Aragonito®

BOLETÍN INFORMATIVO COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS Y DE GRADO EN MINAS Y ENERGÍA DE ARAGÓN

AÑO 13 NÚMERO 24 JUNIO 2014

La Ingeniería del Siglo XXI

Pigmentos minerales (II)

Biominería, un camino hacia nuevas formas de explotación minera

Entrevista: Presidente del Consejo Superior de Cámaras

Agotamiento de los recursos minerales de España

Portada: Tuneladora S-442.
Cale "limpio" y "bien reperfilado", que en su día será una estación convencional de parada de metro (Barcelona).
Foto: Rubén García Casasola

ARAGONITO N.º 24
Año 13, junio de 2014
Revista del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas y de Grado en Minas y Energía de Aragón

EDITA
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas y de Grado en Minas y Energía de Aragón

CONSEJO DE REDACCIÓN
Juan M. Romero Morales
José Lorenzo Daniel
Modesto Úbeda Rivera

COLABORADORES
Rubén García Casasola
(Graduado en Ingeniería de Minas)
José Antonio Godes Royo (I.T.M.)
Paula Llabata Babiano (Bióloga)
Manuel Teruel Izquierdo
(Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales)
Guiomar Calvo (Geóloga)

REALIZACIÓN Y PRODUCCIÓN
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas y de Grado en Minería y Energía de Aragón

IMPRESIÓN Y DISTRIBUCIÓN
Servicios administrativos del Colegio:
Sra. Celina Jiménez

Página Web: www.coitma.com
E-mail: coitma@coitma.com

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas y de Grado en Minería y Energía de Aragón,
Paseo M.ª Agustín, 4-6, oficina 14,
Teléfono 976 442 400
50004 Zaragoza

ARAGONITO es propiedad del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas y de Grado en Minería y Energía de Aragón. Los artículos, informaciones y reportajes firmados expresan la opinión de sus autores, con las que ARAGONITO no se identifica necesariamente.

Depósito Legal
HU-15/2001

Sumario

Editorial 3

Información Colegial 4

Noticias del Sector 8

La Ingeniería del Siglo XXI 10

Pigmentos minerales (II) 13

Nuestros compañeros.
José Antonio Godes Royo 20

Legislación 22

Biominería, un camino hacia nuevas formas de explotación minera 23

Entrevista al Presidente del Consejo Superior de Cámaras y de la Cámara de Comercio e Industria de Zaragoza 26

Colaboración: Agotamiento de los recursos minerales de España..... 29

La situación de los Organismos Colegiales en España es mala sin paliativos, debido entre otras razones al cambio normativo y a la crisis, ya sistémica, que nos azota. Todo ello está llevando a unos efectos indeseados tales como reducción de plantilla de personal, impagos de alquileres de inmuebles, etc.

En España, parece ser que la crisis está remontando, pero hasta que estas consecuencias nos lleguen a todos los ciudadanos pasará tiempo, entre otras razones y que son las que al Colegio le interesan, está la no elaboración de proyectos.

La Crisis está afectando a nuestro Colegio, entre otras cosas, con la NO elaboración de proyectos

El Colegio de Ingenieros Técnicos de Minas de Aragón, pese a hacer un ejercicio negativo está llevando a cabo los fines que le son propios de una forma absolutamente digna; ha participado en la elaboración de la Ley de Protección Ambiental de Aragón, ha asistido a la puesta en vigor de los Registros energéticos, ha opinado sobre la Ley de Participación Ciudadana, etc.; ha organizado conjuntamente con el Colegio de Minas, la Jornada sobre Energía Geotérmica y otros Recursos Energéticos Naturales; y ha asistido a cuantos eventos se nos ha requerido por el Gobierno de Aragón, CIRCE, Foro Aragón Empresa y Colegios Profesionales de Aragón. Para el presente año aún tenemos previsto el viaje cultural, la festividad de Santa Bárbara y hemos incluido una pequeña partida en los presupuestos para formación continua. En cuanto al viaje cultural, el no haberlo hecho en la fecha tradicional asumo íntegramente el reproche, pero al tratarse de un año tan atípico preferí que fuese la Junta General quien se pronunciase.

En cuanto al empleo que también afecta a nuestro colectivo, se va a enviar desde el Consejo una serie de escritos a las Comunidades Autónomas, Ayuntamientos, Diputaciones y empresas mineras y energéticas.

