

## PROSPECTIVA DE LA MINERÍA EN EL CLÚSTER DE ZACATECAS Y LOS RETOS PARA LA FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO<sup>1</sup>

JOSÉ LUIS SOLLEIRO REBOLLEDO

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET-UNAM), México  
solleiro@unam.mx

ARACELI OLIVIA MEJÍA CHÁVEZ

Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc-UNAM), México  
olivia@iiec.unam.mx

BRENDA SUSANA FIGUEROA RAMÍREZ

CamBioTec, A.C., México  
b.figueroa@cambiotec.org.mx

### RESUMEN

La minería es uno de los sectores estratégicos más importantes a nivel global, por ser considerado un valioso proveedor de materias primas a un gran número de industrias de la actividad productiva. Éste es un sector de constantes cambios tecnológicos que requiere de personal calificado con las competencias y conocimiento de las innovaciones tecnológicas necesarios para laborar en cualquier eslabón de la cadena de valor. Sin embargo, los recursos humanos de minería en México al igual que los de otros países en desarrollo, no cuentan con la preparación suficiente para asimilar completamente el funcionamiento de las nuevas tecnologías y, en consecuencia, la industria carece del capital humano con las capacidades laborales demandadas para este cambio. En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo identificar las tendencias tecnológicas futuras para establecer las competencias que requerirá el capital humano, para incorporarse en las actividades productivas de la cadena de valor del sector minero en la zona de influencia del Clúster Minero de Zacatecas en el año 2025.

Este trabajo es un estudio cualitativo que utilizó como herramienta de investigación la técnica de la entrevista, para lo cual se diseñó un instrumento –cuestionario – que se aplicó a profundidad a los actores clave del sector, y de forma complementaria mediante la revisión de literatura especializada y el manejo de las plataformas Thomson Innovation y Espacenet, entre otras, se identificaron tanto las tendencias tecnológicas futuras de la minería, como el perfil de las competencias que deberá tener el personal que laborará en algún eslabón de la cadena de valor de la minería en Zacatecas en el año 2025.

En consonancia, la presencia de nuevas tecnologías va a impactar positivamente al sector minero en México, al ofrecer soluciones a problemas específicos de seguridad, medioambiente y eficiencia, mejorando los procesos a través de la formación de personal con la participación de las instituciones de educación superior y políticas específicas.

Palabras clave: Prospectiva tecnológica, Tendencias tecnológicas mineras, Capital humano.

---

<sup>1</sup> Esta ponencia es resultado parcial del proyecto FOMIX CONACYT- Zacatecas ZAC-2016-C02-273267

## INTRODUCCIÓN

La minería es considerada a nivel mundial un sector que contribuye al crecimiento económico en la mayoría de las actividades productivas, al ser comprendido como el proveedor de materias primas para múltiples actividades manufactureras, un tractor de inversiones y generador de empleos. Su importancia socioeconómica se visualiza en las remuneraciones del personal y el grado de calificación que requiere esta industria. Aun cuando éste es un sector de corte transversal, en México existe una fuerte preocupación por la insuficiente capacidad de conocer, adquirir y asimilar las tendencias tecnológicas de la industria minera, así como por la falta de personal calificado que se demanda actualmente y que se requerirá en los próximos años, debido al acelerado ritmo de los avances tecnológicos de la minería en el mundo y a la distancia geográfica entre los centros urbanos (donde se concentra la oferta de personal calificado) y la localización de las unidades mineras.

De acuerdo con las empresas mineras en México, existe un importante déficit de recursos humanos con las capacidades, habilidades y conocimiento que requiere la industria minera en el país, además de que la falta de articulación entre las empresas y los centros de enseñanza, hace que los egresados de carreras técnicas, licenciatura, especialidad y posgrado se coloquen en puestos de trabajo de baja calificación y salario. (Clusmin, 2016). En este marco, la presente investigación pretende responder *¿Cuáles son los retos* para la formación de las capacidades de los recursos humanos ante los avances en las tendencias tecnológicas en las diferentes etapas de la cadena de valor de la minería en la zona de influencia del Clúster Minero de Zacatecas en el año 2025?.

Ante este panorama, el objetivo de este trabajo es identificar las tendencias tecnológicas futuras para establecer las competencias que requerirá el capital humano para incorporarse en las actividades productivas de la cadena de valor del sector minero en Zacatecas para el año 2025.

La búsqueda y análisis de la información cualitativa se realizó para un periodo prospectivo al año 2025, estableciendo los lineamientos sobre el conocimiento y capacidades que deberán tener los recursos humanos que se interesen por laborar en el sector minero en México. Para ello, se explica la metodología utilizada en el estudio, posteriormente se describe la presencia e importancia del Clusmin Zacatecas; después se presenta un contexto general de la relevancia económica de la minería a nivel nacional y en Zacatecas, así como la participación que tiene a nivel mundial. En seguida se exponen los resultados sobre las tendencias tecnológicas y se hace mención de las competencias que requerirá el personal para incorporarse en las actividades productivas de la cadena de valor en los próximos ocho años. Por último, se plasman las conclusiones más sobresalientes para el desarrollo de capital humano.

## METODOLOGÍA

Este estudio es resultado parcial de un proyecto financiado por el FOMIX CONACYT-Zacatecas, cuyo objetivo es determinar las competencias necesarias para que los recursos humanos de la industria minera tengan las condiciones de dominar las tecnologías predominantes en 2025.

La investigación realizada es de tipo cualitativo.<sup>2</sup> El trabajo se realizó mediante la revisión de literatura, fuentes oficiales, bases de datos y otras fuentes secundarias de información; así como trabajo de campo a través de cuestionarios (guion de entrevista) y entrevistas hechas a profundidad a los actores clave del sector<sup>3</sup>: grupos mineros más importantes en el país, unidades mineras<sup>4</sup>, y empresas proveedoras de servicios especializados<sup>5</sup> pertenecientes al Clúster Minero de Zacatecas (Clusmin), sobre los problemas que se presentan por la adopción de innovaciones tecnológicas en minería, con el interés de delinear el estudio de las tendencias tecnológicas del sector minero; asimismo, se recabó información sobre la oferta que las IES están generando por medio de la revisión de sus planes y programas de estudio y los requerimientos de recursos humanos que demandará esta industria en el corto y mediano plazo. Se consolidó esta información mediante entrevistas a jefes de carrera de instituciones como el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Politécnica de Zacatecas, la Universidad Autónoma de Zacatecas, Universidad Autónoma de Fresnillo, el Colegio Nacional de Educación Profesional, Técnica y la Universidad Tecnológica de Zacatecas<sup>6</sup>, además, se entrevistó a otros investigadores y especialistas de las carreras afines a la minería de la Universidad Nacional Autónoma de México en la Ciudad de México.

Las preguntas de investigación que enmarcan las entrevistas fueron: ¿Cuáles son las características de la oferta y demanda actual de capital humano en la cadena de valor del sector minero? y ¿Cuáles son los retos para la formación de las capacidades de los recursos humanos ante los avances en las tendencias tecnológicas en las diferentes etapas de la cadena de valor de la minería? La entrevista fue utilizada como una técnica de investigación cualitativa para recabar información directamente de las personas involucradas (Monje, 2011) y relacionadas con las actividades del sector minero.

Para identificar los escenarios tecnológicos para 2025, se generó información para establecer las tendencias, revisando literatura de patentes y artículos científicos publicados para los principales procesos de la cadena de valor. La recuperación de información y el análisis inicial se hizo utilizando las plataformas *Thomson Innovation* y *Espacenet*.<sup>7</sup> A partir de la definición del

---

<sup>2</sup> La investigación cualitativa está constituida por un conjunto de técnicas para la obtención de datos e información, como son: la observación, la entrevista, el análisis de contenido y las dinámicas de grupo. (López y Sandoval, 2013).

<sup>3</sup> Esta actividad fue de gran valor para la investigación, ya que permitió observar las etapas de la cadena de producción y establecer una relación directa con los operarios, quienes contribuyeron con información técnica sobre el equipo, maquinaria y la prospectiva sobre las tendencias tecnológicas, así como el capital humano que demandará el sector en los próximos años.

