas socias Consorcio Minexport Chile y empresas socias ASIMET y empresas socias Empresas proveedoras locales: Enaex, Caucho Técnica, Metalúrgica Reversol, CSH, Cementos Inacesa, Moly Cop, Proacer, Conymet, etc. Asociaciones regionales: AII, AIA, CORPROA Asociación de empresas consultoras de ingeniería de Chile Cámara Chilena de la Construcción Cámara de Comercio de Santiago QUADREM
Centros Tecnológicos y de Entrenamiento	CETEM, INT Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC)	Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Minera Peñoles Centros tecnológicos públicos ligados al CONACYT	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) CITEs del sector minero	CIMM Fundación Chile CEIM, CTM, CICITEM, Bio Sigma, Alliance Copper, IM2 de Codelco Chile Centro de Transferencia Tecnológica, Universidad

		Instituto Politécnico Nacional Instituto Tecnológico Superior de Monterrey		Católica de Valparaíso
Universidades locales y asociaciones de profesionales, consultores expertos	Universidades Federales: de Ouro Petro, Minas Gerais, de Rio de Janeiro, Sao Carlos, Vinosa, Pará Universidad de Sao Paulo Pontificia Universidad Católica, Rio de Janeiro	Universidades: UNAM, Guadalajara, de Sonora, Autónoma San Luis de Potosí, de Nuevo León, Iberoamericana, Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México Consultoría e Investigación en Medio Ambiente	Universidades: Nacional de San Agustín de Arequipa, Nacional de Ingeniería, Nacional del Centro del Perú, de Huancayo-Junín; Nacional Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco; Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna; Nacional Mayor de San Marcos; Pontificia Universidad Católica del Perú Colegio de Ingenieros del Perú, GRADE TECSUP	Universidades: de Concepción, Católica del Norte, de Antofagasta, de La Serena, Católica de Valparaíso, de Chile Instituto de Ingenieros Colegio de Ingenieros Instituto de Ingenieros de Minas de Chile
Otros	Organizadores de ferias mineras	Organizadores de ferias mineras	Bolsa de Metales de Lima	CEPAL, AMIRA Latinoamérica (con sedes en Chile)

	<b>Australia</b>	<b>Canadá</b>	<b>Sudáfrica</b>	<b>Finlandia</b>
<b>Principales Actores</b>	Ministerio de Industria, Recursos y Turismo, Consejo Nacional de Innovación, Inversión en Australia, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Asociación de Exportadores Mineros de Australia (Austmine) Minerals Council of Australia CRC for Mining: AMIRA: Sustainable Minerals Institute: International Mass Mining Foundation: WH Bryan Mining Geology Research Centre: Cooperative Research Centres Association	Natural Resources Canada: Mining and Mineral Sciences Laboratories (CANMET) Gobierno de Ontario: Mines and Minerals Division del Ministry of Northern Development and Mines de Ontario, y Trade and Investment Marketing, Development Corporation, Greater Sudbury Canada Ontario Mineral Industry Cluster Council Empresas mineras: INCO; Falconbridge Limited Laurentian University: Mining Initiatives, Canadian Research Chair in Robotics & Automation, Exploration Research Centre (MERC) University of Toronto: Lassonde Institute, Centre for Chemical Process Metallurgy Consortios tecnológicos: Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO) Proveedores: Northern Centre for Advanced Technology Inc. (NORCAT), Sudbury Area Mining Suppliers and Service Association (SAMSAA)	Ministerio de Minerales y Energía Departamento de Comercio e Industria Cámara Minera de África del Sur MINTEK Anglo Zimele Klula Enterprise Finance Limited	Consejo de Ciencia y Tecnología Ministerio de Comercio e Industria Centro de Información en Ciencia y Tecnología Agencia Tekes Academia de Finlandia, Universidades en Finlandia Centro de Empleo y Desarrollo Económico Centro de Investigación técnica de Finlandia Finnvera Finpro Invest en Finlandia High Technology Finland, Outokumpu Technology,

En opinión del equipo de trabajo de COCHILCO la creación y funcionamiento permanente de una red de intercambio de información y conocimientos de este tipo, requiere un análisis más en detalle, principalmente de plazos y financiamiento. Además debiera requerir el involucramiento de actores con un alcance regional de su trabajo, tales como IDRC o CEPAL. Este es un interesante tema a plantear a los actores locales en el taller de análisis.

Cabe señalar que a nivel regional existe el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED, [www.cytmed.org](http://www.cytmed.org)), que cuenta con el apoyo del Gobierno de España, y tiene como objetivo el intercambio de información y desarrollo de proyectos en varios sectores productivos.

Por otra parte, esta línea de investigación ha sido bien recibida en los países analizados, y se han recibido consultas para analizar la temática en otros países de América Latina, por ejemplo Argentina o los países que tienen minería en el Caribe<sup>277</sup>, donde se está trabajando en el tema de cluster y encadenamientos, y actores locales estarían interesados en trabajar el tema de encadenamientos con la minería. En este sentido, sería interesante explorar formas de poder colaborar sobre la temática, y la participación de actores locales de estos países en el seminario propuesto podría ser una buena oportunidad para difundir estos conceptos, resultados y propuestas.

---

<sup>277</sup> En Jamaica hay importantes operaciones de bauxita y en Surinam de bauxita y oro. Por su parte, en Guyana hay un sector minero importante y se están desarrollando algunos proyectos de cluster.

# **ANEXOS**



## **Anexo II.1. Equipo de trabajo y red de cooperación**

- **Armando Valenzuela, Director del Proyecto**

Ingeniero Civil en Metalurgia, Universidad de Atacama; M. Sc. en Ingeniería de Minas de la Universidad Laval, Québec, Canadá. Investigador en temas sobre política minera, desarrollo sustentable de la industria minera, regulaciones ambientales internacionales. Coordinador de proyectos relacionados al Cluster Minero y los encadenamientos productivos en torno a la industria minera, Acceso a Mercados para Minerales y Metales, Propuesta de Anteproyecto de Ley que Regula el Cierre de Faenas Mineras en Chile, elaborados por COCHILCO a petición del Ministerio de Minería. Además, ha participado en comités para la definición de normas ambientales en el país, acuerdos de producción limpia.

Es autor y coautor de varias publicaciones en varias revistas y conferencias nacionales e internacionales, y ha sido conferencista y dictado charlas y curso sobre la Gestión Ambiental en la Industria Minera en Chile, Cuba, Canadá, y Perú (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Facultad de Ciencias Naturales y Formales), entre otros. Es miembro activo del Instituto de Minas, Metalurgia y Petróleo de Canadá (CIM), y coautor del libro “Environmental Issues in the Mining and Metallurgical Industry”, editado por la Universidad de Concepción (2004).

- **Cristian Muñoz, encargado de temas de análisis del sector minero**

Ingeniero Comercial mención Economía, Universidad de Chile. MBA mención finanzas, Universidad de Chile. Trabaja en COCHILCO desde 1992, pasando por varias de sus áreas funcionales. Actualmente se desempeña como investigador en temas relativos a la aplicación el impuesto específico a la industria minera y de los aportes de las empresas mineras al Estado. Además desarrolla tareas de análisis del mercado del cobre.

- **Guillermo Olivares Quintanilla, encargado del tema de encadenamientos productivos, demanda de bienes, insumos y servicios en minería.**

Ingeniero Civil de Minas de la Universidad de Chile y M Sc. in Mineral Economics de la Curtin University of Technology de Western Australia. Se ha desempeñado como Ingeniero de Proyectos en Empresas de Ingeniería y como investigador en empresas proveedoras y universidades nacionales. Destaca su participación como Asistente de Investigación y Coordinador Administrativo en Proyectos de Investigación y Desarrollo FONDEF aplicados a la Minería en el Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile. En este proyecto, pudo actualizarse el tema del Flujo Gravitacional aplicado a la Minería del Block Caving que hoy es un tema ampliamente investigado por instituciones como el International Caving Study con sede en Brisbane, Australia, JKMR y CSIRO.

Actualmente se desempeña como Analista en la Dirección de Estudios de la Comisión Chilena del Cobre donde participa en proyectos relacionados al Desarrollo Sustentable de la Minería (Fortalecimiento de los Encadenamientos Productivos en la Minería y Desafíos Futuros para la Exploración Minera), al tema de la Innovación Tecnológica en Minería y al estudio de Mercados Mineros (Molibdeno, Hierro y Acero).

- **Hernán Vives, apoyo en tema de innovación y desarrollo tecnológico en minería.**

Ingeniero Civil en Minas, Universidad de Santiago de Chile. Diplomado en Certificación y Valorización de Activos Mineros, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Desde el año 2003 se ha desempeñado como Analista de Inversiones en la Comisión Chilena del Cobre, principalmente en el análisis de los proyectos corporativos de Codelco (Programas tecnológicos, Proyecto Gaby, etc.)

- **Jorge Villablanca, encargado administración y finanzas**

Contador Auditor y Analista de Sistemas. Magíster en administración y dirección de empresas, Secretario General de la Comisión Chilena del Cobre. Coordinador de administración y finanzas de varios proyectos nacionales e internacionales. Se ha desempeñado como académico en varias universidades en las áreas de gestión comercial, financiera y de comportamiento organizacional. Asimismo ha participado como coautor en varias publicaciones.

- **Marta Miranda, asistente administrativa**

Secretaria. Varios años de experiencia en coordinación de actividades dentro de la COCHILCO.

### **Red de Cooperación**

- **Roberto C. Villas Bôas, Centro de Tecnología Mineral, Brasil**

Ingeniero de Minas, M.Sc. Ingeniería Metalúrgica, Doctor en Ciencias, D.Sc., Ciencias e Ingeniería de Materiales. Investigador Titular del CETEM, Coordinador de Desarrollo Sustentable de la Industria Extractiva Mineral del Centro de Tecnología Mineral, Ministerio de Ciencia y Tecnología (CETEM/MCT) y Coordinador Internacional Subprograma XIII "Tecnología Mineral" - Cytel. CETEM, Brasil.

Ha publicado más una serie de libros, artículos científicos y técnicos en diferentes revistas y conferencias y corrientemente está organizando encuentros internacionales en su campo de trabajo.

- **Mario Sánchez, Universidad de Concepción - Chile**

Profesor en el Departamento de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad de Concepción, Chile. Ingeniero Metalúrgico en esta Universidad (1973), Dr. Ingeniero en el Instituto Nacional Politécnico de Grenoble, Francia (1980). Su principal campo de interés es la Innovación en Minería, principalmente en los campos de la Metalurgia Extractiva, los Procesos a alta temperatura y los problemas medio ambientales en Minería y Metalurgia.

Ha trabajado como supervisor de planta en la Fundición de Chuquicamata de CODELCO Chile (1972-73) y ha participado como académico visitante en varios Centros y Universidades: Imperial College of Science, Medicine and Technology, Londres, Inglaterra (1989-90), Technical University of Kosice, Eslovaquia (1996), Université Laval, Québec, Canadá (2000), y en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú (2000-04).

Es co-editor de numerosos proceedings en inglés en el campo de los problemas medio ambientales y tecnologías de tratamiento en minería y metalurgia, entre otros: Clean Technology for the Mining Industry (1996), Effluent treatment in the Mining Industry (1998), Environment & Innovation in Mining and Mineral Technology (1998), Waste treatment and environmental impact in the mining industry (2000), Environmental improvements in mineral processing and Extractive Metallurgy (2000). Es co-autor de los textos Pirometalurgia del cobre y comportamiento de sistemas fundidos (2002) y Environmental Issues in the Mining and Metallurgical Industry (2004). Todos ellos editados por la Universidad de Concepción.

Ha publicado más de 90 artículos científicos y técnicos en diferentes revistas y conferencias y corrientemente está organizando encuentros internacionales en su campo de trabajo.

Es miembro activo del Colegio de Ingenieros de Chile, Instituto de Ingenieros de Minas de Chile y del Minerals, Metals and Materials Society de Estados Unidos.

- **José Palacios Guzmán, Instituto de Derecho de Minas y Aguas, Universidad de Atacama, Chile**

Ingeniero Civil Metalurgista, Universidad de Santiago de Chile (1981) y Doctor of Philosophy, Ph.D., Purdue University, Indiana, Estados Unidos (1990).

Entre sus labores directivas se ha desempeñado en la Universidad de Atacama como Director del Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, IDICTEC (1991); Director del Departamento de Metalurgia (1992 – 1994), Director de Investigaciones (1994 – 1998), siendo actualmente el rector de la Universidad de Atacama, desde el año 2002.

Además es profesor titular del Departamento de Metalurgia, Universidad de Atacama, y profesor Adjunto del Instituto de Derecho de Minas y Aguas de la misma universidad, del Programa de Doctorado, Departamento de Metalurgia, Universidad de Santiago, y de la Escuela de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad San Agustín de Arequipa, Perú. También fue profesor adjunto del Departamento de Ciencia de Materiales, Universidad Técnica Federico Santa María, (2001-2002), y asistente de investigación del Laboratorio R. Schuhmann Jr., School of Materials Engineering, Purdue University, USA, (1986 - 1990) y del Research Institute of Mineral Dressing and metallurgy (SENKEN), Tohoku University, Japón, (1984 - 1985).

Ha sido profesor visitante en la Purdue University, Indiana, Estados Unidos; el Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México; la Universidad Privada de Santa Cruz, Santa Cruz, Bolivia; la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, y la Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia.

Sus áreas de investigación son los Aspectos Técnicos y Tecnológicos de la Minería, tales como el procesamiento de minerales, procesos pirometalúrgicos, Hidrometalurgia y Electrometalurgia. Es miembro del Comité Editorial de varias publicaciones y congresos nacionales e internacionales.

- **José Huezó, Universidad Nacional Autónoma de México, México**

Ingeniero de Minas y Metalurgista, Facultad de Ingeniería de la UNAM, (1992), Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Metalúrgica, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del Instituto Politécnico Nacional (1998); Diplomado de Docencia en la Ingeniería, Centro de Docencia de la Facultad de Ingeniería, UNAM (2005).

Ha estado ligado a la enseñanza en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, desde el año 1993, siendo profesor de carrera asociado desde el año 1999, en las áreas de preparación mecánica y concentración de minerales, e hidro – electrometalurgia. Ha escrito más de 100 trabajos de investigación que han sido publicados en congresos, conferencias, revistas científicas, y asesorado a la industria. Además, se desempeña como coordinador de la Carrera de Ingeniero de Minas y Metalurgista, en el Departamento de Explotación de Minas y Metalurgia, de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Es Secretario Técnico del Consejo General de la AIESMIN “Asociación Iberoamericana de Enseñanza Superior de la Minería” de diciembre de 2002 a la fecha y Representante de México ante la AIESMIN de 2000 a la fecha, Miembro de la Sociedad Mexicana de Mineralogía de México A.C. desde mayo de 1993, entre otras asociaciones.

- **Mario Arroyo, Instituto de Investigación en Desarrollo Sustentable, Universidad Iberoamericana, México**

Licenciado en Economía de la Universidad Iberoamericana, Campus Sta. Fe, México (1992) y Master en Economía de Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad de Concepción, Concepción, Chile (1996).

Entre 1997 y 2004 se desempeñó como Académico del Departamento de Economía e Investigador del Instituto de Economía Aplicada Regional de la Universidad Católica del Norte, en Antofagasta, Chile. Entre el año 2001 – 2004 fue Director del Instituto de Economía Aplicada Regional y entre 2002 y 2004 fue Director del Departamento de Economía

Ha sido Coordinador de Asesores Económicos de la Presidencia de la República de México (1993 – 1994), donde realizó un seguimiento y evaluación de las principales variables de la economía mexicana, análisis del desempeño de las ramas del sector manufacturero, así como elaboración de reportes de coyuntura económica. Entre 1992 y 1993, trabajó en la Dirección General de Normatividad, Reordenamiento e Impacto Ambiental (DGNRIA) dependiente de la Secretaría de Ecología del Estado de México, siendo Encargado del área de Política Ambiental de la Dirección General.