Posiblemente sea este Aragonito el último número en el cual me dirija a vosotros en calidad de Decano, deciros en primer lugar que muchas gracias y que ha sido un grato honor y en segundo término que os vayáis mentalizando para tomar el relevo.

Juan Miguel Romero Morales
Decano-Presidente

Altas y bajas en el Colegio

Desde la aparición del número 23 de este Boletín Informativo hasta el cierre del actual se han producido los siguientes movimientos en el censo de colegiados:

ALTAS COLEGIACIÓN:	BAJAS COLEGIACIÓN:
424. María Barsalá Ferrer (19-12-2013)	*405. Tomás Hidalgo Capilla (30-06-2013)* *356. Raúl Font i García (04-07-2013)* *366. José Fd.º García del Real Meseguer (31-12-2013)* *179. Antonio Miranda Serrano (05-02-2014)* *413. Eduardo Cortés Egaña (11-03-2014)*

Jornada Técnica

Energía geotérmica y otros recursos energéticos naturales

Con esta Jornada se pretendía crear un foro en el que investigadores, profesionales, universidades, asociaciones, administraciones públicas y empresas, pudieran exponer, difundir y debatir sus inquietudes, conocimientos, experiencias y proyectos que afectan al sector energético, en especial a la energía geotérmica.

Era intención que esta visión fuera expuesta tanto desde el punto de vista de las Administraciones Públicas competentes en este sector, como de las empresas o asociaciones involucradas. Asimismo se pretendía que los profesionales expusieran los últimos avances relacionados con la eficiencia y gestión energéticas y las nuevas tendencias y desarrollos.

El acto inaugural fue realizado por la Directora General de Energía y Minas del Gobierno de Aragón, Marina Sevilla.

De izquierda a derecha: Mónica Corral, Pascual León, Marina Sevilla, José Moya, Carlos López Jimeno.
Foto: Sanz

La Jornada fue organizada por el Colegio Oficial de Ingenieros de Minas del Nordeste y el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas de Aragón y patrocinada por el Gobierno de Aragón, Departamento de Industria e Innovación.

Nuestro Colegio como organizador estuvo representado por miembros de la Junta e hizo la presentación, Mónica Corral, por ausencia del Decano.

Hubo una asistencia aproximada de 130 personas, de 175 inscritos.

Esta Jornada se dio a conocer a todos los colegiados a través de nuestra web del Colegio.

Información variada

Con motivo de la dimisión del Tesorero-Cantador, D. José Lorenzo Daniel, en agosto del 2013 para dedicarse a sus funciones de Jefe de Sección de Minas de la D.G.A., la Junta General Ordinaria de fecha 23-11-2013, decide que la Junta de Gobierno actual continúe hasta las próximas elecciones (2015), quedando la Junta de Gobierno con solo tres miembros.

MESA DE LA MINERÍA

La mesa de la Minería de Aragón se celebró el 5 de febrero de 2014, en la Sala Pirineos del Edificio Pignatelli (Zaragoza), cuyos asistentes a la misma fueron:

De izquierda a derecha: Mónica Corral, Joan Quintana, Pascual León, Manuel Agenjo, Marina Sevilla, Jaume Sirvent, Nuria Gayán, Ricardo Blesa

En primer lugar intervino en el acto de inauguración y apertura el Consejero de Industria, Arturo Aliaga, en el que a modo de resumen, versó su discurso en torno a los siguientes puntos:

1.º Mencionó la intención de la D.G.A de convocar un nuevo concurso de derechos mineros, al igual que el que se realizó en marzo de 2013. Los resultados de este último concurso fueron, según su criterio, muy satisfactorio, sirviendo para liberar PI que obstaculizaban la implantación de nuevas explotaciones en Aragón.

2.º Apuntó la posibilidad de realizar encuentros con los sectores más representativos de la minería de Aragón, con el objetivo de definir la Estrategia del Sector minero, sentar las bases de la minería, su estado actual y sus objetivos, todo ello de un modo consensuado.

Posteriormente se procedió a la lectura del acta anterior y aprobación de la misma.

Como tercer punto, se produjo el relevo de los miembros de la Comisión Especializada de la Minería de Aragón, tomando posesión D.ª Marina Sevilla Tello y D.ª Nuria Gayán Margelí, en sustitución de D.ª Pilar Molinero y D. Carlos Ontañon.