<sup>4</sup> De las cuatro unidades mineras entrevistadas para identificar los problemas técnicos en el proceso productivo y la prospectiva de tendencias tecnológicas, se entrevistó al Superintendente de Operaciones de la unidad ‘Madero’ (Peñoles); de la unidad ‘El Coronel’ (Frisco) se entrevistaron a doce personas que ocupan o se encuentran en los siguientes cargos o áreas: Gerente General, Gerente de la unidad, Gerente de operaciones, Área de control ambiental, Recursos humanos, Mantenimiento de planta, Control operativo, Área de Formación Humana, Operación planta y recursos humanos, Formación de camas de lixiviación, Responsable de mantenimiento planta y del Área de Geología y exploración. Por parte de la unidad Peñasquito (Goldcorp) se entrevistó al Gerente Senior de Operaciones de Planta, Superintendente de Metalurgia, Jefe de Mejora de Negocios, Superintendente de Tecnologías de la Información y Jefe de comunicación e infraestructura. En la unidad minera ‘El Herrero’ (Minera Bacis) se logró entrevistar al Gerente de la unidad y a diferentes operativos de mantenimiento de las áreas de explotación y extracción.

<sup>5</sup> El personal entrevistado de las empresas proveedoras ocupaban los cargos de Directores Generales, Gerentes de Proyecto, Director de Operaciones, Coordinación de Asistencia Técnica, Responsable de Recursos Humanos y Gerente de línea de negocio.

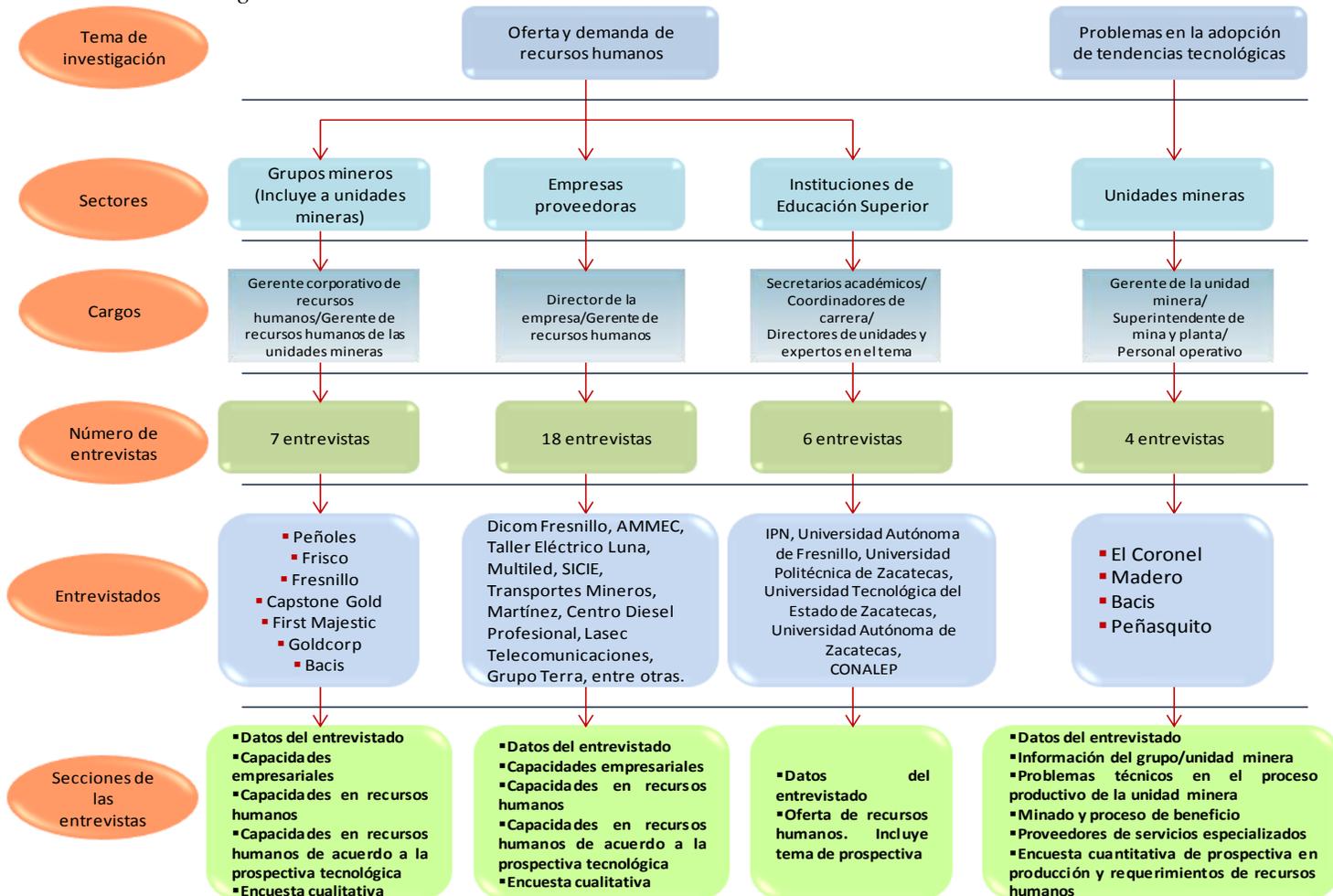
<sup>6</sup> Se destaca la participación de la Universidad Autónoma de Zacatecas quien tiene 2 programas referentes a nivel nacional que son Ingeniería en Minas y Metalurgia, así como Geología. También se entrevistaron a dos universidades tecnológicas y a dos politécnicas. En aspectos generales, estas instituciones cuentan con diferentes programas educativos que se relacionan con los profesionales requeridos por el sector minero entre los que destacan Ingenieros Mineros y Metalurgistas, Geólogos, Ingenieros Industriales y Mecatrónicos, Electromecánicos y en Materiales.

<sup>7</sup> También se usó la plataforma IMPI-SIGA y WIPO.

escenario tecnológico, se procedió a diseñar el perfil de competencias del capital humano que demandará el sector minero en el año 2025.

La entrevista se aplicó a través de un cuestionario (guión de entrevista) para mantener el control en el instrumento y evitar dispersión en las respuestas. Los temas centrales de las entrevistas fueron la oferta y demanda de recursos humanos y la problemática en la adopción de tendencias tecnológicas. Asimismo, se realizaron preguntas relacionadas con los cargos y segmentos que componen la industria minera en el país (Véase figura 1).

Figura 1. Elementos de las entrevistas a los actores clave del sector minero.



Fuente: elaboración propia con información de las entrevistas a actores clave del sector minero.

La selección de los actores entrevistados fue una propuesta del Clusmin Zacatecas, dado que integra algunos de los agentes más importantes del sector.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> También se asistió al XII Seminario Internacional Minero Sonora 2016, realizado del 25 al 28 de octubre de ese año, en el que se entrevistaron a empresas e instituciones del sector (Amec Foster Wheeler; Servicio Geológico Mexicano, SRK Consulting, Quantec Geoncience, Fideicomiso de Fomento Minero, Teknol, VP Technology, entre otras), éstas proporcionaron información técnica, cartográfica, de exploración, TICs y financiamiento, etc. Asimismo, se realizaron dos reuniones de trabajo en la que participaron alrededor de 20 representantes de diversas universidades, compañías mineras y proveedoras.

La información obtenida en el trabajo de campo se realizó en los estados de Zacatecas, Durango, Coahuila, Sonora, Nuevo León y Jalisco, lugares donde se encuentran las sedes de unidades mineras y proveedoras de equipo y servicios afiliadas al CLUSMIN, en el periodo octubre-diciembre de 2016, y en la Ciudad de México de enero a mayo de 2017.

Por su parte, el estudio sobre las tendencias tecnológicas y las competencias del capital humano necesarias en la cadena de valor para los próximos años, se desarrolló para los productos minerales de mayor demanda y peso económico en el país: oro, plata, cobre, plomo y zinc.