Sus Áreas temáticas de proyectos de investigación desarrollados son la economía de recursos naturales y economía minera, el desarrollo local y humano, la responsabilidad social empresarial, la evaluación de Impacto de proyectos sociales ejecutados por empresas mineras, el desarrollo minero y social en minería y el fomento productivo local.

- **Juana Kuramoto, GRADE, Perú**

Bachiller en Economía, Universidad de Lima, Lima, Perú (1990); Master de Ciencias en Políticas y Administración Públicas, Escuela de Políticas y Administración Pública H. John Heinz III de la Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania (1995) y PhD. en Estudios Económicos y de Política del Cambio Técnico (candidata) de la Universidad de Maastricht, Maastricht, Países Bajos, en el marco del Programa MERIT-INTECH/UNU. Su Tópico de disertación dice relación con el “El impacto de la hidrometalurgia en los países productores de cobre; el caso del Perú”, que analiza el impacto de una nueva tecnología de producción de metales en la estructura de la industria del cobre.

Ha sido co-coordinadora de las actividades en Perú del proyecto Minerales, Minería y Desarrollo Sustentable, patrocinado por el Instituto Internacional de Desarrollo y Medioambiente (Londres) (2001); Asesora y facilitadora en el diseño y discusión de planes estratégicos a mediano plazo (Plan Nacional de Competitividad y Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación) (2002 – 2005) e Investigadora en distintos estudios relacionados con sectores intensivos en recursos naturales (con énfasis en el sector minero) en temas de innovación tecnológica, clusters y desarrollo local en el *Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE)*, Lima, Perú (1998 hasta la fecha).

- **Daniel Lovera, Dávila, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú**

Grado de Bachiller en Ingeniería Química en la Facultad de Ingeniería Química; estudio de post grado en Ingeniería Química (1987), estudio doctorales en Ingeniería Industrial (2004) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) - Lima – Perú; y estudios de post grado en Ingeniería Metalúrgica (1994) de la Universidad de Concepción – Chile.

Entre sus actividades académicas y administrativas en la UNMSM destacan: Miembro del Consejo Superior de Investigaciones, 2001-2005; Coordinador de las Unidades de Investigaciones del Área de Ingenierías (Facultad de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería Industrial, Facultad de Electrónica, Facultad de Química e Ingeniería Química, Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, 2001 –2005; Director del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, 2000-2005; Profesor de la Unidad de Post Grado de Ingeniería Metalúrgica; y Profesor Principal en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica, y Miembro de la Comisión de la Revista Técnica de la Facultad IGMMG.

Es expositor a nivel Nacional e Internacional en eventos académicos, científicos, empresariales e institucionales, y tiene un amplia experiencia de trabajo en la industria minera peruana y latinoamericana.

Es miembro del Colegio de Ingenieros del Perú, Sociedad Química del Perú ,Instituto de Investigaciones de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Consejo Superior de Investigaciones – UNMSM, IASD – PERU, OIDP – ESPAÑA, Earthday – EEUU, Red Latinoamérica de Industrias Extractivas y Desarrollo Sostenible REDLIEDS, Red Ciencia y Tecnología de la OEA, Red Latinoamericana de Materiales – NOTIMAT, Red Latinoamericana de Calidad de Aire. Red Latinoamericana de Ética y Desarrollo, entre otros.

## **Anexo II.2. Contactos realizados y posibles participantes de la Red de Colaboración**

### **Brasil**

- Carlos Nogueira da Costa Junior, Secretario Adjunto, Ministerio de Minas e Energía
- Antonio Fernando, Director, Departamento Nacional de Producao Mineral, Ministerio de Minas e Energia
- Lucio Carramillo Caetano, Geólogo, Departamento Nacional de Producao Mineral, Ministerio de Minas e Energia
- Marcos Antonio Cordeiro Maron, Secretaria de Geología e Mineracao, Ministerio de Minas e Energia
- Adao Benvindo da Luz, Director, Centro de Tecnología Mineral (CETEM), Ministerio de Ciencia e Tecnología
- Francisco Lapido-Loureiro, Pesquisador Emérito, Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)
- Carlos Peiter, Chefe do Servico de Apoio aos Arranjos Produtivos Locais, Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)
- Nuria Fernández Castro, Coordenacao de Apoio Tecnológico a Micro e Pequena Empresa, Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)
- Maria Helena M. Rocha Lima, Servicio de Desenvolvimento Sustentavel – SEDS, Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)
- Renato R. Ciminelli, Secretaria de Ciencia y Tecnología - Minas Gerais
- José Mendo Mizal de Souza, Vice-Presidente Executivo, Instituto Brasileiro de Mineracao (IBRAM)
- Hermani Mota de Lima, Universidade Federal de Ouro Preto
- Celso Pinto Ferraz, consultora Economia Mineral
- Eduardo Vale, Director, BAMBURRA Planejamento e Economia Mineral Ltda.
- Flavio Erthal, Presidente, Secretaria de Energia, da Indústria Naval e do Petróleo / Departamento de Recursos Minerais, Rio de Janeiro
- Gilberto Dias Calaes, Director, Consultoria de Empreendimientos Ltda. (ConDet)
- Jones Belther, Gerente General de Geologia y Exploración, Votorantim Metais
- Vânia Lúcia de Lima Andrade, DEGS - Coordenadora de Análises Técnicas, Diretoria de Serviços Técnicos, Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)
- Serafim Carvalho Melo, Coordinador del Consejo de Integración Internacional, Federación de las Industrias en Mato Grosso
- Paulo Anversa, empresa FIDA (productos calcarios de Cal)

### **Perú**

- César Rodríguez Villanueva, Director General de Minería, Ministerio de Energía y Minas
- Walter E. Sánchez, Sub-Director Promoción Económica Minera, Ministerio de Energía y Minas
- José Macharé Ordoñez, Director Ejecutivo, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
- Victor Lay Biancardi, Presidente (e) del Consejo Directivo, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
- Victor Carlotto Caillaux, Director Geocientífico, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
- Caterina Pedestá Mevius, Gerente General, Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía
- Angel Murillo, Subgerente del Sector Minero, Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía
- Raúl Gómez, Departamento de Administración, Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía
- Francisco Ismodes, Gerente Corporativo, Compañía Minera Milpo S.A.

- Christian Putnam, Ejecutivo Comercial, Compañía Minera Milpo S.A.
- Carlos F. Aranda, Gerente, Southern Peru
- Jose De Los Heroes, Director Comercial, Southern Peru
- Jorge Esquerre Gutierrez, Supervisor de Relaciones Públicas, Southern Peru
- Emilio E. Ley, Vice Presidente – Comercial, Doe Run Perú
- Eduardo Rubio Roach, Director, Minera Quellaveco S.A.
- Jorge Cohello Cesardo, Gerente Oficina Arequipa, Base Metals - BHP Billiton Tintaya S.A
- Felipe Cantuarias, Vice-Presidente, Asuntos Corporativos & Comercial, Compañía Minera Antamina S.A.
- Jorge Ardila Arevalo, Presidente, Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Departamento de Lima - Capitulo de Ingeniería de Minas
- Miguel Rivera Feijóo, Presidente, Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Departamento de Lima - Capitulo de Ingeniería Geológica
- Carlos Ferraro, Director Nacional de Industria, Ministerio de la Producción (PRODUCE)
- Aron Amiel, Gerente de Área, FIMA S.A.
- Luis Tenorio Puentes, Director Ejecutivo, Centro de Desarrollo Industrial Sociedad Nacional de Industrias
- Pedro Luksic S., Gerente General, Hidrosta
- Valentin Bartra Abensur, Asesor Legal, Alfonso de la Torre Abogados Asociados
- Cesar José Janampa Ramos, Director Gerente, Mametsa
- Alberto Arispe Bazán, Gerente de Desarrollo de Proyectos, Bolsa de Metales de Lima S.A.
- Víctor Benigno Ascuña, Director de Escuela de Metalurgia, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Facultad de Ciencias Naturales y Formales.

### **México**

- José Huevo Casillas, Coordinador de la carrera de ingeniero de minas y metalurgista, Universidad Nacional Autónoma de México
- Salvador Ortiz, Coordinación General de Minería, Secretaría de Economía
- Francisco Querol, Director General de Promoción Minera, Coordinación General de Minería
- Guillermo Florenzani, Director de Promoción de Proyecto, Coordinación General de Minería
- Sergio Rendón, Director de Análisis e Información, Coordinación General de Minería
- Adriana Magos Medina, Sector Materiales de Construcción, Bancomext
- Xavier Garcia de Quevedo, Presidente, Minera México
- Juan Rebolledo Gout, Vicepresidente de Relaciones Internacionales, Grupo México
- Manuel Calderón, Director de Planeación y Control de Minas, Grupo México
- Vidal Muhech Dip, Director Corporativo de Ingeniería y Construcción, Grupo México
- Fernando L. Malanco C., Asesor y Consultor Técnico, Grupo México
- Raul Herrera, Gerente de Plantas, Mexicana de Cananea, Southern Copper, Grupo México
- Moisés Encinas, Superintendencia de Plantas E.S.D.E., Mexicana de Cananea, Grupo México
- Emilio Pérez D., Gerente de Asesoría y Normatividad Fiscal, Servicios Industriales Peñoles
- Oscar López S., Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Servicios Industriales Peñoles
- José Luis Loyola, Superintendente de Planta, proyecto Milpilllas, Compañía Minera La Parreña, Peñoles
- Adrián Hernández P., asesor metalurgista, proyecto Milpilllas, Compañía Minera La Parreña, Peñoles
- Sergio Almazán Esqueda, Director General, Cámara Minera de México, (CAMIMEX).

- Juan Manuel Pérez Ibarquengoitia, Representante de Servicios Industriales Peñoles y de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. (AIMMGM).
- Eduardo Guerrero Leyva, Jefe del Departamento de Explotación de Minas y Metalurgia y Miembro del Comité de Carrera de Ingeniero de Minas y Metalurgista, UNAM.
- Jorge Ornelas Tabares, Profesor de Carrera del Departamento de Explotación de Minas y Metalurgia y Miembro del Comité de Carrera de Ingeniero de Minas y Metalurgista, UNAM.
- José Enrique Santos Jallath, Profesor de Asignatura del Departamento de Explotación de Minas y Metalurgia y Miembro del Comité de Carrera de Ing. De Minas y Metalurgista, UNAM.
- Gustavo Camacho Ortega, Profesor de Medio Tiempo del Departamento de Explotación de Minas y Metalurgia y Miembro del Comité de Carrera de Ing. de Minas y Metalurgista, UNAM
- José Santos, Consultoría e Investigación en Medio Ambiente, S.C., México
- Ing. Walter Ramírez Meda, Depto. de Ingeniería de Proyectos, Universidad de Guadalajara

## Chile

- Claudio Maggi, Gerente Investigación y Desarrollo, CORFO
- Pedro Sierra Bosch, Gerente de Innovación, Innova Chile, CORFO
- Claudio Bitran, Head, Investment Promotion, CORFO
- Ignacio Moreno, Director Ejecutivo, Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM)
- Ricardo Venegas, Director de Investigación y Desarrollo, Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM)
- Jorge Yutronic F., Director Ejecutivo, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT)
- Regina Rodríguez, Departamento Servicios, PROCHILE, Ministerio de Relaciones Exteriores
- Pablo Arce, Product Manager Minería, PROCHILE, Ministerio de Relaciones Exteriores
- Fernando Moure R., Vicepresidente Corporativo de Servicios Compartidos, Codelco Chile
- Patricio, Mac Niven, Gerente Corporativo de Abastecimiento, Codelco Chile
- Henry Hanssens, Director Proyecto Gestión de Contratistas, Codelco Chile
- Eugenio Cepeda Sánchez, Consultor de Procesos, Departamento Gestión Empresas y Procesos, Gerencia Corporativa de Abastecimiento.
- Ernesto Palacios V, Gerente Ejecutivo, Minexport Chile
- Alejandra Molina, Gerente Gremial, Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas, Asimet A.G.
- Carmen Gloria Fuentealba, Gerente de Servicios y Relaciones Internacionales, Cámara de Comercio de Santiago
- Marcela Angulo, Gerente Área Ambiente y Metrología Química, Fundación Chile
- María Elena Torres, Directora Programa de Producción más Limpia, Gerente Área Ambiente y Metrología Química, Fundación Chile
- Miguel Mardones, Director Programa Tecnologías Ambientales, Gerente Área Ambiente y Metrología Química, Fundación Chile
- Oscar Coustasse, Director de Negocios Tecnológicos, Gerente Área Ambiente y Metrología Química, Fundación Chile
- Juan Ramón Candia, Director Programa Remediación Ambiental, Fundación Chile
- Antonia Alvarado, Programa Remediación Ambiental, Fundación Chile
- Carlos Gajardo Roberts, Gerente Asuntos Públicos y Medio Ambiente, Sociedad Nacional de Minería
- Víctor Carrión, Presidente, Asociación de Grandes Proveedores de la Minería, APRIMIN
- Pedro Lasota, Gerente General, Asociación de Grandes Proveedores de la Minería, APRIMIN

- Paulino Alonso, Decano, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Valparaíso
- Joseph Ramos, Decano Facultad Economía, Universidad de Chile
- Federico Brunner, Director Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad de la Serena
- Marcelo Arredondo, Gerente General, Centro de Transferencia Tecnológica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- Ricardo Badilla, General Manager & CEO, BioSigma
- Carlos Parada, Gerente Expomin, FISA S.A.
- Rene Ureta Quintana, Presidente, Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G.
- Rossana Cavali, Ingeniero de Estudio, Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G.
- Francisco Soto Retamal, Gerente de Estudios, Consejo Minero
- Alex Schnake, Gerente de Servicios, Compañía Minera Doña Ines de Collahuasi SCM
- Cleve Lightfoot, Technical Manager, BHP Billiton Chile
- Michael Eamon, Global Practice Leader, Hydrometallurgy & Technology, Base Metals Minerals, BHP Billiton Chile
- Bernardita Fernández B., Gerente de Asuntos Corporativos, Phelps Dodge Mining Services Inc.
- Lorenzo Menendez, Gerente de Desarrollo Sustentable y Seguridad, Anglo American.
- Ademir Ramirez, Jefe de Proyecto, Minmetal
- Fernando Reyes, Gerente Desarrollo Negocios, SKM Minmental
- Julio Morales, Vicepresidente Regional – Chile, Quadrem
- Cristián Villalobos Aedo, Gerente Comercial y de Operaciones, Distribuidora de Explosivos y Accesorios S.A. – DIEXA
- Martti Haaito, Presidente Sudamérica, Outokumpu Technology
- Ernesto Fauré García, Vice President, Sales & Marketing, Outokumpu Technology Chile Ltda.
- Wayne R. Hopkins, Technology Director, Engineering & Construction Division, Aker Kvaerner
- Juan Carlos Kovacic, Director de Desarrollo de Negocios, Aker Kvaerner y Presidente Cámara Chilena Australiana de Comercio A.G.
- Juan Manuel Rodríguez, Director Regional de Ventas para América Latina, CYTEC Chile Ltda.
- Claudio Rodríguez, Presidente, Orica Latin America
- John C. Pinela, Gerente General, Orica Chile S.A.
- Christian Contador Díaz, Gerente Comercial, Orica Chile S.A.
- Marcos Vicencio, Supervisor UBST, Underground Bulk Systems, Orica Chile S.A.
- Leopoldo Bailac, Presidente, Asociación de Industriales de Iquique y Zofri A.G.
- Roberto Varas, Gerente, Asociación de Industriales de Iquique y Zofri A.G.
- Claudio Bouchette, Director Provincial Programa TODOCHILE, Corporación de Fomento de la Producción, I Región
- Patricia Rioseco, Gerente de Administración, Compañía Minera Doña Ines de Collahuasi SCM
- Leonel Mayer, Jefe de Adquisiciones, Compañía Minera Doña Ines de Collahuasi SCM
- Fernando Rivas, Presidente, Asociación de Industriales Antofagasta
- Fernando Cortez Guerra, Director Ejecutivo, Asociación de Industriales Antofagasta
- Juan Pablo León, Director de Estudios, Asociación de Industriales Antofagasta
- Gina Caprioglio, Ingeniero de Proyectos, Asociación de Industriales Antofagasta
- Orlando Castillo, Director Regional, CORFO II Región
- Juan Zamorano Suarez, Ejecutivo de Proyectos, CORFO II Región