La información pasó por un proceso de codificación y análisis, que arrojó resultados relevantes sobre las tendencias y brechas existentes entre la oferta y demanda de capital humano para los próximos ocho años, así como la problemática en la adopción de tendencias tecnológicas en esta industria. Los resultados fueron presentados al Comité de Talento Humano del Clusmin para recibir retroalimentación, la cual indicó que la industria está de acuerdo con el diagnóstico realizado.

### **CLÚSTER MINERO DE ZACATECAS (CLUSMIN)**

El Clúster Minero de Zacatecas (Clusmin) surge de la necesidad de crear un organismo que represente a las empresas mineras y proveedoras del estado en el fortalecimiento del desarrollo de proveeduría, innovación en procesos, mejoras en la seguridad industrial (salud, seguridad y medio ambiente) y desarrollo de capital humano del sector minero. El trabajo que ha desempeñado esta organización comprende fundamentalmente el esfuerzo por vincular a sus integrantes, de tal forma que, la industria minera del estado de Zacatecas, así como sus áreas de influencia se vean fortalecidas. Sin embargo, sus facultades le impiden promover la comercialización pura y la adquisición de insumos para sus socios. Cabe señalar que, el Clusmin está apenas en el proceso de lograr la articulación de la industria, ya que los intereses e idiosincrasia de algunas empresas, centros de enseñanza o grupos políticos, han limitado la cooperación necesaria para lograr la eficiencia colectiva.

Actualmente, el Clusmin está integrado por siete empresas mineras consolidadas como lo son: Peñoles S.A de C.V., Minera Frisco, S.A.B. de C.V., Fresnillo PLC S.A. de C.V., Capstone Gold, S.A. de C.V., First Majestic, S.A. de C.V., Goldcorp S.A. de C.V. y Minera Bacis S.A. de C.V.; Instituciones académicas y de gobierno; y por más de 40 empresas proveedoras, entre las que destacan: Sandvik, FLSmith y Atlas Copco.

### **PANORAMA ECONÓMICO DE LA MINERÍA EN MÉXICO**

En México, la minería es una actividad productiva que se realiza en 24 de los 32 estados, en 9 entidades la minería aporta entre 1% y 21% del PIB estatal. (Bancomext, 2015). México es uno de los 12 principales productores mineros en el mundo (encabezado por China, Estados Unidos, Australia, Rusia, India, Chile y Perú, entre otros), destaca en 17 minerales y es líder mundial en la producción de plata.<sup>9</sup> (SGM, 2016). En 2015, la industria minera mexicana se ubicó en los primeros lugares en la explotación de productos mineros como fluorita (2º), bismuto (3º), celestita (3º), wollastonita (3º), sulfato de sodio (3º), barita(5º), plomo (5º), zinc (6º) y oro (7º)

---

<sup>9</sup> Durante el periodo 2000-2015, el comportamiento de los minerales fue mayormente creciente, debido a la demanda de minerales para otras industrias entre las que destacan: la electrónica, aeronáutica, automotriz, aeroespacial, química, medicina, farmacéutica, electricidad y joyería, entre otras.(CAMIMEX, 2016).

entre otros. (USGS, 2016). Asimismo, se le considera una industria dinámica que genera importantes fuentes de empleo y divisas, desarrolla infraestructura y una importante cadena de suministro, y dinamiza la actividad económica en las zonas aledañas a las unidades de producción.

La producción minero metalúrgica mexicana que, para efectos de este trabajo se denominará minera, alcanzó en 2015, 213.5 miles de millones de pesos (mmdp), en la cual, los minerales metálicos tuvieron la mayor participación. En ese mismo año, la inversión en el sector llegó a 4,630 millones de dólares (mdd) y generó 4,095 nuevos empleos en el país. (SGM, 2016).

Éste es un sector susceptible a eventos económicos, políticos y sociales. De forma interna, el sector presenta diversos problemas relacionados con el costo económico y ambiental por el uso de combustibles y el nivel de contaminación que éstos provocan, la escasez de agua para la producción (Sánchez y Ortiz, 2014), la falta de tecnología que haga más eficiente y rentable las actividades productivas dentro de la cadena de valor de la minería, los riesgos laborales, la aplicación de medidas fiscales a partir de 2014 provocando que las exportaciones disminuyeran; y el pago de nuevos impuestos, etc. Cabe mencionar que, la minería es un tema que ha ocasionado fuertes debates en el país, principalmente en materia de contaminación ambiental, uso de recursos naturales como el agua y el número de concesiones a empresas extranjeras, entre otros. (Martínez, 2016). Este debate público impone retos de desempeño a la industria que detonan cambios tecnológicos importantes.

En 2015, la economía nacional registró una tasa de crecimiento de 2.6%, mientras que el sector industrial se incrementó en 0.4%. Por su parte, la minería representó el 8.8% del PIB industrial y 3.0% del PIB nacional, con un incremento en la producción del sector de 1.7%. (CAMIMEX, 2016).

La producción minera en el periodo 2000-2015, conservó una trayectoria positiva, con excepción de 2004, 2013 y 2014, años en que la economía mexicana se vio influenciada por la depreciación del peso frente al dólar, la caída de los precios de los metales y la contracción de la economía china. Sin embargo, para 2015 la producción se recuperó, alcanzó un valor de 213.5 mmp, es decir, creció 8.3% con relación al año anterior, y registró una TMCA de 11.6% para el periodo. (SGM, 2000-2016).

De los cuatro grupos minerales que componen la producción minera destaca la participación de los metales preciosos (principalmente oro y plata) que en los últimos años contribuyeron en mayor proporción al valor de la producción, en 2015 ésta fue de 52.68%, le siguieron los metales industriales no ferrosos (cobre, plomo, zinc) con 30.38%, metales y minerales siderúrgicos (carbón no coquizable, coque, pellets de hierro) con 10.46% (estos tres grupos componen los minerales metálicos), y minerales no metálicos (yeso, sal, dolomita) con 6.49%. Cuatro metales contribuyeron con el 79% del valor minero total: oro (34.13%), plata (18.55%), cobre (19.75%) y zinc (6.49%). (CAMIMEX, 2016).

En México, la región norte se ha caracterizado por su participación en el valor de la producción minera. En los últimos cinco años, han destacado cinco estados como los principales productores mineros, los cuales son encabezados por Sonora (27.9%), le siguen Zacatecas (23%), Durango

(10.1%), Chihuahua (8.7%) y Coahuila (8.4%), que en conjunto contribuyeron con el 78% del valor total de la producción minera (Véase cuadro 1). (SGM, 2016).

*Cuadro 1. Principales minerales y estados productores en México, 2015.*

Producción de oro	Producción de plata	Producción de cobre	Producción de plomo	Producción de zinc
<b>Volumen de producción</b>				
123,364 kg	4,959 ton	485,528 ton	212,964 ton	454,626 ton
<b>Valor de producción</b>				
72.8 mmdp	39.5 mmdp	42.1 mmdp	6.0 mmdp	13.8 mmdp
<b>Estados productores</b>				
Sonora (31.61%)	Zacatecas (41.89%)	Sonora (81.34%)	Zacatecas (62.69%)	Zacatecas (43.05%)
Zacatecas (27.58%)	Durango (16.63%)	Zacatecas (7.13%)	Chihuahua (14.22%)	Durango (25.88%)
Chihuahua (11.34%)	Chihuahua (13.08%)	San Luis Potosí (5.05%)	Durango (11.83%)	Chihuahua (13.33%)
Durango (9.47%)	Sonora (6.11%)	Chihuahua (3.12%)	Estado de México (3.51%)	Estado de México (5.9%)
Guerrero (6.65%)	Otros (22.29%)	Otros (3.4%)	Otros (8.0%)	San Luis Potosí (3.65%)
Otros (13.4%)				Otros (8.2%)

Fuente: elaboración propia con información del SGM, 2016.

Como se puede observar en el cuadro anterior, el estado de Zacatecas se posiciona en el primer y segundo lugar en los cinco principales minerales producidos en el país.

En materia de balanza comercial, desde 2006, la minería ha mantenido un saldo superavitario hasta 2016, alcanzando su monto máximo en 2009 con 14,921 mdd. Cabe mencionar que el monto de ese año no ha podido superarse, y para 2010 el superávit disminuyó 48.5%; situación similar ocurrió entre 2013 y 2015, en este último año la balanza comercial decreció 23.6% en comparación a 2014, con 6,498 mdd.

El sector minero atrae fuertes inversiones al país. Entre 2000 y 2015, la inversión en este sector fue creciente en casi todo el periodo, alcanzó su monto máximo en 2012 con 8,043 mdd, sin embargo, comenzó a disminuir en los siguientes años hasta llegar a 4,630 mdd en 2015, 6.4% menos que en 2014 y 42.4% menor que en 2012, fundamentalmente por la caída internacional de los precios de los metales y por la expedición de nuevas cargas tributarias para la minería en el país. Del monto total de la inversión en el sector, la mayor participación proviene de las empresas afiliadas a la Cámara Minera de México (CAMIMEX), y en menor proporción de los No afiliados.<sup>10</sup>

Por su parte, desde 2010, el empleo en la minería ha crecido continuamente llegando en 2015 a su nivel máximo con 344,912 personas empleadas, esto es 1.2% más que en 2014, con 4,095 nuevos empleos. En los últimos años, tres entidades federativas han creado la mayor cantidad de nuevos empleos en la industria minera, Nuevo León (15.2%), Coahuila (11.4%) y Estado de México (8.8%), cuya participación ha destacado en los últimos quince años.

<sup>10</sup> El Servicio Geológico Mexicano (2016), señala que empresas con capital extranjero tienen presencia en 25 entidades del país, realizando actividades de minería cuyos proyectos se concentran principalmente en los estados de Sonora (221 proyectos), Chihuahua (125), Durango (100), Sinaloa (99), Zacatecas (70), Jalisco (61), Guerrero (37), Oaxaca (34) y Nayarit (22). En 2015, existían 267 empresas extranjeras que operaban 927 proyectos en el territorio nacional, de éstas, el 65% (173 empresas) eran de Canadá, 17% (44) de Estados Unidos, 13 (5%) de China y 2% (5) de Japón. También había 4 empresas de Reino Unido, 4 de Corea, 3 de España, 2 de Chile, 2 de India, y 1 de Italia, Bélgica, Perú, Luxemburgo, Suiza, Irlanda, Francia y Filipinas.

En este rubro uno de los aspectos más preocupantes es la falta de personal calificado, aunque esto no es exclusivo de México, pues a nivel mundial esta situación se reproduce principalmente en países tecnológicamente más atrasados. (Clusmin, 2016). Por ello, es importante identificar las tendencias tecnológicas y en esta medida establecer las competencias que en el futuro se requerirán para los recursos humanos que laboren en la industria minera.

En términos del potencial de los cambios, es importante mencionar que, la presencia de nuevas tecnologías está impactando positivamente en el sector minero en el mundo, debido a que ofrecen soluciones a problemas específicos, mejorando la eficiencia de los procesos y la administración del personal, fortaleciendo la seguridad de las operaciones, reduciendo los impactos ambientales, el consumo de agua y energía, entre otros.

## **RESULTADOS**

Se ha mencionado que la minería representa uno de los sectores estratégicos más dinámicos que genera innovaciones tecnológicas continuamente, y para su asimilación en las empresas, el capital humano resulta ser un factor detonante, pues la calidad de los recursos humanos es fundamental para alcanzar el dominio de nuevos equipos automatizados, procesos productivos más eficientes y manejo de operaciones cada vez más complejas derivadas de la necesidad de hacer excavaciones más profundas para encontrar minerales cuya explotación sea rentable.

Así, estos sectores están obligados a incorporar tecnologías innovadoras a sus sistemas productivos, que les permite reducir costos, consumo de energía y materias primas, mejorar la calidad del producto e incrementar la productividad de la fuerza de trabajo. (Martínez, 2009). Por ello, resulta primordial promover la adquisición de nuevas competencias y formas de aprendizaje entre los trabajadores, quienes tendrán las capacidades para contribuir en la creación de mayor conocimiento. (OCDE, 2015). Los constantes cambios tecnológicos colocan a las personas altamente calificadas como el principal detonante del crecimiento económico, denominadas Capital Humano, y se les define como “el conjunto de conocimientos, habilidades y competencias de los individuos, son importantes para la economía, al ser un activo intangible con la capacidad de aumentar y fomentar la productividad, innovación y el empleo de las personas, empresas y naciones”. (CIDE, 2004: 13). De esta forma, el capital humano es el resultado de aceptar que el conocimiento incorporado a los seres humanos (capital humano) junto con la tecnología son factores clave para el desarrollo económico (Cimoli, 2000; Casas y Dettmer, 2014). Para Nelson y Phelps (1966), existe una relación directa entre la acumulación del capital humano –medida por los grados académicos - con la difusión y adopción de innovaciones tecnológicas. Estos autores señalan que los individuos con una mayor formación académica tienen la capacidad de resolver mejor los problemas, son generalmente más emprendedores y asimilan mejor las innovaciones provenientes del exterior. Más aún “.la educación incrementa la capacidad individual para primero innovar, esto es, para crear actividades, productos o tecnologías nuevas y, segundo, para adaptar las nuevas tecnologías y, de ese modo, acelerar la difusión de la tecnología a través del mercado”. (Valenti, 2011: 33).

El aprovechamiento de las ventajas de incorporar innovaciones tecnológicas y competencias del capital humano a los sectores estratégicos como la minería, es posible mediante una plena

articulación entre las empresas mineras, la academia y demás actores participantes en dicho sector (CCM – FCH, 2015).

Las empresas mineras integrantes del Clusmin realizan investigación y desarrollo (I+D) como parte de sus estrategias para optimizar los procesos productivos, reducir costos, aminorar el impacto ambiental y mejorar la seguridad de los trabajadores principalmente. Sin embargo, los avances en cuanto al desarrollo de equipos, maquinaria y otras herramientas con alto desarrollo tecnológico continúan siendo desarrolladas en instituciones educativas, empresas proveedoras y grandes empresas mineras internacionales. Por lo tanto, para fortalecer la I+D nacional en el sector minero, en el corto plazo se deberá formar capital humano con perfiles profesionales especializados que requerirán robustecer sus conocimientos profesionales básicos con estudios especializados impartidos en universidades y centros de investigación del extranjero y, a su vez, se deben crear las estrategias para que a mediano plazo el capital humano de competencia internacional se pueda formar en el país.

Un aspecto fundamental para el desarrollo de esta investigación fue analizar los retos sociales de la industria minera en cuanto a la comunicación y negociación con las comunidades cercanas a las minas. Las comunidades suelen percibir a las empresas mineras como entes productivos invasivos y depredadores del medio ambiente, provocando cierre de minas y bloqueos por parte de organizaciones civiles. Por lo tanto, el sector minero requiere de intermediarios que sensibilicen a la población de los beneficios económicos y sociales para el desarrollo de la región. De acuerdo con las experiencias de las minas, diáconos y antropólogos sociales y los mismos gerentes de las minas, han participado como intermediarios para resolver estos conflictos. Este tema está siendo estudiado a profundidad, considerando a expertos en sociología, medio ambiente, derecho, estudios sociales, políticas públicas y en conflictos territoriales y laborales, como parte de los recursos humanos que requiere el sector minero. Asimismo, esta investigación ha encontrado que existe un vacío en la difusión de los estudios en materia ambiental que las empresas mineras elaboran constantemente, acción que mejoraría la visión que las comunidades tienen de las minas en sus comunidades. (Patiño, 2016).