- Mesin Cortes, Coordinador Programa Territorial Integrado Cluster Minero, CORFO II Región
- Mauricio Vivencio, Secretario Ministerial de Minería II Región Antofagasta, Ministerio de Minería
- José González Cortes, Director Regional ProChile Antofagasta, Ministerio de Relaciones Exteriores
- Jorge Guerra, Director Regional II Región, Sernageomin
- Pedro Damjanic Yutroic, Vicepresidente Servicios Operacionales, Escondida
- Manuel Ortiz, Gerente de Abastecimiento, Escondida
- Víctor Conejeros Trujillo, Director Depto. De Ingeniería Metalúrgica, Universidad Católica del Norte
- Pamela Garrido, Académico, Universidad Católica del Norte
- Christian Goñi, Académico, Universidad Católica del Norte
- Pedro Cordova MENA, Decano Facultad Ingeniería, Universidad de Antofagasta
- Jorge Clunes Almonte, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antofagasta
- Leonardo Troncoso, Gerente General, Corporación para el desarrollo de la Región de Atacama (CORPROA)
- Marynella Salvador Villamar, Subgerente Departamento de Estudios y Políticas Regionales, CORPROA
- Adib Merlez, Departamento de Estudios y Políticas Regionales, Corporación para el desarrollo de la Región de Atacama (CORPROA)
- Julia Rojas, Directora Corfo III Región
- Hernán Kong Mac-Lean, Ejecutivo de Proyecto, Corfo III Región
- Gonzalo García Caravantes, Consejero Comercial de México en Chile

### **Canadá**

- Louise Laverdure, Mining and Mineral Sciences Laboratories (CANMET)
- Indira Singh, Executive Director, Ontario Mineral Industry Cluster Council; Ontario Ministry of Northern Development and Mines
- Marc Leraux, Mines and Minerals Division, Ministry of Northern Development and Mines, Ontario
- Pierre Seguin, Business and Industry, Sudbury Area Team, Ministry of Northern Development and Mines, Ontario
- Jock Forbes, Trade and Investment Marketing, Government of Ontario, Canada
- Paul Reid, Development Corporation, Greater Sudbury
- Diogenes Uceda, Falconbridge Technology Centre, Falconbridge Limited
- John Gammon, Mining Initiatives, Laurentian University
- Greg Baiden, Canadian Research Chair in Robotics & Automation, Laurentian University
- Harold Gibson, MERC, Laurentian University
- Paul Young, Lassonde Institute, University of Toronto
- Carlos Díaz, Centre for Chemical Process Metallurgy, University of Toronto
- Darryl Lake, Northern Centre for Advanced Technology Inc. (NORCAT), Sudbury, Ontario
- Mike Castron, Sudbury Area Mining Suppliers and Service Association (SAMSAA),
- Tom Lane, Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO)

### **Otros países e instituciones**

- Rudolf Buitelaar, economista senior, Oficina Subregional para el Caribe, CEPAL
- Fernando Sánchez Albavera, Director División Recursos Naturales e Infraestructura, Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL)

- Eduardo Chaparro, Oficial de Asuntos Económicos, División Recursos Naturales e Infraestructura, Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL).
- Angel Vasquez, Oficina Nacional de Recursos Minerales, Ministerio de la Industria Básica, Cuba
- David Stribley, Business Manager, AMIRA International
- Paul Greenhill, Acting Chief Executive Officer, AMIRA International
- Juan Carlos Salas, AMIRA Internacional, Latinoamérica
- Richard Goode, Resource Based Technology Strategy programme, Mineral Economics and Strategy Unit of MINTEK, Sudáfrica
- Gary Thundercliffe, Technology Manager, CYTEC Industries, Estados Unidos.
- Alfredo De Matos, Global Segment Manager, Mineral Processing, CYTEC Industries Inc., Estados Unidos
- Jorge Mejias, CYTEC Industries Inc., Estados Unidos
- Osvaldo Urzúa, Doctoral Researcher, SPRU-Science & Technology, The Freeman Centre, University of Sussex, Reino Unido
- Paúl Carrión, Director Centro de Investigación Científica y Tecnológica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
- Vilma Pazmiño, Presidente Terrambiente, Quito, Ecuador

## Anexo III.1. Producción de Principales Metales en Chile, Perú, Brasil, México

### Enero - Diciembre 2004

Producto	Brasil	Chile	México	Perú	% de Producción Mundial	Producción 4 países	Producción Total
Bauxita (Miles de TM)	20.948,8	-	-	-	17,2%	20.948,8	121.750,9
Cobre (Miles de TM)	103,2	5.412,5	399,3	1.035,6	47,8%	6.950,6	14.541,3
Estaño (miles de TM)	12,5	-	-	41,6	19,0%	54,1	284,2
Molibdeno (TM)	-	41,9	3,7	14,2	39,4%	59,8	151,6
Oro (TM)	47,6	38,5	21,3	173,2	12,3%	280,6	2.274,1
Plata (TM)	130,0	1.329,5	2.531,0	3.059,8	37,5%	7.050,3	18.793,8
Plomo (miles de TM)	21,3	2,3	116,8	306,2	14,0%	446,6	3.190,7
Zinc (miles de TM)	159,0	27,6	423,8	1.209,0	19,8%	1.819,4	9.167,8

FUENTES: WMS, DICIEMBRE 2005

### Enero-Septiembre 2005

Producto	Brasil	Chile	México	Perú	% de Producción Mundial	Producción 4 países	Producción Total
Bauxita (Miles de TM)	13.842,6	-	-	-	11%	13.842,6	123.414,8
Cobre (Miles de TM)	108,9	4.281,3	355,2	818,8	46%	5.564,2	12.166,1
Estaño (miles de TM)	10,5	-	-	35,5	17%	46,0	267,8
Molibdeno (TM)	-	38,2	3,7	14,2	38%	56,1	145,9
Oro (TM)	40,0	34,2	24,8	160,4	14%	259,4	1.790,2
Plata (TM)	108,3	1.110,2	2.364,6	2.609,3	39%	6.192,4	16.055,1
Plomo (miles de TM)	17,8	0,6	112,5	263,4	12%	394,3	3.221,2
Zinc (miles de TM)	132,5	23,1	390,0	1.032,6	21%	1.578,1	7.657,7

FUENTES: WMS, DICIEMBRE 2005

### Otros - Producción 2004 (Metálicos)

	Brasil	Chile	México	Perú	% de Producción Mundial	Producción 4 países	Producción Total
Cobre SX-EW (miles TM)	-	1.636,3	72,0	167,0	71,4%	1.875,3	2.626,9
Cobre Refinado (miles de TM)	208,0	2.836,7	396,1	505,3	24,9%	3.946,1	15.824,2
Antimonio	-	-	595,0	403,0	0,7%	998,0	144.105,0
Cadmio	-	-	1.597,0	532,0	12,8%	2.129,0	16.607,3
Níquel	47,4	-	-	-	3,7%	47,4	1.278,9
Hierro	220,0	-	12,0	-	18,6%	232,0	1.250,0
Manganeso	1.000,0	-	120,0	-	10,2%	1.120,0	11.000,0
Renio	-	15.600,0	-	5.000,0	-	20.600,0	33.000,0

FUENTES: WMS, DICIEMBRE 2005

Minerals Commodity summaries 2005. USGS (en cursiva).

### Otros - Producción 2004 (No metálicos - Minerales Industriales)

	Brasil	Chile	México	Perú	% de Producción Mundial	Producción 4 países	Producción Total
Baritina	60,0	-	270,0	-	4,8%	330,0	6.900,0
Boro	-	300,0	-	7,0	6,7%	307,0	4.600,0
Diatomita	-	-	65,0	35,0	5,1%	100,0	1.960,0
Feldespatos	75,0	-	330,0	-	3,7%	405,0	11.000,0
Yodo	-	16.200,0	-	-	63,5%	16.200,0	25.500,0
Potasio	360,0	400,0	-	-	2,5%	760,0	30.000,0

FUENTE: Minerals Commodity summaries 2005. USGS.

## Continuación Anexo III.1

### Tasa de Crecimiento 1995-2004

Producto	Brasil	Chile	México	Perú	Producción 4 países	Producción Total	Producción Total - 4
Bauxita (Miles de TM)	8,3%				8,3%	0,3%	-0,8%
Cobre (Miles de TM)	8,7%	9,0%	2,0%	11,0%	8,7%	4,0%	1,1%
Estaño (miles de TM)	-4,8%			7,2%	2,9%	3,9%	4,1%
Molibdeno (TM)		9,9%	-0,6%	17,2%	10,1%	1,0%	-2,3%
Oro (TM)	-3,3%	-1,5%	0,8%	13,3%	4,7%	0,8%	0,4%
Plata (TM)	-1,2%	2,8%	0,9%	5,4%	3,0%	2,9%	2,9%
Plomo (miles de TM)	-11,6%	-28,0%	21,7%	20,7%	10,3%	4,7%	4,0%
Zinc (miles de TM)	-1,9%	-2,4%	1,7%	6,4%	4,0%	2,7%	2,4%

Fuente: Calculos Propios sobre antecedentes de WMS (diciembre 2005 y yearbook 2001)

### Enero - Diciembre 2004

Producto	Brasil	Chile	México	Perú	% de Producción Mundial	Producción 4 países	Producción Total	Producción Total - 4
Bauxita (Miles de TM)	20.948,8	-	-	-	17%	20.948,8	121.750,9	100.802,1
Cobre (Miles de TM)	103,2	5.412,5	399,3	1.035,6	48%	6.950,6	14.541,3	7.590,7
Estaño (miles de TM)	12,5	-	-	41,6	19%	54,1	284,2	230,1
Molibdeno (TM)	-	41,9	3,7	14,2	39%	59,8	151,6	91,8
Oro (TM)	47,6	38,5	21,3	173,2	12%	280,6	2.274,1	1.993,5
Plata (TM)	130,0	1.329,5	2.531,0	3.059,8	38%	7.050,3	18.793,8	11.743,5
Plomo (miles de TM)	21,3	2,3	116,8	306,2	14,0%	446,6	3.190,7	2.744,1
Zinc (miles de TM)	159,0	27,6	423,8	1.209,0	20%	1.819,4	9.167,8	7.348,4

DICIEMBRE 2005

### Enero-Diciembre 1995

Producto	Brasil	Chile	México	Perú	% de Producción Mundial	Producción 4 países	Producción Total	Producción Total - 4
Bauxita (Miles de TM)	10.214,1	-	-	-	9%	10.214,1	118.164,5	107.950,4
Cobre (Miles de TM)	48,9	2.488,6	333,7	405,0	32%	3.276,2	10.180,5	6.904,3
Estaño (miles de TM)	19,4	-	-	22,3	21%	41,7	201,8	160,1
Molibdeno (TM)	-	17,9	3,9	3,4	18%	25,2	138,8	113,6
Oro (TM)	64,4	44,2	19,9	56,5	9%	185,0	2.107,9	1.922,9
Plata (TM)	145,0	1.037,8	2.334,4	1.908,3	37%	5.425,5	14.475,4	9.049,9
Plomo (miles de TM)	64,4	44,2	19,9	56,5	9%	185,0	2.107,9	1.922,9
Zinc (miles de TM)	188,5	34,5	363,7	692,3	18%	1.279,0	7.220,1	5.941,1

YEARBOOK 2001

## Anexo IV.1. Observaciones al Sistema Nacional de Innovación de Perú.

<b>Funciones Exclusivas del Gobierno</b>	
Políticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Las políticas son implícitas</li> <li>→ Existen políticas sectoriales sin integración</li> <li>→ Existen muy pocos instrumentos de política</li> <li>→ El énfasis en concebir planes nacionales de ciencia y tecnología es anticuado; los países ahora enfatizan políticas concretas e instrumentos de política</li> <li>→ El interés del gobierno peruano en las políticas de competitividad puede generar un apoyo significativo para las políticas de innovación</li> </ul>
Asignación de recursos de C&T	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ La inversión del gobierno nacional en C,T&amp;I es muy baja</li> <li>→ Las inversiones en C,T&amp;I se discuten sectorialmente, sin una visión integradora</li> <li>→ La información sobre las inversiones en CTI es incompleta</li> <li>→ Algunas instituciones públicas tienen fuentes de recursos parafiscales; otras no</li> <li>→ No hay una visión integrada sobre los recursos de la cooperación internacional para CTI</li> </ul>
Reguladoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ No hay un esfuerzo concertado para integrar una visión común sobre un sistema nacional de normas y estándares.</li> <li>→ Varios ministerios (Salud, Agricultura) e instituciones (INDECOPI) tienen un papel en el desarrollo de normas y estándares, pero no hay una preocupación para desarrollar la infraestructura técnica necesaria que permita aplicar estos estándares.</li> </ul>
<b>Funciones de Ejecución Compartidas</b>	
Financiamiento de actividades relacionadas con la innovación	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Hay pocas fuentes nacionales para el financiamiento de actividades de C&amp;T</li> <li>→ No hay fuentes nacionales para el financiamiento de actividades de innovación</li> </ul>
Gobierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Durante los últimos diez años, las acciones de los gobiernos han destruido gran parte de la capacidad de los institutos tecnológicos públicos.</li> <li>→ Hoy, muy pocos institutos tecnológicos públicos tienen una concepción clara de la relación con sus clientes actuales y potenciales</li> <li>→ Casi ninguno de los institutos tecnológicos públicos cree que debe cobrar precios remunerativos por los servicios que ofrece</li> <li>→ Ningún instituto tecnológico público utiliza indicadores de desempeño que permitan medir su contribución al país</li> <li>→ Muy pocos tienen sistemas internos de aseguramiento de la calidad de sus actividades</li> <li>→ Escasa capacidad para innovar e introducir tecnologías en el mercado</li> </ul>
Universidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pocos recursos para investigación en las universidades</li> <li>→ A pesar de las definiciones de sus estatutos, prácticamente ninguna puede clasificarse como "universidad de investigación"</li> <li>→ Sin embargo, todas las universidades visitadas tienen alguna actividad de investigación</li> <li>→ Poca vinculación inter e intra-universitaria en investigación</li> <li>→ Hay preocupación en las autoridades universitarias por aumentar la investigación, priorizando proyectos integrados dirigidos a problemas de interés nacional o regional.</li> <li>→ Escasa experiencia y capacidades en la gestión de actividades de investigación</li> <li>→ La información sobre las actividades de investigación en las universidades es escasa y dispersa</li> <li>→ Falta de políticas institucionales que incentiven la publicación de resultados de investigación en medios de relevancia internacional.</li> <li>→ Falta de una política integrada para la formación de investigadores. Los cursos de doctorado son pocos y débiles.</li> <li>→ Falta de un sistema de evaluación y control de calidad de los postgrados.</li> </ul>
Empresas medianas y grandes	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pocas empresas conciben la innovación como una actividad independiente de los proyectos de inversión</li> <li>→ Muy poca comprensión de la necesidad de fondos para financiar actividades de innovación en desarrollo de nuevos productos y procesos</li> <li>→ Algunas empresas comprenden que el desarrollo de nuevos mercados de exportación necesita invertir en innovación vinculada a nuevos productos y procesos</li> <li>→ Las pocas empresas visitadas que desarrollan actividades de innovación lo hacen con sus propios recursos y no imaginan un papel para el gobierno como promotor de estas actividades</li> </ul>
Pequeñas y micro empresas	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Las características de las pequeñas empresas son idénticas a las encontradas en otros países latinoamericanos</li> <li>→ Para este tipo de empresas la difusión de tecnologías es más importante que la innovación. Los CITEs desempeñan un papel relevante como difusores de tecnología.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ En algunos sectores las empresas pequeñas están aprendiendo a cooperar para actuales como potenciales abordar problemas comunes</li> <li>→ La gran mayoría de las pymes son informales y -por lo tanto- no son elegibles como sujetos de crédito para los bancos</li> </ul>
Creación de vinculaciones y flujos de conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ No hay tradición de cooperación entre sectores</li> <li>→ Pocos ejemplos de cooperación entre instituciones del mismo sector (esto se aplica tanto a las empresas como a las universidades o los institutos tecnológicos gubernamentales)</li> <li>→ No hay políticas ni instrumentos para fomentar los flujos de conocimiento y la difusión de tecnologías</li> </ul>
Formación de recursos humanos y fortalecimiento de capacidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ SENATI y TECSUP son buenos ejemplos de instituciones que cumplen con eficacia su papel de formación de recursos humanos calificados en sus respectivos campos</li> <li>→ Las empresas y los institutos tecnológicos tienen un buen concepto de la formación básica de los graduados universitarios pero tienen reparos sobre su formación para resolver problemas prácticos.</li> <li>→ Falta de una política integrada para la formación de investigadores. Los cursos de doctorado son pocos y débiles.</li> <li>→ Falta de un sistema de evaluación y control de calidad de los postgrados</li> <li>→ La realización de tesis de grado en empresas ha demostrado ser un buen camino para completar la formación de los profesionales universitarios</li> </ul>
Servicios técnicos e infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Poca inversión en laboratorios acreditados en las áreas de normas técnicas, calibración y metrología.</li> <li>→ Poca actividad en la protección de derechos de propiedad intelectual. Falta de políticas institucionales de protección de PI en universidades e institutos públicos.</li> <li>→ Los archivos y bases de datos de INDECOPi no se utilizan como fuente de información tecnológica.</li> </ul>
<b>Líneas de Financiamiento</b>	
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Las líneas de financiamiento deben ser diseñadas de tal manera que contribuyan a superar las dificultades basadas en las tradiciones y características de sus destinatarios.</li> <li>→ Las líneas de financiamiento deben ser diseñadas de manera que promuevan nuevos comportamientos en sus eventuales beneficiarios.</li> </ul>
Construcción de capacidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Fortalecimiento de capacidades en la gestión de instrumentos financieros y en desarrollo de políticas.</li> <li>→ Fortalecimiento de capacidades en diseño de proyectos.</li> <li>→ Fortalecimiento de capacidades institucionales en desarrollo tecnológico y en la introducción de tecnologías en mercados.</li> </ul>
Líneas específicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Programas Estratégicos {Agendas orientadas a problemas específicos},</li> <li>→ Proyectos de Investigación (incluyendo proyectos cooperativos interinstitucionales),</li> <li>→ Formación de Recursos Humanos para fortalecer áreas estratégicas</li> </ul>
Innovación en el sector productivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Fomento de cooperación entre universidad y empresas</li> <li>→ Fomento de la difusión tecnológica</li> <li>→ Proyectos cofinanciados para empresas individuales</li> </ul>

### **Opciones para los Nuevos Instrumentos de Política que podrían incluirse en un Préstamo BID / Perú**

#### **a) Financiamiento de proyectos de innovación tecnológica en empresas:**

Proyectos de I&D, innovación y adaptación tecnológica

- *Proyectos Individuales de empresas:* El Fondo de Innovación aportaría un descuento inicial al capital prestado por la empresa (suponemos que prestado en alguna línea de COFIDE que sea acordada), como incentivo financiero, hasta un 30% del crédito obtenido, dependiendo de la naturaleza innovadora del proyecto.
- *Proyectos asociativos o de Cofinanciación* Cubrimiento de los costos de participación de universidades, CITES o Institutos como incentivo a la asociación con las empresas hasta un 70% en Pymes y un 50% en grandes. Pueden apoyar a grupos de empresas para resolver ciertos problemas comunes de I&D, en los cuales habría una contribución a prorrata
- *Proyectos de servicios tecnológicos*
- *Proyectos de asistencia técnica*

**b) Financiamiento de proyectos de ciencia y tecnología en universidades y centros de investigación**

- *Agendas para áreas prioritarias.* Sería conveniente considerar una organización en la que la Agenda administre diversos instrumentos que converjan a solucionar los problemas identificados (proyectos, formación de investigadores, apoyo a postgrados, infraestructura) en el marco de un presupuesto global. Esta organización tiene ventajas sobre otra en la que se reserve un cupo para cada agenda en los presupuestos de los distintos instrumentos del programa.
- *Proyectos de investigación en temas propuestos por iniciativa de grupos de investigación*

**c) Fortalecimiento de las capacidades de ciencia y tecnología**

- *Formación de recursos humanos.* Teniendo en cuenta que los recursos asignados para becas de formación de investigadores serán limitados, se deberían establecer áreas prioritarias para la formación de investigadores en áreas seleccionadas
- *Apoyo a postgrados.* Debería orientarse a algunas áreas seleccionadas
- *Fortalecimiento de capacidades institucionales en desarrollo tecnológico y en la introducción de tecnologías en mercados.*
- *Apoyo a la capacitación en gestión tecnológica empresarial.*

**d) Fortalecimiento del SIN**

- *Apoyo al desarrollo de un mercado de servicios tecnológicos:* Proyecto Piloto de "Extensión Tecnológica"
- *Fortalecimiento de capacidades en la gestión de instrumentos financieros*
- *Fortalecimiento de capacidades en desarrollo de políticas*
- *Fortalecimiento de capacidades en diseño de proyectos*
- *Establecimiento de un pequeño "fondo de preproyectos", que ayude en general a la preparación de buenos proyectos asociativos de cualquiera de los otros componentes*

## Anexo IV.2. Fondos y Programas de C&T en Chile

**a) Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF)<sup>278</sup>**, creado en 1991 con el objeto de fortalecer y aprovechar las capacidades de innovación científica y tecnológica de las universidades e instituciones de investigación y desarrollo nacionales, financiando proyectos de alta calidad, significación e impacto para mejorar la productividad y competitividad de los principales sectores de la economía y mejorar la calidad de vida de la población. Con este propósito FONDEF ha desarrollado líneas de acción a través de sus diferentes concursos: de Investigación y Desarrollo, de Infraestructura Científico Tecnológica, de Transferencia Tecnológica y de Movilidad de personas.

Definiendo también, áreas prioritarias en las cuales financia proyectos: Agropecuaria, Forestal, Informática, Manufactura (Industria), Minería, Pesca y Acuicultura, Tecnologías de la Infocomunicación, Agua y Energía, Salud, Educación, e Infraestructura.

La adjudicación de fondos es mediante concursos públicos. Las propuestas son analizadas por cada comité de área, el cual las envía a expertos externos para su evaluación científica y tecnológica, en cambio, la evaluación económica y social es realizada por profesionales del mismo Fondo. La selección y adjudicación es responsabilidad del Comité Directivo de FONDEF, el cual está constituido por representantes de diversos ministerios y por el Presidente de CONICYT, quien lo preside.

Los proyectos aprobados son financiados en forma tripartita, tanto por el fondo como por las empresas interesadas y el organismo ejecutante del proyecto. Una característica principal de los proyectos FONDEF, es que deben presentar un fuerte componente de investigación de su respectiva área y disciplinas de aplicación asociadas.

Para el área Minería, de todos los concursos convocados desde 1992, FONDEF ha adjudicado 61 proyectos con una inversión hasta el año 2003 en el área, equivalente a aproximadamente \$ 12.000 millones, lo que equivale a aproximadamente al 15% de los montos FONDEF invertidos en los proyectos<sup>279</sup>.

FONDEF ha apoyado temas principales definidos para el sector, tales como:

- ✓ Desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de concentrados de cobre para producción con bajos niveles de contaminación.
- ✓ Desarrollo de nuevos métodos para exploración geológica de los recursos minerales del país.
- ✓ Optimización de los procesos de producción de la gran minería del cobre.
- ✓ Desarrollo de nuevos productos tecnológicos (instrumentación, recuperación de metales de alto valor, robots industriales, otros)

Los desafíos del área minería para los próximos concursos son:

- ✓ Generar nuevas capacidades en investigación y desarrollo del sector.
- ✓ Apoyar la creación y comercialización de nuevos productos, procesos y/o servicios de alto valor agregado por sobre la producción de recursos naturales.

Por otra parte, en 1995 el FONDEF amplió su cobertura creando el Programa EXPLORA de Divulgación y Valoración de la Ciencia y la Tecnología, cuyo propósito es generar en forma permanente y a nivel nacional una actitud innovadora y participativa de la población, en particular niños y jóvenes, frente a los avances científicos y tecnológicos.

**b) Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo (FONTEC)**, actualmente parte de INNOVA Chile, que creado en 1992 y tiene la forma jurídica de un Comité CORFO, y estaba orientado a las empresas privadas productivas de bienes y servicios que cuenten con adecuadas condiciones económicas y técnicas para compartir el riesgo-beneficio de la innovación tecnológica.

<sup>278</sup>Más información en: [www.fondef.cl](http://www.fondef.cl)

<sup>279</sup>Más información sobre el área minera, ver: <http://www.fondef.cl/areas/mineria/mineria.html>



Su objetivo era promover, orientar, financiar y subvencionar la ejecución de proyectos de innovación tecnológica asociativa, de adquisición de infraestructura tecnológica y, en general, fomentar todas las etapas de desarrollo y la fase de escalamiento productivo y comercial de proyectos derivados de un proceso innovador llevado a cabo por empresas productivas privadas.

Este fondo contaba con 5 líneas de financiamiento: Innovación Tecnológica (Línea 1), Infraestructura Tecnológica (Línea 2), Proyectos de Transferencia Tecnológica Asociativa (Línea 3), Entidades de Gestión y Centros de Transferencia Tecnológica (Línea 4), *Estudios de Preinversión para Escalamiento Productivo en Proyectos de Innovación* (Línea 5).

Para cada una de las líneas del FONTEC anteriormente descritas, la parte del financiamiento correspondiente a las empresas puede incluir aportes en dinero, recursos profesionales, servicios profesionales y servicios o bienes valorados a precio de mercado, que la empresa destine para la ejecución de los proyectos.

**c) Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI ex FONSIP)**, creado en 1995 como Comité CORFO con el nombre de Fondo para Programas y Proyectos de Investigación de Servicios e Interés Público (FONSIP), inicialmente estuvo orientado a los Institutos CORFO, posteriormente su cobertura fue ampliada a institutos y centros tecnológicos nacionales y en 1997 cambia a su actual nombre. Actualmente fue fusionado con FONTEC y es parte de INNOVA Chile.

Este Fondo sirve para llevar a cabo proyectos de innovación y cambio tecnológico en áreas de impacto estratégico en el desarrollo económico y social de Chile. Estos temas se circunscriben a los siguientes ámbitos de acción: desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías, difusión y transferencia de tecnologías a empresas e instituciones chilenas; desarrollo de capacidades tecnológicas necesarias para la generación y gestión de cambios tecnológicos, perfeccionamiento de mercados relacionados al desarrollo del sistema de innovación nacional.

**d) Fundación para la Innovación Agraria (FIA)**, organismo autónomo fundado en 1981 por el Ministerio de Agricultura<sup>280</sup>, que funciona como corporación de derecho privado. Co-financia proyectos presentados por Universidades, Institutos Tecnológicos, Centros de Investigación y Desarrollo, empresas agrícolas, agrupaciones de productores agrícolas y consultores privados<sup>281</sup>.

Tiene por objetivo fomentar y promover la transformación de la agricultura y de la economía rural del país, por medio de: la modernización de los sistemas productivos; el desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías y productos; la diversificación de la producción; la inserción de las producciones en los mercados internos y externos; el aumento de la calidad de los productos y, la sustentabilidad de los procesos productivos.

**e) Fondo Investigación Pesquera (FIP)**, creado al alero de la Ley General de Pesca y Acuicultura<sup>282</sup>, administrado por el Consejo de Investigación Pesquera. Es una entidad destinada a financiar proyectos de investigación pesquera y acuícola, cuyo objetivo primordial es la conservación de los recursos hidrobiológicos, considerando los aspectos biológicos, pesqueros, económicos y sociales.

**f) Fondo de Investigaciones Mineras (FIM)**, se constituyó el año 1996 al amparo del Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM), integrándose al Programa de Innovación Tecnológica el año 1997. Este fondo se financió con aportes de capital de CODELCO-Chile, Escondida, Minera Zaldívar y Cerro Colorado, a través de la Internacional Copper Association (ICA), y la administración del área de fomento científico estaba a cargo del CIMM. Los recursos del Fondo eran asignados a través de licitaciones de proyectos. Actualmente, este fondo no está funcionando, por falta de financiamiento.

<sup>280</sup> Fue creada por el Decreto N° 1609 de fecha 15 de diciembre de 1981 del Ministerio de Justicia.

<sup>281</sup> Más información en, [www.fia.cl](http://www.fia.cl)

<sup>282</sup> A través del Decreto 430 de 1992 del Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.

EL FIM estaba orientado a promover la investigación de excelencia relacionada al cobre y los metales en el país y en el exterior, en coordinación con los ministerios, organismos gubernamentales y las empresas mineras. Sus proyectos de investigación incluían áreas para generar conocimiento en torno al cobre y sus subproductos, sus usos y efectos en la salud humana y ecosistemas y, hacia el desarrollo de nuevas aplicaciones para este metal en los mercados mundiales.

Se elaboraron proyectos de investigación, ejecutados por un conjunto de investigadores de excelencia nacional e internacional y cuyo propósito es aportar con información científica sólida y confiable para cubrir vacíos y generar conocimiento en áreas como son salud, medio ambiente y usos del cobre. Así, en 1996, el programa CIMM/ICA materializó dos programas denominados "Cobre y Salud" y "Ciencia y el Uso del Cobre". El financiamiento para estos programas se obtuvo de fondos del Estado de Chile, de aportes de las instituciones ejecutoras y de la industria internacional del cobre agrupada en la Internacional Copper Association (ICA). Específicamente, el programa Cobre y Salud contó con financiamiento adicional por parte de la Comisión Técnica Asesora OMS, a través de la Comisión Chilena del Cobre.

### Anexo IV.3. Evolución Tecnológica en la Industria del Cobre

A continuación se entrega información sobre los principales equipos e insumos que toman parte en los procesos productivos en la industria del cobre, ya sea para el tratamiento de minerales sulfurados como oxidados, así como información de los últimos desarrollos tecnológicos para el tratamiento hidrometalúrgico de concentrados de sulfurados de cobre.