Para identificar los desarrollos tecnológicos<sup>11</sup> utilizados en la minería, se analizó la cadena de valor de acuerdo a sus cinco eslabones, para establecer las tendencias y requerimientos de capital humano. La cadena de valor de la minería ha rebasado la concepción de Porter (1985), como un modelo que permite definir y desagregar las actividades de una empresa para generar valor al cliente final y a la empresa misma, en la cual, ésta crea una ventaja competitiva en comparación con otras cuando tiene la capacidad de aumentar el margen de ganancia a través de la reducción de costos o el incremento en las ventas. En el actual contexto mundial, la cadena de valor del sector minero se enmarca en la cadena global de valor (CGV), que abarca desde la cadena de suministro, las redes de distribución hasta llegar a ser CGV. Al respecto, Gary Gereffi identifica en la cadena de valor a un conjunto de actividades interrelacionadas mediante una estructura de gobernanza, donde participan una amplia gama de agentes económicos (Frederick and Gereffi, 2011; Kaplinsky, 2000; Gereffi, 1994). Este concepto indica que los sectores e industrias sean analizados en términos de complejas redes de producción y comercialización internacional, en las

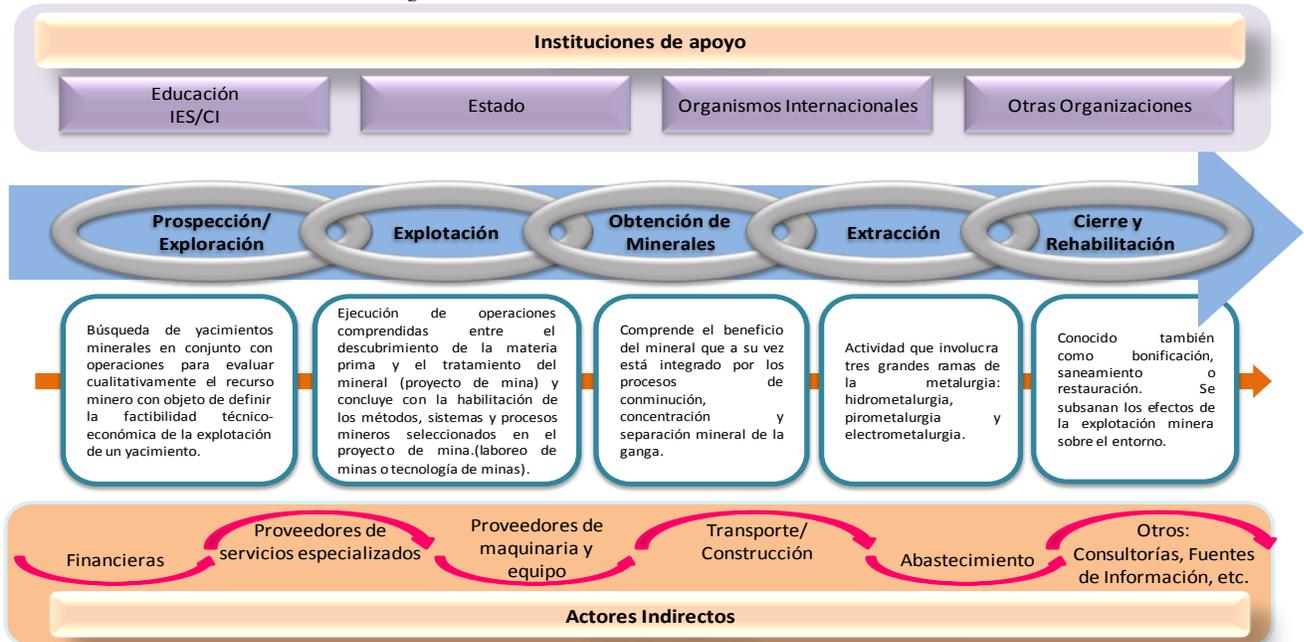
---

<sup>11</sup> Uso sistemático del conocimiento y la investigación dirigidos hacia la producción de materiales, dispositivos, sistemas o métodos incluyendo el diseño, desarrollo, mejora de prototipos, procesos, productos, servicios o modelos organizativos (LCTI), <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-tecnologico-e-innovacion>

cuales, la creación, apropiación y mantenimiento del valor están determinados por la posición y las capacidades de las empresas y los sectores en las CGV. (Gereffi, 2009).

El análisis de la cadena de valor de la minería quedó expresado en cinco eslabones. (Véase figura 2):

Figura 2. Cadena de valor de la minería.



Fuente: elaboración propia.

Mediante el análisis de las tecnologías utilizadas en el proceso de producción minero, se determinaron los desarrollos tecnológicos futuros, donde destacan cuatro grandes tendencias generales para todos los eslabones de la cadena de valor de la minería: *mejoramiento de la eficiencia, disminución del consumo de energía, protección al medio ambiente y seguridad en las operaciones* (Véase figura 3).

Figura 3. Principales tendencias tecnológicas en minería.



Fuente: elaboración propia usando la plataforma Thomson Innovation y Espacenet para acceder a patentes y diversas fuentes científicas.

Una vez que se determinaron las tendencias tecnológicas, se establecieron las competencias que requerirán los recursos humanos para los próximos ocho años, en cada uno de los eslabones de la cadena de valor de la minería.

### Prospectiva de las competencias requeridas en la cadena de valor de la minería

- **Formación de recursos humanos en Prospección/Exploración**

De los desarrollos tecnológicos futuros, las competencias identificadas como necesarias para los futuros profesionales se relacionan preponderantemente con técnicas avanzadas de adquisición de datos geofísicos y geológicos, así como con el uso intensivo de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) para minería de datos y el manejo e interpretación de software especializado que genera planos 3D, para lo cual se deberá hacer uso y manejo de diferentes tipos de equipo y aplicar los planes y programas de seguridad en el trabajo.

#### Prospectiva de formación de recursos humanos en Prospección/Exploración

Cargos/Puestos	Competencias técnicas futuras
<b>Coordinador en estudio de suelos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levantamiento de pozos de exploración; métodos y aparatos para la obtención muestras de suelos o fluidos de pozos; mediciones gravitacionales para prospección; dispositivos para escaner geológicos, métodos para detectar condiciones hidrogeológicas; software para el manejo de datos en la formación de mapas geológicos.</li> </ul>
<b>Especialista en métricas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejoras en equipos y métodos de mediciones geofísicas como gravitacionales y detección de masa (procesamiento, análisis, interpretación y corrección de datos sistémicos; aplicación de modelos sísmicos; determinación de propiedades físicas de la superficie; determinación de atributos sísmicos; adquisición aérea de datos y procesamiento de cubos de datos 3D.</li> </ul>
<b>Coordinador de sistemas y métodos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perforación, administración de datos geoquímicos en sistemas informáticos, métodos y sistemas para caracterizar pozos profundos a partir de fragmento de roca, entre otros.</li> </ul>
<b>Ingeniero en minas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Métodos de explotación subterránea; elementos de maquinaria y equipo para pozo; métodos o aparatos especiales para perforación; plataformas de perforación portátiles y control de la operación de perforación por medios hidráulicos o neumáticos.</li> </ul>
<b>Especialista en sensores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medios de sensado, adquisición de información y sistemas y métodos para la adquisición de sensados; desarrollo de mapas; manejo y administración de grandes flujos de información,</li> </ul>

	plataformas de administración, intercambio y uso de metadatos, servicio web y terminales móviles; sensores inalámbricos, sistemas de monitoreo, sensores de ultra baja frecuencias y aparatos con multi-sensores.
--	---

Fuente: elaboración propia.

### • **Formación de recursos humanos en Explotación**

En este eslabón, se espera que se intensifique el uso de equipos automatizados y robots, los cuales harán más eficientes y seguras las diversas operaciones. Esto aumentará la necesidad de aplicación de técnicas para desarrollar elementos de máquinas, fabricación rápida de refacciones, procedimientos de mantenimiento industrial y modelos de simulación para planear la acometida a los yacimientos y capacitar personal. A partir de las tendencias tecnológicas de los próximos años, se señalan los cargos que ocupará el personal que labore en este eslabón, así como los conocimientos, habilidades y destrezas – competencias técnicas futuras - con las que deberán contar los recursos humanos.