#### Operación mina

La mina a rajo abierto Lince de Minera Michilla S.A. en la II Región de Chile tiene una exigencia de perforación de 800 m/día, y utiliza los siguientes insumos y equipos principales:

Etapa mina rajo abierto	Insumos	Equipos
<i>Perforación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aceros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Martillo: 17.000 m</li> <li>• Bits: 2.200 m</li> <li>• Barra patera: 22.000 m</li> <li>• Barra seguidora: 44.000 m</li> </ul> </li> <li>• <b>Lubricantes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceite Omala 320: 0,031 l/m</li> <li>• Grasa magnolia: 0,009 k/m</li> </ul> </li> <li>• <b>Petróleo:</b> 70 l/hr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>2 perforadoras Ingersoll Rand DM45 HP, 6 ¾" diámetro perforación y 31 m/ hr. de rendimiento</b></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aceros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Martillo: 16.500 m</li> <li>• Bits: 3.500 m</li> <li>• Barra patera: 7.500 m</li> <li>• Barra seguidora: 14.000 m</li> </ul> </li> <li>• <b>Lubricantes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceite Omala 320: 0,031 l/m</li> </ul> </li> <li>• <b>Petróleo:</b> 40 l/hr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>1 perforadora Atlas Copco Roc-L8, diámetro de perforación: 4 ¾" y 6 ¾", y 28 m/hr de rendimiento</b></li> </ul>
<i>Tronadura</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrato de amonio: 250 ton/mes</li> <li>• Petróleo: 14.000 l/mes</li> <li>• Emulsión: EL-928 (142 ton/mes)</li> <li>• <b>Accesorios de tronadura:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detonadores: 3.900 por mes</li> <li>• Cordón detonante: 15.000 m/mes</li> <li>• Retardos de superficie: 950 por mes</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>

En el caso de la mina subterránea El Teniente, en la VI Región de Chile, el proceso de perforación y tronadura comienza una vez que los desarrollos de las galerías están realizados y la infraestructura de servicios está instalada. Los principales insumos y equipos utilizados se muestran a continuación:

Etapa mina subterránea	Insumos	Equipos
<i>Perforación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía eléctrica: 600 volts.</li> <li>• Barras de extensión (5' largo)</li> <li>• Brocas o bits: 2,5" y 3" de diámetro</li> <li>• Culatines</li> <li>• Aceites lubricantes e hidráulicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumbos de perforación radial hidráulicos, modelo Simba H-157 y Simba M7C (Atlas Copco)</li> <li>• SOLO 406 y SOLO 606 (Tamrock)</li> <li>• Perforadoras del tipo HL-600, HL-500 y COP-1838</li> </ul>
<i>Tronadura</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Explosivos y accesorios:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anfo al 8% nitrato de amonio IND</li> <li>• Cordón ignición (59 seg/m)</li> <li>• Cordón detonante (5 gr/m)</li> <li>• Casquillo plástico PVC</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camión de transporte y carguío de explosivos Normet PK-4500</li> <li>• Bobcat de apoyo</li> <li>• Scoop para material de esponjamiento y preparación de trabaduras</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía compuesta 20"</li> <li>• Emulsión encartuchada</li> <li>• Greda encartuchada 2" x 10"</li> <li>• APD 300 – iniciador Cil</li> <li>• APD 150 – iniciador Cil</li> <li>• APD – 40</li> <li>• Dinamita, (2" x 18", 2" x 16")</li> <li>• Detonadores: 40' SET # 1 al 60, 66' SET # 1 al 60</li> <li>• Detonadores electrónicos</li> <li>• <b>Alambres:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alambre AC12BWG Negro</li> <li>• Alambre AC8BWG Negro</li> <li>• Malla BIZC GALV. 2,5 x 25 m. # 6 BWG 10006</li> </ul> </li> <li>• <b>Maderas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eucalipto Elab. Pie derecho 10 x 10" 11'8"</li> <li>• Pino en bruto, 2 x 10" X 10' 6"</li> <li>• Eucalipto elab. ½ luma larga, 2 x 6" 6'</li> <li>• Eucalipto elab. Mono Luma, 4 x 6" x 10'</li> </ul> </li> <li>• <b>Otros materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manguera antiestática semiconductora</li> <li>• Manguera aire ¾" x 350 PSI, Goodyear</li> <li>• Válvula BRO Air ¾" 4V, WABCO, PT641010101</li> <li>• Clavo AC # 6, BWG x 5", liso</li> <li>• Copla AC # ¾" NPT, 150 PSI, negro</li> <li>• Latex interior exterior, blanco</li> <li>• Taco de greda, 2" diámetro x 10"</li> <li>• Huincha eléctrica, ¾", 3M</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresor portátil del tipo XA-85</li> </ul>
--	--	---

A continuación se muestran los principales insumos y equipos de extracción y transporte del complejo minero Escondida, que se compone de dos rajos, Escondida y Escondida Norte, que alimentan a dos plantas concentradoras y una planta de SX-EW.

Etapa extracción / transporte mina Escondida	Insumos	Equipos
<i>Mina Escondida</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceite / lubricantes</li> <li>• Petróleo diesel</li> <li>• Filtros neumáticos</li> <li>• Tolvas para el carguío</li> <li>• Energía eléctrica</li> <li>• Cables pala</li> <li>• Baldes</li> <li>• Dientes de acero</li> <li>• Sistemas de rodado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 camiones Caterpillar 793B (240 ton)</li> <li>• 21 camiones Dresser 830E (240 ton)</li> <li>• 21 camiones Caterpillar 793C (240 ton)</li> <li>• 1 camión Caterpillar 797A (345 ton)</li> <li>• 15 camiones Caterpillar 797B (350 ton)</li> <li>• 1 pala Bucyrus Erie 395B</li> <li>• 8 palas Bucyrus Erie 495B</li> <li>• 2 palas P&amp;H 4100 XPB</li> <li>• 3 cargadores frontales Caterpillar 994D</li> </ul>
<i>Escondida Norte</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 camiones Caterpillar 793B (240 ton)</li> <li>• 1 camión Dresser 830E (240 ton)</li> <li>• 2 camiones Caterpillar 793C (240 ton)</li> <li>• 12 camiones Caterpillar 797A (345 ton)</li> <li>• 11 camiones Caterpillar 797B (350 ton)</li> <li>• 1 pala Bucyrus Erie 395B</li> <li>• 1 pala Bucyrus Erie 495B</li> <li>• 3 palas P&amp;H 4100 XPB</li> <li>• 1 cargador frontal Caterpillar 994D</li> </ul>

Desde el año 2002, BHP Billiton comenzó a informar el uso de aquellos insumos de mayor importación para su operación. A continuación se presentan los consumos más importantes de su mina Escondida durante el año 2004<sup>283</sup>.

<sup>283</sup> Fuente: Minera Escondida 2004, Reporte de Sustentabilidad

Insumos	Unidades	2004
Ácido sulfúrico	Toneladas	287.569
Petróleo diesel	Kilolitros	120.853
Cal	Toneladas	112.980
Explosivos (incluye Escondida norte)	Toneladas métricas	75.947
Bolas de molienda	Toneladas	69.827
Sulfhidrato de sodio (NaSH)	Toneladas	4.777
Colectores	Toneladas	2.844
Solventes de extracción	Toneladas	1.667
Floculantes	Toneladas	924

Cabe señalar que el 22% (15.280 ton) de las bolas de molienda compradas en el año 2004 se fabricó a partir de chatarra. De esa cantidad, 6.550 ton fueron fabricadas a partir de chatarra generada por minera Escondida. Igualmente, cerca del 20% (526.000 litros) del total del petróleo utilizado en la preparación de explosivos (ANFO y ANFO pesado) correspondió a aceite residual que se retira de los equipos mineros durante la mantención preventiva normal.

Por su parte, la mina subterránea El Teniente extrae su mineral desde diferentes puntos de extracción, ocupando una gran cantidad de insumos y equipos, que se detallan a continuación:

Etapa extracción / transporte mina El Teniente	Insumos	Equipos
<i>Mina Reserva Norte</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baldes</li> <li>• Neumáticos</li> <li>• Tolvas para el carguío</li> <li>• Aceros</li> <li>• Aceite / lubricantes</li> <li>• Petróleo diesel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 camiones Sandvik-Tamrock</li> <li>• 12 palas LHD</li> <li>• 6 martillos semi-estacionarios y 10 estacionarios</li> <li>• 4 martillos de gran alcance</li> <li>• 3 alimentadores de placas Sandvik-Roxon</li> <li>• 1 jumbo perforación radial Atlas Copco</li> <li>• 2 jumbos de reducción secundaria convencional</li> <li>• 2 ventiladores Howden</li> </ul>
<i>Mina Pipa Norte</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtros neumáticos</li> <li>• Energía eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 chancador de mandíbula Krupp</li> <li>• 1 alimentador de placas asociado al chancador</li> <li>• 1 sistema de correas: 15 m de longitud 60" y 330 m de longitud 48"</li> <li>• 3 equipos LHD diesel Sandvik-Tamrock Toro</li> <li>• 1 equipo de fracturamiento hidráulico MacLean</li> <li>• 1 jumbo de perforación radial Atlas Copco</li> <li>• 1 equipo utilitario explosivos Paus</li> </ul>
<i>Mina Diablo Regimiento</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 chancador de mandíbula Krupp</li> <li>• 1 alimentador de placas asociado al chancador</li> <li>• 1 sistema de correas: 80 m de 60" y 350 m de 48"</li> <li>• 3 ventiladores Howden</li> <li>• 3 LHD Sandvik-Tamrock Toro</li> <li>• 2 jumbos de perforación radila Atlas Copco</li> <li>• 1 vehículo de explosivos</li> </ul>
<i>Mina 4 Sur</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos LHD capacidad 7 yd3</li> <li>• Equipos de perforación para reducción secundaria (jumbos)</li> <li>• Martillos electro hidráulicos</li> <li>• Vehículos utilitarios para transporte de explosivos y personal</li> <li>• Minicargadores para limpiar calles de producción</li> </ul>

<b>FFCC Teniente 8</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 locomotoras eléctricas Schalke</li> <li>• 3 locomotoras diesel / eléctricas</li> <li>• 2 locomotoras eléctricas GE-GM</li> <li>• 99 carros metaleros</li> <li>• 54 carros metaleros 100 ton</li> <li>• 32 estaciones de carguío</li> <li>• 13 coches de pasajeros</li> <li>• 11 unidades óleo hidráulicas</li> <li>• 4 estaciones de vaciado</li> <li>• 1 sistema desenlampador de carros</li> <li>• 1 botadero de estéril</li> <li>• 9 subestaciones eléctricas</li> <li>• 32 kms. de vías de tráfico</li> <li>• 54 cambios automáticos</li> <li>• 2 maestranzas</li> </ul>
------------------------	--	---

### Operación concentradora

A continuación se muestran los principales equipos e insumos de la planta concentradora de Minera Candelaria, ubicada en la III Región de Chile.

<b>Equipo</b>	<b>Insumos</b>
Celda de flotación circuito Rougher Wenco, 4.500 pie <sup>3</sup> , 10 unidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia instalada: 149 KW</li> <li>• Colector primario: 5 a 8 g/ton</li> <li>• Colector secundario Hostflot LIB: 2 a 3 g/ton</li> <li>• Espumante: 4 a 10 g/ton</li> <li>• pH: natural 8 a 9</li> </ul>
Celda de flotación circuito Scavenger Wenco, 4.500 pie <sup>3</sup> , 10 unidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia instalada: 149 KW</li> <li>• Colector secundario Hostflot LIB: 1,5 a 2,5 g/ton</li> <li>• Espumante: 1,5 a 2 g/ton (10 a 15% sólidos en la pulpa)</li> <li>• pH: 10 a 10,5</li> </ul>
Hidrociclones, Krebs D20, 14 unidades por fase, presión: 7 a 12 PSI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenición: inspección cada 40 días</li> <li>• 14 Vortex cada 3 meses</li> <li>• 14 Apex cada 3 meses</li> <li>• 14 porta Apex cada 3 meses</li> </ul>
Molino de remolienda, 14 x 22"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía eléctrica nominal: 596 Kw.</li> <li>• Bolas de molienda: 14 a 18 ton/mes</li> </ul>
Bombas de impulsión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo pulpa volumen: 2871 m<sup>3</sup>/h, 33% sólido</li> </ul>
Celdas de columnas, 4 unidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire: 80 PSI, 300 scfm</li> <li>• Agua de lavado: 25 a 30 m<sup>3</sup>/h</li> </ul>
Sistema de análisis en línea (Courier)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 Kvolt. Alimentación: 220 volt</li> <li>• Ventana Millas: 1 por turno</li> </ul>
Espesadores de concentrado, 3 unidades 100 pies de diámetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 Kw por cada espesador</li> <li>• Aceite: 300 lts. Por año</li> <li>• Rastrillos</li> </ul>
3 Bombas horizontales de impulsión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 29,4 Kw por cada bomba</li> <li>• Revestimientos, impulsores, válvulas, rodamientos, cada 3 meses</li> <li>• Las bombas verticales de piso se recambian mensualmente, y consumen 37,5 Kw cada una.</li> </ul>
8 filtros de concentrado, Outokumpu, del tipo cerámico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12,6 Kw por cada filtro</li> <li>• ácido: 10 litros por lavado, 3 veces al día por filtro</li> <li>• Hipoclorito: 500 kg. por cada filtro, 1 vez al mes</li> <li>• Placas cerámicas: 48 por mes</li> <li>• Chutes de tivar: 2 cada 2 mes</li> <li>• Raspadores cerámicos: 4 por mes</li> </ul>
Correa de transporte CV014, 20 Kw	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polines</li> <li>• Aceite: 50 lts. al año</li> <li>• Raspadores: 4 cada 6 meses</li> <li>• Guarderas</li> <li>• Kit reparación cubierta correa: 1 cada 4 meses</li> </ul>
Espesadores de relaves, 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 motores de 11,2 Kw y 2 de 15 Kw.</li> </ul>

unidades 400 pies de diámetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceite Omala: 220 (90 l/año), 460 (50 l/año)</li> <li>• Grasa EP-2: 100 kg/año</li> <li>• Ejes de ruedas: 2 al año</li> <li>• Ruedas: 2 por año</li> <li>• Descansos: 4 por año</li> <li>• Válvulas de 12", Tecles, parrillas: 2 a 4 por año</li> <li>• Pernos canala, tuercas: 200 por año</li> <li>• Bloques guía: 4 por año</li> <li>• Rueda guía: 1 por año</li> </ul>
3 trenes de bomba (posee 5 bombas de impulsión de pulpa cada uno, con un caudal de 2.500 m <sup>3</sup> /h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada tren tiene: 4 bombas con 600 Kw y una con 750 Kw</li> <li>• Aceite Omala: 220 (45 l/año)</li> <li>• Grasa EP-2: 10 kg/año</li> <li>• Desengrasante: 20 l/año</li> <li>• Camisa del eje, anillo linterna, plato ajuste: 3 al año</li> <li>• O'rings: 6 al año</li> <li>• Empaquetadura: 120 kg/año;</li> <li>• Empaquetadura espirometálica: 4 al año</li> <li>• Revestimientos: 2 al año</li> <li>• Impulsor: 1 al año</li> <li>• Pernos, tuercas: 60 al año; Válvulas: 1 al año</li> </ul>

### **Producción de molibdeno**

En el año 2004 la planta de molibdeno de minera Los Pelambres ubicada en la IV Región de Chile, produjo 7.853 toneladas métricas de concentrado con 52% de Mo, y sus principales insumos y equipos se detallan a continuación<sup>284</sup>:

	<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>
<i>Para flotación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18 celdas de flotación primaria, 300 pies<sup>3</sup> de capacidad</li> <li>• 18 celdas de flotación 1° limpieza, 300 pies<sup>3</sup> de capacidad</li> <li>• 3 celdas columna para la etapa de flotación 2°, 3° y 4° limpieza, de 1,8; 1,6 y 1,1 m diámetro y 14 m de altura</li> <li>• 2 celdas de flotación 2° limpieza, 300 pies<sup>3</sup> de capacidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaSH</li> <li>• Kerosene</li> <li>• P-4000</li> <li>• H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></li> </ul>
<i>Para lixiviación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 filtro discos (6), cada una de 1,8 m de 28 m<sup>2</sup> de área</li> <li>• 2 reactores de lixiviación, cada una de 6,1 m<sup>3</sup> de capacidad</li> <li>• 1 reactor de enfriamiento, cada una de 12,2 m<sup>3</sup> de capacidad</li> <li>• 1 filtro prensa de 57 placas, cada una de 1 x 1 m<sup>2</sup></li> <li>• 1 secador multidisk oleohidráulico, 2 etapas 27 discos</li> <li>• 1 tambor cementador de 3 x 3 m</li> <li>• 1 planta cloración con reactor de 9,4 m<sup>3</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petróleo</li> <li>• Cloro gas</li> <li>• HCl</li> <li>• Chatarra Fe</li> </ul>

### **Operación fundición - refinación**

La fundición Chagres de Angloamerican ubicada en la V Región de Chile tiene un horno de fusión flash Outokumpu de 19 m de largo x 5 de ancho, con una torre de reacción de 4,6 m de diámetro. Tiene una capacidad de fusión hasta un rango de las 80 ton/hr de concentrado seco. Algunos equipos e insumos necesarios para el funcionamiento de este horno se detallan a continuación.