#### *Prospectiva de formación de recursos humanos en Explotación*

<b>Cargos/Puestos</b>	<b>Competencias técnicas futuras</b>
<b>Coordinadores y jefes de área en producción minera.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar y aplicar nuevos procedimientos, materiales, equipo y maquinaria para la extracción de minerales y recursos del subsuelo; usar las TICs, aplicaciones especializadas, Office, Internet Web, Redes Sociales, Skype en la aplicación de sus actividades laborales; Aplicar Sistemas, Proyectos y Productos de apoyo a la conservación del ambiente y desarrollo sustentable en sus entornos laborales; Aplicar los planes y programas de seguridad en el trabajo a partir de las Leyes, Reglamentos y Normas que afecten el ámbito de la minería, petrolífera y obtención de gas; Organización para transferencia de conocimiento.</li> </ul>
<b>Ingenieros en minas y metalurgia.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análisis de datos y sistemas complejos; aplicación de software de minería de datos y gestión de conocimiento; evaluación de proyectos de inversión, análisis y monitoreo de costos y sistemas para toma de decisiones; establecer programas de optimización para movimiento de maquinaria y equipo de trabajo; plantear medidas alternativas enfocadas a la reducción de los índices de accidentes y riesgos en las minas; diseñar procedimientos de explotación, extracción, beneficio y procesamiento de minerales alternativos; usar las TICs, u Software especializados, Internet Web, modelamiento de procesos, gestión de activos, caracterización y modelamiento de variables, geomecánica, geoquímicas, geofísicas y robótica; aplicar de sistemas, proyectos y productos de apoyo a la conservación del ambiente y desarrollo sustentable en sus entornos laborales; aplicar los planes y programas de seguridad en el trabajo a partir de las Leyes, Reglamentos y Normas que afecten el ámbito de la construcción; diseño de sistemas integrales de mantenimiento; Integración de equipos de trabajo.</li> </ul>
<b>Auxiliares y técnicos mineros y metalúrgicos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manipular equipos de perforado especializados; elaborar programas de estudio de minas subterráneas o a cielo abierto; usar TICs, Software especializados, Internet Web en apoyo a los trabajos mineros y metalúrgicos, mecatrónica, geomecánica, geoquímicas, geofísicas; participar en la conservación del ambiente y desarrollo sustentable en sus entornos laborales; elaboración de reportes; interpretación de procedimientos normalizados de operación; aplicar los planes y programas de seguridad en el trabajo a partir de las Leyes, Reglamentos y Normas que afecten el ámbito de la minería, metalurgia y petrolera.</li> </ul>
<b>Mineros y trabajadores en la extracción en minas de minerales metálicos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Operar equipo y maquinaria de extracción con aditamentos y sistemas actualizados (digital, programado); aplicar los planes y programas de seguridad en el trabajo a partir de las Leyes, Reglamentos y Normas que afecten el ámbito de la minería; mantener sus procedimientos actualizados de acuerdo al avance tecnológico que establece el mercado; participar en la conservación del ambiente y desarrollo sustentable en sus entornos laborales; manejar TICs, software especializado, modelamiento de procesos, mecatrónica, gestión de activos, caracterización y modelamiento de variables, geomecánica, geoquímicas, geofísicas; capacidades expertas en uso de equipo automatizado, robots y controles remotos.</li> </ul>
<b>Operadores de</b>	

<b>máquinas y equipos para la extracción y beneficio en minas y cantera.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar procedimientos de apoyo a la conservación del ambiente y desarrollo sustentable en sus entornos laborales; operar los equipos, con dispositivos especiales y actualizados para la extracción y beneficio de minerales; expertos en TICs.</li> </ul>
<b>Conductores de maquinaria móvil para la construcción y minería.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manejo de TICs, Office, Software especializados; interpretación de procedimientos normalizados de operación y normativa de seguridad; identificación oportuna de fallas y elaboración de reportes; capacidades expertas en automatización y robótica.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### • Formación de recursos humanos en Obtención de minerales

Debido a las leyes de producción en varios yacimientos se puede anticipar la proliferación de las explotaciones subterráneas. Esto demandará las competencias *ad-hoc* para operar dicha tecnología. Otra tendencia tecnológica importante es la automatización de los procesos, que ya está siendo implementada en varias de las empresas mineras. Este cambio tecnológico que tenderá a reemplazar a los operarios tradicionales, demandará perfiles y competencias propias requeridas para implementar, operar y mantener la automatización (CLUSMIN, 2009).

#### *Prospectiva de formación de recursos humanos en Obtención de minerales<sup>12</sup>*

<b>Cargos/Puestos</b>	<b>Competencias técnicas futuras</b>
<b>Coordinadores o supervisores de planta de conminución y tamizado.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gestión de recursos humanos; gestión de la calidad, seguridad y salud operacional; fundamentos de la fragmentación de partículas; mecanismos de ruptura, leyes de la conminución, forma y tasa de ruptura; separación selectiva; caracterización mineralógica y de leyes y su incidencia, arcillas y otros minerales problema, minerales contaminantes en concentrados; descripción de equipos y operaciones. Trituración, molienda convencional, molienda SAG, rodillos de molienda a alta presión (HPGR), molinos verticales, ciclónaje.</li> </ul>
<b>Operadores de planta de conminución y tamizado.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manejo de destrezas en la operación de equipos y maquinaria; mantenimiento de trituradoras y molinos; comprensión de procedimientos normalizados de operación; verificación del funcionamiento del equipo antes de operar de acuerdo a las especificaciones del fabricante en todos sus sistemas; operación de equipo de acuerdo a las especificaciones del fabricante y cumpliendo las recomendaciones de seguridad establecidas; reporte de incidencias durante la operación del equipo a las áreas establecidas en cada caso; conocimiento y cumplimiento de medidas de seguridad en cada proceso y procedimiento a realizar; conocimiento en eficiencia energética, eficiencias de clasificación, razones de reducción, índice de trabajo operacional, eficiencia de molienda; emplear el software de proceso de planta (Automatización).</li> </ul>
<b>Coordinador de proceso de flotación.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Caracterización de pulpas, relaciones sólido – líquido, flujos, densidad y viscosidad, número de Reynolds, sedimentación; balances; verificación de circuitos de flotación; monitoreo de cantidad de agua y reactivos del proceso; recepción y manipulación de reactivos; comprensión de procedimientos normalizados de operación.</li> </ul>
<b>Operador Básico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fundamentos de la flotación de minerales; fisicoquímica de superficies, electroquímica de la</li> </ul>

<sup>12</sup> En la etapa de obtención de minerales, la biotecnología resulta ser una tendencia en expansión en la industria minera en materia de biolixiviación, la cual es una rama de la hidrometalurgia que en los últimos años ha cobrado importancia en el proceso de extracción de minerales metálicos y es una variante de la lixiviación dinámica, en el que se emplean microorganismos, bacterias, algas y hongos como agentes biolixivantes con el fin de acelerar el proceso en los tratamientos de cobre, zinc, plomo, arsénico, antimonio, níquel o cobalto. En el caso de metales preciosos como oro y plata, el proceso se denomina biooxidación, pues no hay disolución del metal como tal. Los agentes más conocidos son los *Thiobacillus ferrooxidans* y *Thiobacillus thiooxidans*, que oxidan hierro y azufre en condiciones ácidas, sin embargo, parte de sus limitaciones son los rangos de temperatura bajo los cuales pueden ser empleados (T<35°C). Cabe mencionar que un avance en este campo lo constituye el descubrimiento del microorganismo termofílico *Sulfolobus*, que se desarrolla a temperaturas más altas entre 50 y 80 °C. Ahora lo que queda por hacer en este campo es el descubrimiento de nuevos microorganismos capaces de lixiviar una amplia gama de minerales y de soportar altas temperaturas de operación. (Peralta, 2009).

<b>de Equipos de Flotación.</b>	flotación, probabilidad de flotación, reactivos; relaciones de insumos principales y producto; consumos de energía, agua y aceros; variables principales de operación y control; emplear el software de proceso de planta (Automatización); operar celdas de flotación; comprensión de procedimientos normalizados de operación.
---------------------------------	--

Fuente: elaboración propia.