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldera recuperadora de calor (enfria gases que la salir del horno están sobre 1.300 °C. Además, produce 20 t/h de vapor de alta presión, de 60 bares, empleado en el proceso de secado de concentrado).</li> <li>• Precipitador electroestático de tres campos (30.000 Nm<sup>3</sup>/h)</li> <li>• Convertidores de 50 ton</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de vapor: 20 t/h, 6.000 KPa, 277 °C</li> <li>• Oxígeno 95% de pureza, 320 ton/día</li> <li>• Agua de refrigeración FSF 600 m<sup>3</sup>/h circuito chaquetas y 200 m<sup>3</sup>/h torres de reacción.</li> </ul>

<sup>284</sup> Fuente: "Minera Los Pelambres: Planta Molibdeno", en Guía de Ingeniería en Operaciones Mineras 2005 – 2006: Tecnología y Procesos Productivos, pp. 258, [www.portalminero.com](http://www.portalminero.com)

Además, la fundición Chagres para la limpieza de escorias utiliza la tecnología desarrollada por El Teniente y que considera los siguientes insumos y equipos:

Equipos	Insumos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hornos de limpieza de escorias (fundición Chagres: 13 x 16 pies, 65 ton cada uno)</li> <li>• Sistema de captación de gases</li> <li>• Grúas puente para trasladar ollas con líquidos</li> <li>• Camiones para el traslado de escorias a botadero (Kress – Kirow), 70 ton</li> <li>• Ollas (30 ton)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escorias del convertidor Teniente u horno flash, convertidores Peirce Smith</li> <li>• Petróleo Enap – 6 y diesel</li> <li>• Energía eléctrica</li> <li>• Agua</li> <li>• Aire de alta presión</li> <li>• Oxígeno</li> </ul>

Por su parte, algunas fundiciones utilizan un horno eléctrico para la limpieza de escorias, donde los principales insumos son:

Insumos procesamiento escoria Horno eléctrico Demag - Fundición Ventanas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escoria tratada: 2,5 ton/ton cobre nuevo</li> <li>• Coke: 15,4 ton/ ton carga</li> <li>• Pasta electrodica: 0,72 kg/ton carga</li> <li>• Energía eléctrica: 163 KWh/ton seca carga</li> <li>• Agua industrial: 0,1 m<sup>3</sup>/ton carga</li> </ul>

Una tercera opción es el procesamiento de escorias vía molienda y concentración como es el caso de fundición Altonorte que cuenta con una planta de flotación, la cual produce concentrado de cobre y un relave como producto de descarte, con una capacidad de tratamiento de 3.000 ton métricas secas por día de escoria, que utiliza los siguientes insumos y equipos:

Equipos	Insumos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molino Fuller 18' x 9' de 1.000 kW descarga por parrilla y revestimiento de acero</li> <li>• Molino Nordberg 14' x 33', 2.850 kW descarga por rebalse y revestimiento de caucho</li> <li>• Caldas de flotación con agitación mecánica Outokumpu 20 m<sup>3</sup> y 60 HP cada una</li> <li>• Caldas de flotación con agitación mecánica Outokumpu 5 m<sup>3</sup> y 15 HP cada una</li> <li>• Filtro presión placas horizontales Larox de 32 m<sup>2</sup></li> <li>• Espesadores: 1 de 12 m y 1 de 10 m de diámetro</li> <li>• 2 bombas Geho, modelo ZPM-700 y 160 kW</li> <li>• 22 bombas de pulpa ASH, modelos: 150 MCH, 125 MCH, 6x6, 5x4, 3x4, 2,5x2</li> <li>• Compresores Atlas Copco: uno Ga-55 y otro Ga-135</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolas de acero 4": 30 ton/mes</li> <li>• Bolas de acero 3": 35 ton/mes</li> <li>• Reactivos flotación: 20.000 kg/mes</li> <li>• Floculante: 1.000 kg/mes</li> <li>• Revestimiento <ul style="list-style-type: none"> <li>• molino SAG acero: 250 ton/año</li> <li>• molino bolas caucho: 120 ton/año</li> <li>• bombas de pulpa acero: 2.000 kg/año</li> <li>• bombas pulpa caucho: 3.000 kg/año</li> </ul> </li> <li>• Aceite lubricación: 4.000 kg/año</li> <li>• Grasa lubricante: 5.000 kg/año</li> <li>• Pernos molino: 5.000 kg/año</li> </ul>

En el caso de la etapa de conversión de cobre, la fundición Chagres utiliza los siguientes insumos y equipos principales en su nave de convertidores:

Equipos	Insumos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 convertidores Peirce Smith de 10 pies de diámetro por 21 pies de longitud</li> <li>• 2 puentes grúa de 35 ton a lo largo de la nave de conversión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire mediante dos sopladores de 20.000 Nm<sup>3</sup>/h y 700 Kw cada uno</li> <li>• Cuarzo 95% sílice, 65 ton/d</li> <li>• Consumo oxígeno técnico, 30 ton/día</li> <li>• Ladrillos refractarios</li> </ul>

La etapa siguiente corresponde a la etapa de refinado a fuego, y algunos insumos y equipos de esta etapa en la fundición Ventanas son:



Equipos	Insumos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 horno basculante</li> <li>• 2 horno de refino marca Maerz</li> <li>• 2 ruedas de moldeo marca Walker</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón vegetal: 1,29 Kg/ton cobre RAF</li> <li>• Aire 90: 83,4 Nm<sup>3</sup>/ton Cu RAF</li> <li>• Desmoldante: 0,99 Kg/ton Cu RAF</li> <li>• Gas natural: 135,6 m<sup>3</sup>/ton Cu RAF</li> <li>• Tronco de eucaliptos: 16 unidades /ton Cu RAF</li> <li>• Agua industrial: 0,53 m<sup>3</sup>/ton Cu moldeado</li> <li>• Energía eléctrica: 9,0 KWh/ton Cu moldeado</li> </ul>

Algunas operaciones cuentan con refinerías de cobre para procesar los ánodos de cobre obtenidos en la etapa de refino a fuego. A continuación se presentan los principales equipos e insumos de este proceso en la refinería Ventanas de Codelco Chile, ubicada en la V Región de Chile.

Equipos	Insumos (ton Cu electrolítico)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rectificadores, marca Siemens</li> <li>• 8 grúas: 5 Demag, 1 Vaugahn, 2 P&amp;H</li> <li>• 1.866 celdas comerciales</li> <li>• 150 celdas hojas iniciales</li> <li>• 6 celdas liberación 1° etapa</li> <li>• 16 celdas liberación 2° etapa</li> <li>• 1 máquina preparadora de ánodos Outokumpu (Arisco)</li> <li>• 1 máquina fabricadora de cátodos iniciales Mitsubishi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía eléctrica: 420 kWh</li> <li>• Vapor: 0,61 ton</li> <li>• Agua potable: 0,132 m3</li> <li>• Agua industrial: 0,075 m3</li> <li>• Agua tratada: 0,138 m3</li> <li>• Aire comprimido: 82,1 m3</li> <li>• Tiourea: 38 gr</li> <li>• Cola animal: 41 gr</li> <li>• Avitone: 29 gr</li> <li>• Sal común: 40 gr</li> <li>• Ácido sulfúrico: 21 kg.</li> <li>• Soda cáustica: 8,27 kg.</li> <li>• Sulfato férrico: 0,25 kg.</li> <li>• Zunchos: 0,58 kg.</li> <li>• Sellos: 0,91 unidades</li> <li>• Ánodos de plomo: 0,90 unidades/kt Cu electrolítico</li> <li>• Protectores de canto: 17,9 unidades/kt Cu electrolítico</li> <li>• Barras triangulares: 9,92 gr</li> <li>• Camping Borrada: 0,6 unidades/kt Cu electrolítico</li> </ul>

Además, la refinería Ventanas cuenta con una planta de recuperación de metales preciosos, cuyos principales equipos e insumos se detallan a continuación:

Equipos	Insumos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 estanques de sedimentación de barros</li> <li>• 1 reactor a presión automatizado</li> <li>• 4 hornos de tostación de selenio</li> <li>• 1 horno fusión Trof.</li> <li>• 3 rectificadores para refinación de plata</li> <li>• 3 grupos con 6 celdas c/u para refinación de plata</li> <li>• Rectificador para refinación de oro</li> <li>• 4 celdas para refinación de oro</li> <li>• horno eléctrico de inducción para fusión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Proceso Plata</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía eléctrica: 12,7 kWh/kg plata</li> <li>• Vapor: 19,4 ton/ton plata</li> <li>• Agua potable: 9,7 m<sup>3</sup>/ton plata</li> <li>• Agua industrial: 30,5 m<sup>3</sup>/ton plata</li> <li>• Agua tratada: 34,9 m<sup>3</sup>/ton plata</li> <li>• Oxígeno: 4,8 ton/ton plata</li> <li>• Aire comprimido: 1.385 m<sup>3</sup>/ton plata</li> </ul> </li> <li>• <b>Proceso Oro</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía eléctrica: 57,4 kWh/kg oro</li> <li>• Vapor: 28,1 ton/ton oro</li> <li>• Agua potable: 13,6 m<sup>3</sup>/ton oro</li> <li>• Agua industrial: 43,4 m<sup>3</sup>/ton oro</li> <li>• Agua tratada: 342 m<sup>3</sup>/ton oro</li> <li>• Oxígeno: 6,8 ton/ton oro</li> <li>• Aire comprimido: 259 m<sup>3</sup>/ton oro</li> </ul> </li> </ul>

### Operación lixiviación – extracción por solventes y electroobtención (SX-EW)

A continuación se detallan los principales equipos e insumos para la planta de LIX-SX-EW de Minera Doña Inés de Collahuasi que produce 60.000 ton/año de cátodos de cobre grado A.

<b>Etapa</b>	<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>
<b><i>Aglomeración - curado</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tambores de aglomeración, con capacidad para 650 ton/h, de 3,1 m de diámetro, 9,4 m de largo y motor de 200 HP c/u.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido sulfúrico: 22 – 24 kg/ton</li> </ul>
<b><i>Lixiviación</i></b>  Pila basal de 78 m de ancho, 540 m de largo y 7 m de altura. Tiempo de lixiviación de 210 días total (ciclo de 70 días de riego ILS y un segundo ciclo de 140 días riego refinó)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Goteros (riego continuo), de 2 l/h conectados en una matriz de riego de 0,4 por 0,4 m.</li> <li>• Goteros swin – drop (riego intermitente), TD-210 de 1,2 l/h, donde la matriz principal de riego se divide en dos submatrices de 32 mm, donde cada una alimenta con solución a 11 líneas de riego con instalación de los goteros indicados a una distancia de 40 cm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el riego, líneas de 16 mm</li> <li>• Líneas de HDPE de 90 mm como submatrices desde donde se conectan las líneas de riego de 16 mm. estas submatrices se conectan a su vez con una matriz principal de riego de 315 mm.</li> <li>• Líneas de HDPE de 4” y 24” para el sistema de recolección de soluciones</li> <li>• Consumo de ácido: 29,2 kg/ton (consumo total en el proceso).</li> </ul>
<b><i>Extracción por solventes (SX)</i></b>  La solución rica (PLS, Pregnant Leach Solution) obtenida desde las pilas de lixiviación es bombeada a la etapa de SX, donde el cobre es transferido selectivamente hacia un electrolito puro.  Las etapas son: 2 extracción, 2 descarga y 1 lavado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piscinas, revestimiento HDPE                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 de PLS, 20.160 m<sup>3</sup></li> <li>• 1 de ILS (Solución de Lixiviación Intermedia), 15.133 m<sup>3</sup></li> <li>• 1 de refinó, 5.146 m<sup>3</sup></li> <li>• 1 de decantación, 960 m<sup>3</sup></li> </ul> </li> <li>• 5 Decantadores (Settlers), material: concreto y revestimiento HDPE, de 29 m largo x 27 m ancho x 1 m alto, 650 m<sup>3</sup></li> <li>• Bombas:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 de refinó booster, 200 HP, 400 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• 5 de ILS booster, 250 HP, 475 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• 5 de ILS Vertical, 300 HP, 475 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• 5 de refinó Vertical, 300 HP, 400 m<sup>3</sup>/h</li> </ul> </li> <li>• Coalescedores, material: estervinilca Porex 700                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 de acuoso, 5 m diámetro x 6,5 m alto, 125 m<sup>3</sup></li> <li>• 2 de orgánico, 4,1 m diámetro x 3,2 m alto, 42 m<sup>3</sup></li> </ul> </li> <li>• 4 columnas de flotación, 0,9 m diámetro x 7 m alto, 4,35 m<sup>3</sup></li> <li>• 1 estanque de orgánico, 22,3 m largo x 10 m ancho x 5 m profundidad, 460 m<sup>3</sup> capacidad de operación, 260 m<sup>3</sup> capacidad de emergencia</li> <li>• 1 estanque alimentación filtro, 13,5 m largo x 10 m ancho x 5 m profundidad, 400 m<sup>3</sup></li> <li>• 1 estanque recirculación electrolito, 22,7 m largo x 10 m ancho x 5 m profundidad, 680 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extractante Acorta M5774: 1,27 kg/ton cátodos Cu</li> <li>• Diluyente esquiad 100: 10,66 l/ton cátodos Cu</li> </ul>
<b><i>Electro – obtención (EW)</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 188 celdas de concreto polimérico de 6,3 m largo x 1,27 m ancho x 1,4 m profundidad</li> <li>• 61 ánodos Pb-Ca-Sn por celda, de 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo energía: 1.815 Kwh/ton Cu</li> </ul>

	mm espesor <ul style="list-style-type: none"> <li>• 60 cátodos Falconbridge SS316L, por celda</li> <li>• 1 despegadora Kidd Process de 300 cátodos/h</li> <li>• 1 grúa principal Femont de 6 ton. (182 m longitud de railway)</li> <li>• 1 grúa auxiliar Kone – crane</li> <li>• 38 ventiladores de 60” diámetro</li> <li>• 5 bombas de alimentación a celdas, 780 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• 3 filtros de electrolito marca Spintek SX-1000, 4,27 m diámetro y 175 m<sup>3</sup> de capacidad</li> <li>• 4 rectificadores marca RHONA, 19800 A, 230 Vdc, con tiristores</li> <li>• Intercambiador electrolito rico/electrolito pobre, marca APV, 14.215 HP, 400 m<sup>2</sup> área de transferencia.</li> </ul>	
--	--	--

### **Desarrollos tecnológicos para la lixiviación de concentrados**

Varios procesos químicos y biológicos para recuperar cobre desde concentrados han emergido en los últimos años, los cuales son eficientes en: a) disolver cobre desde concentrados de calcopirita, b) purificar las soluciones de lixiviación usando procesos de separación modernos, y c) recuperar un producto metálico de cobre de alto valor y pureza (Dreisinger, 2004).

Los procesos bajo desarrollo pueden ser divididos en procesos basados en sulfatos, cloruros, y una mezcla de ambos. Dentro del primer grupo, estos pueden ser subdivididos en procesos de lixiviación a presión atmosférica o alta presión, y en procesos de lixiviación química o biológica. Los procesos basados en cloruros son menos numerosos pero se han desarrollado importantes avances en la química, equipamiento y desarrollo del proceso.

Entre los procesos de sulfato que han sido comercializados o están bajo desarrollo destacan los siguientes:

**Proceso Mount Gordon:** Este proceso comenzó en el año 1998 en la mina de cobre Mt. Gordon en Queensland, Australia, y recupera cobre desde menas de calcosita – pirita o concentrados (8 – 9 % Cu) usando una lixiviación a presión a baja temperatura y SX-EW<sup>285</sup>. En el año 2002, la planta alcanzó una producción de 50.000 ton de cátodos grado LME (Baxter, y otros, 1999; Baxter y Richmond, 2001). El costo de capital de la planta fue \$ 112,7 millones de dólares australianos (US\$ 57,5 millones a un cambio de 0,51), y el costo operacional total es estimado en US\$ 0,31 / lb de cobre metálico.