### • **Formación de recursos humanos en Extracción**

Los conocimientos, habilidades y destrezas que se identifican deberán tener el personal que labora en la etapa de extracción o procesamiento de minerales.

#### *Prospectiva de formación de recursos humanos en Extracción*

<b>Cargos/Puestos</b>	<b>Competencias técnicas futuras</b>
<b>Directivos (Ingeniería en minas y Administradores)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocimiento en administración de recursos humanos, financieros y materiales y en Seguridad en el Trabajo, además de tener cualidades que les permitan la solución de conflictos en el ámbito interno de la organización y con los clientes y proveedores, comunicación asertiva, toma de decisiones enfocadas al logro de objetivos planteados, así como empatía con los distintos niveles jerárquicos de la organización.</li> </ul>
<b>Ingeniero de planta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análisis, evaluación y mejoramiento de los procesos metalúrgicos; diseñar y poner en operación plantas metalúrgicas en colaboración con ingenieros de otras especialidades; elaborar modelos matemáticos que le permitan simular y optimizar cada una de las etapas de transformación de los materiales metálicos, desde el procesamiento de un mineral, hasta la obtención de una pieza terminada; seleccionar los procesos adecuados para modificar y mejorar las propiedades de los metales en función del uso de la pieza u objeto procesado.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### • **Formación de recursos humanos en Cierre de minas**

En las minas existen diferentes actividades que requieren distintos tipos de estrategias de rehabilitación y criterios de éxito (Gobierno de Australia, 2016), el impacto ambiental de mayor relevancia en la industria minera ocurre durante la construcción, operación y cierre de mina. (Jallath, 2017). Actualmente las investigaciones y desarrollos tecnológicos identificados se focalizan en tres temas principales: prevención y tratamiento de drenaje ácido, prevención y tratamiento de suelos contaminados y tratamiento de residuos, para ello, la formación de recursos humanos en cada una de las etapas de la cadena permitirá sino eliminar el factor contaminación, sí disminuir sus efectos considerablemente.

La planificación efectiva del cierre implica articular los puntos de vista, inquietudes, aspiraciones, esfuerzos y conocimientos de diversos grupos de interés tanto internos como externos para alcanzar resultados que sean beneficiosos para la empresa en funcionamiento y la comunidad que la alberga. Los recursos humanos que participarán de este eslabón deberán contar con los siguientes conocimientos, capacidades y habilidades.

#### *Prospectiva de formación de recursos humanos en Cierre de minas*

<b>Cargos/Puestos</b>	<b>Competencias técnicas futuras</b>
<b>Coordinador de protección ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tratamiento de aguas residuales provenientes de extracción de minería metálica; tratamientos para la prevención de drenaje; uso de agentes iónicos neutralizantes, aplicación de sodio y calcio; uso de TICs para la predicción y desarrollo de métodos preventivos, así como, la aplicación de agentes biológicos para la regeneración de cuerpos de agua y suelo contaminados; estrategias para la prevención de contaminación por desechos durante la operación de la mina como el tratamiento in situ de colas.</li> </ul>
<b>Coordinador y</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocimiento en la estabilidad de taludes, resistencia de materiales, mecánica de suelos y</li> </ul>

<b>supervisor en cierre de planta</b>	mecánica de fluidos, y que cuenten con experiencia en proyectos geotécnicos.
---------------------------------------	--

Fuente: elaboración propia.<sup>13</sup>

## CONCLUSIONES

El crecimiento de las economías en el mundo está influenciado por el desarrollo de la actividad minera, la cual es considerada como un sector transversal que comprende a los demás sectores económicos. En la actualidad, son muchos los productos fabricados que demandan minerales para su producción, los cuales registran un alto consumo en los distintos mercados por ser bienes de consumo cotidiano.

En términos económicos, la minería en México y en particular en el estado de Zacatecas, es una actividad productiva generadora de divisas, fuentes de empleo, salarios competitivos y tractora de inversiones. No obstante, la dificultad por adoptar y asimilar los constantes avances tecnológicos de este sector, pone en seria desventaja la producción nacional y estatal frente a otros países. Aunado a esto, la escasez de personal calificado que maneje estas tecnologías limita la productividad, y por ende, la competitividad de la industria minera. Esta situación propició que el Clusmin de Zacatecas tuviera una participación más proactiva para impulsar el desarrollo de talento en el sector, sin embargo, su desempeño aún se encuentra restringido por una serie de intereses particulares. Es necesario trabajar en sensibilizar a los actores sobre el concepto de industria, más allá del de empresa individual. El **clúster** requiere el trabajo cooperativo para impulsar un sector más eficiente y competitivo.

La presente investigación permitió realizar la identificación de las tendencias tecnológicas en función de las necesidades de capital humano requerido en cada eslabón de la cadena de valor del sector minero. Esto revela que la minería constituye una industria innovadora determinada por proveedores especializados. La tasa de cambio técnico es muy alta y se requiere invertir en equipamiento, sistemas, procesos y capital humano, si es que se pretende mantener la competitividad y responder a las demandas sociales sobre el desempeño de la industria.

En efecto, la elaboración del análisis tecnológico aquí presentado, señala que todas las tendencias del sector minero en cualquiera de los eslabones de la cadena de valor, buscan aumentar la eficiencia de los procesos a través de la obtención de productos de alta calidad y pureza; la reducción de tiempos de ejecución; la disminución de riesgos laborales; el incremento a la seguridad en los procesos; el cuidado al medio ambiente, la disminución del consumo energético; la reducción del consumo de agua; revertir y/o disminuir los efectos contaminantes de las actividades productivas de la cadena de valor; entre otros.

Por otro lado, a partir del diagnóstico de las capacidades de formación de recursos humanos, se detectó que hay una necesidad urgente de cambiar los planes de estudio y los enfoques en la formación de recursos humanos para la minería. Las entrevistas realizadas reflejan la falta de alineación de las instituciones educativas con las necesidades de la industria. Los planes de estudio no han incorporado las nuevas corrientes, la formación es muy teórica y carente de

---

<sup>13</sup> Cabe mencionar que para la elaboración de la prospectiva tecnológica y del capital humano, se incluyó la información obtenida de las entrevistas realizadas a los actores clave.

contenidos relacionados con habilidades gerenciales y de liderazgo. En la formación de técnicos, se observan carencias en cuanto a la formación en competencias suaves como el trabajo en equipo, la comunicación, el compromiso, el manejo del idioma inglés. En temas técnicos, destaca la necesidad de mejorar el manejo de TICs y las cuestiones asociadas al eslabón de exploración y prospección.

Por ello, la generación de nuevos conocimientos y competencias de los recursos humanos interesados en laborar en esta industria en el año 2025, sólo será posible con la participación articulada y comprometida de los actores que integran la cadena de valor minera. Así, los programas de formación académica en las IES y centros de educación, deben modificarse para estar alineados a las necesidades del sector y también para adoptar las capacidades impuestas por la innovación que está transformando la forma de trabajar en esta industria. Por lo tanto, las empresas y las instituciones de educación y gobierno deben trabajar por los mismos objetivos, que son impulsar y fortalecer las innovaciones tecnológicas y las capacidades del capital humano, con la finalidad de crear una industria más productiva, competitiva, segura y sustentable capaz de resolver los problemas y asimilar las innovaciones que presenta la minería.

Las nuevas tecnologías, el conocimiento y las competencias requeridas por el capital humano, son considerados factores que determinan el crecimiento de la industria minera, ya que sin éstos, la productividad y competitividad tienden a disminuir.