**Proceso Oxidación a Presión Total de Phelps Dodge (PD):** Este proceso, también conocido como Placer Dome, usa las mismas condiciones usadas satisfactoriamente en la industria del oro. Las condiciones de alta temperatura y oxidación a presión

<sup>285</sup> La elección de la lixiviación a presión para esta aplicación fue elegida por necesidad. La flotación de la mena para producir concentrados de alta ley fue intentada pero no dió buenos resultados debido a la estrecha relación entre cobre y las piritas en la mena. La lixiviación en pilas y la lixiviación con sulfato férrico a presión atmosférica fueron probadas. La primera fue descartada debido a las muy bajas recuperaciones (comparada con la lixiviación por agitación) y preocupación por la oxidación de la pirita, lo cual resultaría en una gran generación de ácido. La segunda opción fue descartada debido a la regeneración de férrico y a la ineficiencia del uso de oxígeno / aire en el procesamiento atmosférico.

permiten oxidar todos los minerales sulfurados de cobre a sulfatos y ácido sulfúrico, así como la precipitación del hierro, principalmente como hematina. Las principales características de este proceso son:

- ✓ Alta extracción de cobre y rápidas cinéticas de lixiviación sin molienda fina.
- ✓ Metales preciosos pueden ser recuperados por cianuración de los residuos de lixiviación.
- ✓ El consumo de oxígeno es alto ya que todos los sulfuros son convertidos a sulfatos.
- ✓ Alto consumo de cal para la neutralización del refino ácido a menos que este sea usado en la lixiviación en pilas, como planea hacerlo Phelps Dodge (PD).

En el año 2003, PD construyó una planta demostrativa con un costo de US\$ 40 millones. En esta el concentrado de calcopirita (150 t/d) es lixiviado en un reactor autoclave a alta presión (más de 2 ton de oxígeno por ton de cobre lixiviado). Las soluciones ricas resultantes son mezcladas con soluciones de lixiviación con bajo contenido de cobre, y enviadas a las etapas de SX-EW. La recuperación promedio de cobre es 98% con una producción de 16.000 ton/ año de cátodos de cobre, lo cual representa el 15% de la producción total de cobre de la mina Bagdad. El ácido producido en el autoclave (3 ton por ton de Cu lixiviado) es enviado a la piscina de refino para luego ser usado en el proceso de lixiviación en pilas, que también opera en la mina Bagdad, Arizona, Estados Unidos. Los residuos sólidos del autoclave, una vez lavados, son neutralizados con cal en 4 etapas (Peacey y otros, 2003; Dreisinger, 2004). PD está considerando esta tecnología de lixiviación de concentrados para varias operaciones y futuros proyectos, incluyendo el desarrollo de los importantes depósitos de cobre primario de Cerro Verde<sup>286</sup> en Perú y El Abra en Chile.

**BIOCOP:** fue desarrollado por el grupo de biotecnologías de BHP-Billiton de Johannesburgo en Sudáfrica. En el proceso, las bacterias mesófilas (42 a 45 °C) y/o termófilas (70 a 80 °C) son usadas para lixiviar sulfuros secundarios de cobre y calcopirita, respectivamente. Una etapa de pre-lixiviación antes de la oxidación es útil para recuperar cobre cuando se tratan sulfuros de cobre secundarios, pero, esta etapa tiene poco efecto sobre la lixiviación de la calcopirita. El azufre es completamente oxidado a sulfatos. El consumo de oxígeno es alto en este proceso debido a la oxidación completa del azufre (Dreisinger, 2004).

En el año 2003, Alliance Copper (BHP Billiton y Codelco) pusieron en marcha una planta prototipo en Codelco Norte, Chuquicamata, II Región de Chile, con una capacidad de producción de 20.000 ton/año de cobre fino, a partir de concentrados con altos contenidos de arsénico (1,8% a 4%), con una inversión de US\$60 millones<sup>287</sup>.

**Proceso GEOCOAT:** Geobiotics de Lakewood Colorado ha desarrollado este proceso con un enfoque alternativo a la biolixiviación, que considera el cubrimiento de los concentrados dentro de un sustrato, usualmente material rocoso, y luego su apilamiento en pilas. La pila es irrigada con soluciones ácidas conteniendo hierro y nutrientes, mientras aire ambiente a baja presión es aplicado en la base de la pila. La tecnología fue inicialmente desarrollada para la recuperación de oro, y un intenso programa está siendo llevado a cabo para sulfuros de cobre (Taylor, 2002).

**Bactech / Mintek:** han desarrollado un proceso viable de biolixiviación para varios concentrados de cobre. El proceso consiste de una molienda moderada, dos etapas de lixiviación férrica con aire y regeneración férrica con aire. Para el concentrado de

---

<sup>286</sup> La Sociedad Cerro Verde tiene este proyecto de lixiviación de sulfuros ubicado a 36 km. desde Arequipa y pretende extender la vida de la mina en cerca de 15 años, con un costo de construcción que variaría entre US\$ 400 y US\$ 700 millones. Actualmente, este es una mina a rajo abierto con una operación de lixiviación en pilas que produce alrededor de 85.000 ton/año de cátodos de cobre desde minerales oxidados.

<sup>287</sup> Más detalles en [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)

calcosita, las bacterias mesófilas a 36 – 40 °C son usadas y la lixiviación y biooxidación ferrosa es llevada a cabo en el mismo tanque. Para el concentrado de calcopirita, bacterias termófilas moderadas (40 – 50 °C) y extremas (70 °C) son usadas y biooxidación ferrosa es realizada en tanques separados. El azufre es convertido a azufre elemental y sulfato. El sulfato es precipitado desde el refinado como gypsum. El hierro soluble es precipitado como jarosita (Taylor, 2002).

**Proceso Sepon**<sup>288</sup>: Este proceso fue desarrollado para recuperar cobre desde el depósito de cobre Sepon en Laos. La mineralogía de Sepon es muy compleja. El cobre está principalmente como calcosita con pirita y una gran cantidad de mineralización de arcilla. El proceso incluye una lixiviación ácida con sulfato férrico a presión atmosférica seguida del lavado del residuo (primero en el refinado y luego en agua) y flotación de la pirita y azufre elemental. El desarrollo clave de este proceso es el tratamiento en autoclave del concentrado conteniendo pirita y azufre elemental. Este proceso genera un producto de sulfato férrico básico, el cual puede entonces ser relixiviado para producir una solución fuerte de sulfato férrico para ser utilizada en la lixiviación atmosférica.

La planta de Sepon está en construcción para una capacidad de 60.000 ton/año, y entró en operación en marzo de 2005 con una inversión de US\$ 235 millones (Baxter y otros, 2003). La oxidación de la pirita / azufre proveerá virtualmente todo el ácido y el sulfato férrico requerido para el proceso de lixiviación de cobre. Según Dreisinger (2004), este proceso puede ser considerado con un proceso híbrido de oxidación de la pirita y lixiviación de cobre.

**Procesos Activox y Nenatech (Albion)**: Ambos procesos usan molienda fina, donde el tamaño de la partícula de concentrado en la lixiviación es menor a 20 µm. Las características de estos procesos son:

- ✓ La temperatura de lixiviación en estos procesos es menor que la temperatura de fusión del azufre de 119 °C.
- ✓ El azufre elemental formado en el proceso permanece en el residuo de lixiviación, debido a la dificultad para recuperar metales preciosos de éste.
- ✓ Algo de sulfato es producido, el cual precipita como gypsum.
- ✓ El hierro precipita como goetita y jarosita.

El proceso Activox bajo licencia de Western Minerals Technology (WMT) de Perth, Australia opera a una temperatura de lixiviación cercana a 110 °C y a una presión de oxígeno es 1.000 kpa. WMT está enfocada en el tratamiento de menas tipo níquel/cobalto/cobre, y concentrados de cobre con impurezas que son difíciles de manejar vía fundición.

El proceso Nenatech usa presión atmosférica y temperaturas bajo los 100 °C. Éste ha sido probado en minerales refractarios de cobre, zinc, níquel, cobalto y oro, y fue originalmente desarrollado por MIM y Highlands Pacific para el proyecto Frieda River Project en Papua Nueva Guinea. El patrón de reacción principal se basa en el mecanismo de oxidación indirecta con ión férrico (Peacey y otros, 2003).

**Proceso Dynatec**: Dynatec Corporation de Fort Saskatchewan en Canadá ha desarrollado este proceso que se basa en el probado proceso de lixiviación de zinc de Dynatec. En este caso, carbón de baja ley es adicionado como dispersante del azufre fundido. El concentrado es molido a cerca de 30 – 40 µm y oxidado a una temperatura media (150 °C para la calcopirita). El residuo de lixiviación, conteniendo azufre elemental y sulfato, es flotado para recuperar la fracción de sulfuros y maximizar la extracción de cobre. Cobre es recuperado vía SX-EW, aunque SX en forma directa

<sup>288</sup> Más detalles en: <http://www.oxiana.com.au/Projects/Laos/SeponGoldCopperOperations.htm>

está siendo probada. El azufre elemental es recuperado usando fusión y filtración en caliente. El hierro es precipitado como hematita y jarosita. Dynatec ha también desarrollado el flowsheet para el proyecto Las Cruces en España, el cual tratará una mena de calcocita / bornita usando una combinación de lixiviación a presión atmosférica y autoclave a baja presión después de una molienda a 105  $\mu\text{m}$  (Peacey y otros, 2003; Dreisinger, 2004).

**Proceso Anglo American Corporation / Universidad British Columbia (AAC/UBC):**

Este proceso es una variante de los procesos Dynatec y Activox, en el cual los típicos surfactantes usados en la lixiviación a presión de zinc son adicionados para dispersar el azufre fundido. El proceso comprende una molienda fina a menos de 20  $\mu\text{m}$  de un concentrado de calcopirita, lixiviación a presión a 150 °C, espesamiento y filtración y las etapas clásicas de SX-EW, con un circuito para recuperar otros metales como sub-productos, como se muestra en el diagrama de flujos del anexo 1 (Peacey y otros, 2003; Dreisinger, 2004). El proceso AAC/UBC ha sido probado en una planta piloto en forma continua en los laboratorios de Anglo American en Sudáfrica, y se estima que puede ser altamente competitivo respecto a los otros procesos hidrometalúrgicos de cobre bajo desarrollo comercial.

**Proceso NSC:** Este proceso se basa en una molienda ultrafina a 10  $\mu\text{m}$  seguida de una oxidación a presión moderada a 125 – 155 °C, catalizada con especies de nitrógeno desde nitrito de sodio. El cobre es recuperado por SX-EW convencional. Un pequeño circuito comercial operó hasta la mitad de los años 90 en Sunshine Mining and Refining en Montana. El desarrollo de investigaciones adicionales está siendo llevado a cabo por el Center for Advanced Mineral and Metallurgical Processing, en Montana, Estados Unidos, que incluyen el uso de las operaciones de Sunshine existentes para tratar un concentrado de cobaltito y calcopirita para la Formation Capital Corporation Idaho Cobalt Project<sup>289</sup> (Taylor, 2002)

Por otra parte, la adición de cloro a la lixiviación de sulfuros mejora la cinética de lixiviación y permite una temperatura más baja de lixiviación. Los principales procesos de lixiviación sulfato / cloro son analizados a continuación. En estos procesos el azufre es oxidado a azufre elemental, y el cobre es recuperado por SX-EW (Peacey y otros, 2003).

**Proceso Antlerita Noranda:** Este proceso fue desarrollado por Noranda a fines de los años 1970 para el tratamiento de concentrado de calcopirita. Este se basa en la conversión de cobre a antlerita,  $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Las etapas de lixiviación incluyen: 1) conversión de calcopirita y otros minerales sulfurados de cobre a antlerita, hematita y azufre elemental usando una solución de cloruro cúprico – sulfato cúprico a 135 – 145 °C y una presión de 200 psi, y 2) lixiviación del residuo de la antlerita con ácido sulfúrico a pH 2,5 para producir un electrolito cargado para EW.

**Proceso BHAS:** La Broken Hill Associated Smelters Pty Ltd. (BHAS) en Port Pirie, Australia desarrolló un proceso para tratar matas sulfuradas de cobre-plomo con una solución ácida oxigenada conteniendo sulfatos y cloruro. Este proceso comenzó a operar en 1984, y en éste, el cobre se disuelve mientras el plomo permanece en el residuo sólido como sulfato de plomo junto con el azufre elemental, el cual es reciclado a la fundición de plomo. La adición de cloruro es necesaria para obtener una extracción de cobre satisfactoria, ya que en ausencia de éste, la extracción de cobre fue de sólo 30% mientras que ésta aumenta fuertemente a 95% con cloruro sobre 10 g/L. Este proceso operó comercialmente por muchos años, pero por diferentes razones ya no está en operación.

---

<sup>289</sup> Más detalles del proyecto en: <http://www.formcap.com>

**Proceso CESL:** El proceso CESL fue desarrollado por TECK – Cominco. La química del proceso es similar a la del proceso Antlerita de Noranda, sólo que el concentrado es sometido a una molienda a cerca de 40  $\mu\text{m}$ . Pruebas en una planta piloto se han desarrollado, y potenciales aplicaciones comerciales están siendo evaluadas.

Finalmente, la lixiviación de sulfuros de cobre usando cloruro ha recibido bastante atención en las últimas décadas<sup>290</sup>. Los procesos basados en cloruros tienen varias ventajas sobre los procesos basados en sulfatos, tales como (Peacey y otros, 2003):

- ✓ Cinéticas más rápidas, haciendo la lixiviación atmosférica más práctica.
- ✓ Al menos todos los sulfuros son oxidados a azufre elemental.
- ✓ Alta solubilidad de metales, lo que significa volúmenes de solución más pequeños en las siguientes etapas.

Las mayores dificultades son:

- ✓ Soluciones de cloruro necesitan materiales de construcción especiales, lo que significa mayores costos de capital y mantención para la planta.
- ✓ Electro-obtención directamente desde soluciones de cloruros no produce cátodos de cobre.

El cloruro férrico es el lixivante favorito en la etapa de lixiviación. En muchos de los procesos basados en cloruros, el cobre es recuperado vía SX-EW. Si el cobre es transferido desde la solución de cloruro a la solución de sulfato durante la etapa de SX, entonces la etapa de EW convencional puede ser usada para la depositación del cobre. El cobre también puede ser depositado como polvos vía EW de la solución de cloruro cuproso.

El **proceso CLEAR** operó entre 1976 y 1982 en una planta en Arizona, Estados Unidos, pero la operación comercial tuvo muchos problemas incluyendo la generación de gypsum en la nave de EW, contaminación del producto final con plata. Finalmente, la planta cerró por razones económicas y porque el producto no pudo cumplir con los estándares de la LME.

En el **proceso CYMET** es recuperado usando una solución de hidrógeno en un reactor de lecho fluidizado después de la cristalización con cloruro cuproso. El producto de cobre es fundido a barras de cobre. Por su parte, en el **proceso Cuprex**, el cobre desde la solución de cloruro cúprico por SX y recuperado como polvo por EW. El cloro generado en el ánodo es recuperado y usado para reoxidar el cloruro cuproso generado en el cátodo durante la EW.

Por su parte, Outokumpu ha desarrollado y patentado un proceso llamado **Hydro Copper Process**, en el cual concentrados de calcopirita son lixiviados a presión atmosférica con una solución de cloruro cúprico. El cobre es recuperado desde la solución de lixiviación purificada precipitando el óxido cuproso con hidróxido de sodio (NaOH). Los reactivos claves: NaOH, cloro para la oxidación de la solución de lixiviación; e hidrógeno para reducir el óxido cuproso a cobre son todos regenerados desde el electrolito agotado usando una moderna tecnología de celdas cloro – álcali. Finalmente, el producto de cobre sólido es fundido y moldeado directamente en diferentes formas de cobre.

Para probar esta tecnología, Outokumpu posee una planta de demostración en Pori, Finlandia, que puede producir hasta 1 t/d de cobre puro. Este proceso es económico en el rango de producción de 20.000 a 150.000 t/año de cobre, y los requerimientos de

---

<sup>290</sup> Un detallado informe puede encontrarse en: D.S. Flett, Chloride hydrometallurgy for complex sulphide: A review, en CIM Bulletin, october 2002, pp. 95 – 103.

energía pueden ser reducidos a cerca de 1.300 kWh/ t Cu, y aunque no compite con las fundiciones, puede ofrecer una alternativa para productores de menor escala (Outokumpu, 2003).

Durante los últimos 10 años, Intec Ltd. ha estado desarrollando y probando el **proceso INTEC Copper**, el cual es muy innovador. Los principales componentes de la solución de lixiviación son el cloruro y el bromuro de sodio y el lixiviante,  $\text{BrCl}_2^-$ , es producido por reacción anódica en una sola celda de EW. La lixiviación a 85 °C es realizada en tres etapas a presión atmosférica usando aire como oxidante: el concentrado de cobre a 40  $\mu\text{m}$  es lixiviado en etapas 1 y 2, mientras el oro es lixiviado en la etapa 3 para luego ser recuperado directamente por carbón activado. Las extracciones de cobre alcanzan a 98% en cerca de 12 horas. En la etapa de EW, cobre dendrítico es producido, que luego es lavado y secado bajo una atmósfera inerte para ser fundido y moldeado en diferentes formas de cobre (Wood y Hicks, 2002).

En resumen, en un escenario futuro, si la lixiviación de minerales sulfurados primarios, como la calcopirita, llegara a ser factible a escala industrial, grandes cantidades de mineral podrían ser beneficiadas, y nuevos desafíos para los proveedores, centros de formación técnica y universidad ligadas al sector minero deberán abordados en lo que respecta a nuevos materiales para los equipos que se utilizan a altas temperaturas y presión, así como a la formación de recursos humanos que conozcan la aplicación de estas nuevas tecnologías emergentes.

### **Bibliografía:**

Baxter, K.G., Kaiser, C., Bateman Australia Pty Ltd, y G.D. Richmond, Western Metals Design of the Mt Gordon Chalcocite Project Resources Limited; ALTA Copper 1999, <http://www.batemanengineering.com/TECHNOLOGY/9June/Design%20of%20the%20Mt%20Gordon%20Chalcocite%20Project.pdf>

Baxter, K.G., y Richmond, G. D., 2001, "Design and Operating Experience from the Mt. Gordon Copper Operations of Western Metals", en ALTA Copper; (September 2001) and SAIMM (2001). <http://www.batemanengineering.com/TECHNOLOGY/Design%20and%20Operating%20Experience%20from%20the.pdf>

Baxter, K.G., Dreisinger, D., y Pratt, G, 2003, "The Sepon Copper Project - Development of a Flow sheet", en Hydrometallurgy Conference 2003, TMS. <http://www.batemanengineering.com/TECHNOLOGY/The%20Sepon%20Copper%20Project%20-%20Development%20of%20a%20Flowsheet.pdf>

Chadwick, J., 2003, "Clean Copper Technology", en *Mining Environmental Management*, septiembre 2003, pp. 16- 18.

Codelco, Memoria Anual 2004, [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)

Dreisinger, D., 2004, "New Developments in Hydrometallurgical Treatment of Copper Concentrates", en *Hydro-Sulfides 2004*, Santiago de Chile, Noviembre 2004.

Habashi, F., 2005, "Copper Metallurgy at the Crossroads", presentación interna en la Comisión Chilena del Cobre, Department of Mining, Metallurgical, and Materials Engineering, Laval University, Quebec City, Canada, 20 de abril de 2005.

Katz, J., Cáceres, J., y Cárdenas, Kattia, 2000, "Instituciones y Tecnología en el Desarrollo Evolutivo de la Industria Minera Chilena", División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL.



Moussa, N., 1999, "Desarrollo de la Minería del Cobre en la Segunda Mitad del Siglo XX", División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL.

Outokumpu, 2003, "Building a Vision, Shaping the Future of Metals, in *Outokumpu News* N° 1.

Peacey, J., Guo, X.J., y Robles, E., 2003, "Current Status, Preliminary Economics, Future Direction and Positioning versus Smelting.

[http://www.hatch.ca/Non\\_Ferrous/articles/copper\\_hydrometallurgy.pdf](http://www.hatch.ca/Non_Ferrous/articles/copper_hydrometallurgy.pdf)

Revista Minería Chilena, "Chile es Pionero en la Aplicación y Desarrollo de la Flotación de Cobre, N° 254, Agosto 2002, pp. 17-22.

Taylor, A., 2002, "Big Guns Now in Copper concentrate Leaching Race", desde Alta Metallurgical Services, septiembre 2002. <http://www.altamet.com.au/>

Wood, P. R., y Hicks, A. M., 2002, "The Intec Copper Process: Superior and Sustainable Metals Production", en *International Seminar on Mining and Environment*, organizado por la Comisión Chilena del Cobre, Consejo Minero y Universidad de Concepción, abril 2002.

## Anexo IV.4. Análisis del Sector Privado Peruano

Principales rasgos encontrados con respecto a la gestión de la tecnología:

**Recursos tecnológicos propios.** Se valen en su mayoría de sus propios recursos tecnológicos. Involucran la tecnología como una actividad en la producción (implícita) y en su aproximación al mercado. Hay primeros pasos para organizar la gestión tecnológica en empresas grandes. La tecnología se maneja dentro de la producción, como las máquinas. Hacen diseño, prototipos, mejoramientos empíricos, pero corren riesgos de emplear mucho tiempo en ello y de repetir lo hecho, sobre todo los pequeños.

**Prácticas de producción.** Han adoptado en varias empresas prácticas de gestión como el JIT y cero inventario con resultados alentadores. De hecho, su mayor prioridad al innovar son los cambios organizacionales (28% de las empresas que reportaron hacer ACT. Encuesta Concytec). La mayoría está preocupada por conformidad con normas técnicas.

**Lo que hacen es poco intensivo en I&D.** Es un tipo de empresas bastante empírico en su cultura, como se vio en otra sección. La prioridad concedida a I&D para hacer innovación es apenas el 9% entre 700 empresas que invierten en actividades científicas y tecnológicas, según la Encuesta del Concytec. Se ejecutaron entre 1997 – 99, 445 proyectos de I&D en todos los sectores; 50% Investigación aplicada; 41% Desarrollo experimental; 9% en Básica. No parecen manejarse proyectos con su propio presupuesto y programación específica. Es un número relativamente modesto de proyectos. Si aplicáramos una definición más estricta de proyectos de I&D probablemente disminuiría su número. Las ingenierías participaron con el 63% en los proyectos de la Encuesta del CONCYTEC.

**Interacción con universidades, centros e institutos.** Pocos vínculos con los institutos y las universidades. Sostienen vínculos informales con universidades en algunos problemas complejos (Metalurgia avanzada, biotecnología, etc). Las Tesis de grado parecen ser un mecanismo de enlace que amerita más estudio futuro y preocupación formal. Empresas micros líderes están aprendiendo a trabajar con CITES y adoptando nuevas prácticas técnicas y uso de laboratorios de pruebas. Sus interacciones son mínimas con los Institutos Públicos de Investigación. Difieren en posición frente al mercado. En general, no se percibe el trabajo en redes como mecanismo de aprendizaje tecnológico.

**Transferencia de tecnología basada en asistencia técnica.** En la transferencia de tecnología gastan mucho más en “servicios tecnológicos” (48%) y en licencias (32%) y Marcas (17%). (Encuesta de Concytec). Gastaron unos US\$ 30 millones en servicios tecnológicos en 1999. Las empresas entrevistadas parecen preferir la asistencia técnica externa o quisieran buscarla en fuentes como el CISE. La asistencia técnica parece bien importante como servicio tecnológico para la transferencia de tecnología. Muy poca preocupación por patentes, pero sí por marcas comerciales donde invierten sumas significativas

Principales rasgos encontrados con respecto a la gestión del financiamiento:

**No tienen muy clara la inversión en conocimiento.** La participación del sector empresarial en el gasto total en ACT en 1999, fue apenas de 4% (Encuesta de Concytec). Es menor que el promedio latinoamericano. La mayoría tiene bastante borroso el límite entre financiación de tecnología y de ensanches industriales. Los servicios financieros para la innovación y la I&D son nuevos para las empresas, lo cual implicará la adopción de una nueva práctica financiera y tecnológica industrial tradicional o con proyectos de inversión industrial. Las empresas tienden a confundir el apoyo a la innovación con líneas corrientes de financiamiento. No conocen ninguna línea financiera de apoyo a desarrollo tecnológico. Va implícito en otros tipos de créditos o en los gastos de la empresa con sus propios recursos. El porcentaje del gasto en inversión en actividades científicas y tecnológicas aumenta en relación con el crecimiento de las exportaciones. (Encuesta de Concytec. Década de los 90). Domina la idea de inversión en tecnología asociada a máquinas y procesos de producción, más sin desdeñar cambios organizacionales. Las empresas del área de manufactura gastaron más en ACT. Entre casi 9.000 empresas, el 56% es de manufactura, el 10% en pesca y un 7% en agroindustrial.

**Las empresas invierten muy poco en I&D.** No piensan mucho en términos de proyectos de I&D. La mayoría no ha adoptado la ID formalmente en las empresas. Sólo el 1.8% entre 8.976 empresas dice haber invertido en actividades científicas y tecnológicas (Encuesta de Concytec). La inversión realizada por las empresas que invierten en ACT, entre 1997-99, en innovación, muestra que en I&D solo gastan 3.63%, al tanto que en Bienes de Capital el 80.08%, en innovación de procesos 7.87%, en capacitación tecnológica 0.70% y cambios organizacionales un 5.34%. Estos datos parecen confirmar el empirismo reinante en las empresas peruanas de todos los tamaños y su reducida inversión en conocimiento.

**Perciben las dificultades financieras para innovar.** Entre los factores que más dificultan la realización de actividades de innovación tecnológica están las siguientes según Encuesta de Concytec 1997 – 90): Falta de recursos de Financiamiento (14%); Excesivos riesgos económicos (12.01%); Infraestructura insuficiente (10.97%); Falta de personal calificado (10.92%); Cultura organizacional poco inclinada a innovación (10.66%); Poca demanda del nuevo producto (10.59%). Se perciben con mayor peso los factores financieros y económicos como barrera. Muchos pequeños productores informales no son elegibles para créditos por el sistema financiero normal y esto crea limitaciones al futuro desarrollo tecnológico, incluso a un Fondo nuevo. Las Pymes perciben más caros los intereses que el capital. Algunos creen que el Gobierno abandonó la industria y la tecnología.

**Hay situaciones de endeudamiento que condicionan situaciones de cambio.** El pago de obligaciones a los Bancos en algunas empresas ha creado presiones extremas, pero paradójicamente ha forzado cambios notables en la organización, la búsqueda de mercados y en las tecnologías de producción para mejorar productividad y rendimientos y así repagar créditos. Varias empresas endeudadas se encontraban en situaciones de endeudamiento. Convendría mirar más a fondo estas situaciones con respecto a créditos de innovación.

**Paradójicamente, las empresas no poseían una clara percepción del papel de los créditos para innovación.** Perciben positivamente la llegada de un nuevo Fondo que ofrezca condiciones razonables para trabajar “desde la idea hasta el mercado”.(Frase de un entrevistado). Quisieran contar con “puentes” o “articuladores” entre la oferta y la demanda de tecnología y financiera. (Empresas exportadoras de ADEX). Hay similitud entre iniciativas empresariales peruanas y las de países vecinos al iniciar créditos BID, aunque un poco menos en la I&D propiamente dicha.

## **Anexo V.1. Descripción de las empresas más relevantes de la industria TIC en Minería**

### **Datamine**

Para la generación y análisis de la planificación minera. La solución propuesta por Datamine comenzó con un riguroso análisis de las distintas actividades de la minería, luego prosiguió con la mejora continua de toda la línea de productos y el desarrollo de todas aquellas tecnologías que permitieran cubrir todas las áreas del negocio minero, en cualquiera de sus variantes. Entre sus productos destaca el software Datamine Studio.

### **Gemcom**

Las soluciones integradas que desarrolla Gemcom abarcan desde las fases de exploración, evaluación de recursos, diseño de mina, optimización, planificación minera y control de leyes de producción, hasta la reconciliación y balance metalúrgico a lo largo de la línea de producción. La línea de soluciones MPMS (Mine Production Management Solutions) es cuidadosamente diseñada y ajustada a las necesidades reales y futuras de cada uno de los clientes, incluyendo productos específicos como GEMS o Whittle y/o herramientas de otros proveedores o desarrollos propios de cada empresa. Lo relevante es la integración real de todos los elementos involucrados en la cadena de valor, lo que posibilita una visión global confiable, con los indicadores adecuados que permiten a los ejecutivos tomar decisiones más certeras.

### **Maptek**

El software minero geológico Vulcan es uno de los productos principales de Maptek. Creado en el año 1981, actualmente está disponible en la Versión 4.5. Entre sus principales características, destaca su aplicación a todos los aspectos geológicos y de planificación minera; posee las herramientas necesarias para la creación del diseño, tanto para minas de cielo abierto como para minas subterráneas; permite el modelamiento de yacimientos metálicos, carboníferos y de metales industriales, y entrega las herramientas para un completo desarrollo topográfico y de geomensura.

El software permite convertir los complejos datos en información visual que se refleja en la creación de imágenes interactivas y dinámicas en 3D, facilitando su comprensión y entendimiento. Además, puede desarrollar completos estudios de factibilidad y de impacto ambiental.

### **Mincom**

Los principales softwares que ofrece orientados al sector minero, son:

- Mincom MineScape. Solución que permite la planificación geológica de minas y el modelamiento de depósitos metálicos y de carbón.
- Mincom MineMarket. Nació como respuesta a la demanda de la industria minera de tener una herramienta de unificación y funcionalidad de la gestión administrativa y control. Es aplicable a la explotación de minas, fundiciones, refinerías o semimanufactureros de productos metálicos, y opera con un sistema de módulos que están totalmente integrados con el área financiera.

### **Surpac**

Surpac Minex Group tiene una serie de soluciones computacionales para el trabajo geológico minero, entre las cuales se puede mencionar:

- Surpac Vision: Software geológico minero que cubre desde las tareas de exploración hasta la planificación de la mina.
- Minesched: Software de planificación minera de desarrollo y planificación de la producción desde el corto hasta largo plazo en minería subterránea y de cielo abierto.
- Tailings: Es un programa que permite simular el llenado de un tranque de relaves, considerando puntos de descarga y diferentes pendientes de depositado.

Surpac tiene aplicaciones en el área geológica minera, específicamente en: exploración geológica; estimación de reservas; diseño en minería de cielo abierto y subterránea; planificación minera; modelamiento de relaves; levantamiento topográfico.

### **Mapinfo**

Mapinfo es una compañía global que provee distintas soluciones basadas en la georeferenciación de los datos (Sistemas de información geográficos, mapas etc.). La corporación fue fundada en 1986.

### **Metech**

Metech, una compañía australiana (1980), provee software de alto nivel para la industria minera global. Sus productos estrellas son Minesight (modelamiento del recurso minero, diseño minero, planificación y control de la producción) y Acquire (gestión de datos mineros). Actualmente ha agregado herramientas avanzadas al software MineSight®: como la visualización tridimensional y un programa CAD; además de algoritmos de diseño de minas de cielo abierto (Lerchs-Grossmann) y sistemas del control de ley de mineral. Todo con un soporte gráfico interactivo, además del manejo de bases de datos provisto por Acquire.

### **Minemap**

MineMap produce un conjunto de software integrados los cuales forman un repositorio de datos geológicos, de modelamiento geológico y un sistema de evaluación del plan minero. El sistema concilia ls requerimientos de los geólogos y de los ingenieros en minas en la evaluación de un depósito minero y en la planificación estrategia, planificación de la producción y el control de operaciones de la mina.

### **Minex**

Se fusionó con Surpac a fines del 2002.

### **Osi Soft**

La compañía OSI Soft, es la principal proveedora de sistemas TI de administración de performance en tiempo-real de los procesos productivos. Su producto el MonitorTM complementado con su PI-System, permiten conocer la infraestructura de control de tal manera de mejorar la performance de una planta, así como su disponibilidad y seguridad.

Fuente: Extraído desde estudio "Identificación de Oportunidades de Negocio Globales en Base a Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) para el Cluster Minero y Relacionados" realizado para el Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (PBCT) de CONICYT. Disponible en: [www.pbct.cl](http://www.pbct.cl)

---