En este contexto, la magnitud de los desafíos que enfrenta la minería demanda la incorporación de nuevo conocimiento e innovaciones tecnológicas que contribuyan a la solución a estas problemáticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bancomext (2015), Macro coyuntura minería. Primer informe 2015, *Comercio Exterior*, México, Dirección de Estudios Económicos, Recuperado de [http://www.bancomext.com/wp-content/uploads/2015/08/Minero\\_1er\\_informe\\_2015.pdf](http://www.bancomext.com/wp-content/uploads/2015/08/Minero_1er_informe_2015.pdf)
- CAMIMEX (2016), Informe anual 2016, *Cámara Minera de México*, LXXIX Asamblea General Ordinaria, México, Recuperado de <https://camimex.org.mx/index.php/secciones1/publicaciones/informe-anual/informe-anual-2016/>
- CAMIMEX, Uso de los metales, *Cámara Minera de México*, Recuperado de <https://camimex.org.mx/index.php/secciones1/sala-de-prensa/uso-de-los-metales/>
- Casas, Rosalba y Jorge Dettmer (2014), Sociedad del conocimiento, capital intelectual y organizaciones innovadoras, en Giovanna, Valenti y Mónica, Casalet (Coords), *Instituciones, sociedad del conocimiento y mundo del trabaja*, México, Flacso, pp. 19-54.
- CCM - FCH (2015), Estudio Fuerza Laboral de la Gran Minería Chilena 2015-2024, Chile, Consejo de Competencias Mineras, Innovum, Fundación Chile, Recuperado de [http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file\\_publicacion/EFLM2015-2024.pdf](http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/EFLM2015-2024.pdf)
- CIDEC (2004), Valorizar el capital humano. Reto clave para la sociedad del conocimiento, España, Cuadernos de Trabajo. Gobierno Vasco, Recuperado de <http://www.cidec.net/cidec/pub/archivos/30.pdf>

- Cimoli, M. (2000), *Developing innovation system: Mexico in the global context*, Continuum-Pinter Publishers, Nueva York-Londres.
- Clusmin (2016), Clúster minero de Zacatecas, mesas de trabajo, México.
- CMYDC (2014), Una plataforma de futuro para Chile, Santiago de Chile, Comisión Minería y Desarrollo de Chile, Consejo Nacional de Innovación y Competitividad, diciembre, Recuperad de [http://programaaltaley.cl/wp-content/uploads/2015/10/Mineria-\\_Una\\_Plataforma\\_de\\_Futuro\\_para\\_Chile\\_web.pdf](http://programaaltaley.cl/wp-content/uploads/2015/10/Mineria-_Una_Plataforma_de_Futuro_para_Chile_web.pdf)
- ESPACENET. (2017), Oficina Europea de Patentes [base de datos en línea], Recuperado de <http://www.epo.org/searching-for-patents/technical/ep-full-text.html#tab1>
- Frederick, S. and Gereffi, G. (2011) *Upgrading and restructuring in the global apparel value chain: why China and Asia are outperforming Mexico and Central America* *Int. J. Technological Learning, Innovation and Development*, 4(123).
- Fundación Chile (2016), Desde el cobre a la innovación. Roadmap tecnológico: 2015-2035, Santiago de Chile, FCh, CORFO, Alta Ley, Consejo Minero, Recuperado de <http://programaaltaley.cl/wp-content/uploads/2016/04/Roadmap-Tecnologico-Alta-ley.pdf>
- Gereffi, Gary (2009), Enfoque de Cadenas Globales para el análisis del sector agroindustrial en países en desarrollo, México, 26 de noviembre, Recuperado de <http://www.ictsd.org/bridges-news/puentes/news/enfoque-de-cadenas-globales-para-el-an%C3%A1lisis-del-sector-agroindustrial-en>
- \_\_\_\_\_ (1994), La organización de las cadenas globales compradas por el comprador: Cómo Los minoristas forman redes de producción en el extranjero ", en G. Gereffi y M.Korzeniewicz (eds), *Cadenas de mercancías y capitalismo global*, Westport: Praeger, p. 95-122.
- Gobierno de Australia (2016), Rehabilitación de minas. Australia, Australia, Recuperado de <https://industry.gov.au/resource/Documents/LPSDP/LPSDP-MineRehabSpanish.pdf>
- IMPI-SIGA (2017), Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial del Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual [base de datos en línea], Recuperado de <http://siga.impi.gob.mx/content/common/principal.jsf>
- Jallath, J. (2017), Entrevista realizada para la presente investigación, mayo.
- Kaplinsky, R. (2000), Globalisation and unequalisation: What can be learned from value chain analysis, *The Journal of Development Studies*; 37(2): 117-146.
- López, Nelly e Irma Sandoval (2013), Métodos y técnicas cualitativas de investigación en Ciencias Sociales, Madrid, Recuperado de [http://www.pics.uson.mx/wp-content/uploads/2013/10/1\\_Metodos\\_y\\_tecnicas\\_cuantitativa\\_y\\_cualitativa.pdf](http://www.pics.uson.mx/wp-content/uploads/2013/10/1_Metodos_y_tecnicas_cuantitativa_y_cualitativa.pdf)
- Martínez, Hirineo (2016), Concesiones, explotación minera y conflicto en la frontera Jalisco-Colima, *Espiral*, México, XXIII (67): 45-90, septiembre-diciembre, Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/138/13846352002.pdf>
- Martínez, Adriana (2009), Capacidades de innovación y aprendizaje tecnológico. Un estudio de caso, en Adriana Martínez et al., *Innovación y competitividad en la sociedad del conocimiento*, México, Plaza y Valdez, Gobierno de Guanajuato, Conacyt, pp. 165-183.
- Monje, Carlos (2011), Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica, Colombia, Neiva, Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Programa de Comunicación Social, Recuperado de <http://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=23967>

- Nelson, Richard and Edmund Phelps (1966), *Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth*, American Economic Association Papers and Proceedings.
- OCDE (2015), *México. Políticas prioritarias para fomentar las habilidades y conocimientos de los mexicanos para la productividad y la innovación*, México, Serie Mejores Políticas.
- Patiño, Guillermo (2016), Entrevista realizada al Gerente de Operaciones Mineras de Baramin S.A de C.V, responsable de las minas Grecia, La Huiche y La Catorce, noviembre.
- Peralta, D. (2009), Procesos hidrometalúrgicos en la minería de oro, plata, cobre y aluminio, Tesis de licenciatura, Sonora, Universidad de Sonora.
- Porter, Michael (1985), *Ventaja competitiva: Creación y sostenibilidad de un rendimiento superior*, México, Pirámide.
- Sánchez, Enrique y Laura Ortiz (2014), Escenarios ambientales y sociales de la minería a cielo abierto, *Dialnet*, México, (20): 27-34, Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4733822>
- SE (2015), Informe Estadístico sobre el Comportamiento de la Inversión Extranjera Directa en México, Estadística oficial de los flujos de inversión extranjera directa en México 2015, Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras, enero-diciembre, Recuperado de <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/inversion-extranjera-directa>
- SEZAC (2016), La minería en el estado de Zacatecas, México, Gobierno de Zacatecas, 29 de febrero, Recuperado de [https://issuu.com/estadistica\\_sezac/docs/la\\_miner\\_\\_a\\_en\\_zacatecas\\_diciembre\\_](https://issuu.com/estadistica_sezac/docs/la_miner__a_en_zacatecas_diciembre_)
- SGM (2016), Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2015, México, Servicio Geológico Mexicano, Recuperado de [http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario\\_2015\\_Edicion\\_2016.pdf](http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2015_Edicion_2016.pdf)
- SGM (varios años), Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2015, México, Servicio Geológico Mexicano, Recuperado de <http://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- SNL Metal & Mining (2016), World Exploration trend. A special report from SNL Metals & Mining for the PDAC International Convention, Recuperado de [http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2016/04/Reporte-SNL-WET-2016\\_ingles.pdf](http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2016/04/Reporte-SNL-WET-2016_ingles.pdf)
- Thomson Innovation (2017), Base de datos plataforma, [base de datos en línea], Recuperado de <http://info.thomsoninnovation.com/en/action/research-development>
- USGS (2016), Mineral Commodity Summaries 2016, United States, Virginia, US Geological Survey, Recuperado de <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2016/mcs2016.pdf>
- Valenti, Giovanna (2011), *Construyendo puentes. Entre el capital humano y el sistema de innovación*, México, Flacso.
- WIPO (2017), Organización mundial de Propiedad Intelectual [base de datos en línea], Recuperado de <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>