En cumplimiento del cuarto punto del orden del día, se procedió al balance de la actuación de la administración minera en Aragón. Como datos relevantes, se apuntaron los siguientes:

En el año 2013 se produjeron 23 otorgamientos mineros (secciones A, C) por parte de la Administración, además de 5 Permisos de Investigación y 1 Permiso de Exploración.

Se solicitaron 112 expedientes de caducidad de derechos mineros. Actualmente en Aragón hay 243 explotaciones en activo. Además, durante el 2013 hubo 11 resoluciones de Prórroga de vigencia.

Se reseñó por parte de los representantes de nuestra Administración que el objetivo de la misma era lograr la mayor agilidad posible en cuanto a la resolución de los diversos expedientes que tuvieran por resolver y, además, tener un Catastro Minero sencillo, ágil y sobretodo actualizado.

El Sr. Sirvent intervino para explicar que se iba a realizar una regulación de las sanciones administrativas, explicando que se está trabajando en ello, debido a que en la actualidad la cuantía de dichas sanciones están totalmente desfasadas.

Como quinto punto del orden del día, se comentó de nuevo la intención de realizar un nuevo Concurso Minero, antes del verano del 2014, en vista a los buenos resultados obtenidos en el Concurso Minero realizado en 2013. Los representantes de la Administración intervinieron apuntando lo satisfactorio que fue el Concurso Minero del 2013, y el modo favorable en el que se pudieron resolver la mayoría de las solicitudes, quedando el terreno de Aragón liberalizado y apto para acoger nuevos proyectos mineros que se quieran desarrollar.

Ya en el sexto y último punto del orden del día se habló de la nueva Ley de Protección Ambiental. Está aún el tema muy incipiente. Tiene que pasar todavía el trámite de participación ciudadana, por lo que para que entre en vigor aún quedan bastantes pasos administrativos a seguir.

En Ruegos y preguntas, los representantes de la Administración dejaron de manifiesto su predisposición a ayudar y favorecer a la Minería en Aragón, y nos brindaron su mejor voluntad para resolver los problemas de modo conjunto, siempre que sea posible, que en el Sector de la Minería en Aragón pudiesen surgir.

El Colegio ha sido invitado por el Director General de CIRCE, Antonio Valero Capilla, al **"Encuentro de Eco-Innovación Empresarial en el Sector de la Industria Intensiva y Manufacturera"**, que tuvo lugar el día 24 (lunes) de marzo de 2014, en la sede de la Fundación CIRCE. El Colegio estuvo representado por el miembro de la Junta de Gobierno, Modesto Úbeda, que le hizo entrega de un obsequio por su colaboración en el "Aragonito" n.º 22.

Hemos tenido conocimiento que le ha sido otorgado por el Rectorado de la Universidad Politécnica de Cartagena el **Premio Extraordinario Fin de Carrera** a nuestra colegiada n.º 422 **YOLANDA BELLO ORO**. Por este motivo la Junta de Redacción de nuestro "Aragonito" en nombre de todos los colegiados, le hace llegar nuestra más sincera y encarecida felicitación.

El Ministerio de Fomento conjuntamente con el de Industria, Energía y Turismo y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), han elaborado conjuntamente un documento informativo que tiene por objeto aclarar a los agentes implicados en el

sector de la edificación (proyectistas, certificadores y CCAA), el procedimiento a seguir a partir **del 13 de marzo de 2014** (fecha de aplicación obligatoria del Nuevo Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE del Código Técnico de la Edificación) para la realización de la certificación energética de edificios nuevos y existentes. Dicho documento informativo sobre los procedimientos de la certificación energética está disponible en http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/Distintivos/20140313_documento_informativo_certificacion_energetica.pdf

El Colegio fue invitado los día 12 y 24 de marzo a los talleres debate del proceso de participación para la elaboración de la **Ley de Prevención y Protección Ambiental de Aragón**, en los que se tratarán, entre otros, de los Títulos III y IV sobre la Autorización Ambiental integrada y Licencia Ambiental de actividades clasificadas. Se informó a todos los colegiados para que enviasen sugerencias para defenderla en dichos talleres. El Colegio estuvo representado por el miembro de la Junta de Gobierno, Mónica Corral.

La Presidenta del Gobierno de Aragón y el Consejero de Industria e Innovación han invitado al Colegio al **I Foro Europeo de Industria y Emprendimiento (FEINE),** que ha sido presidido por S.A.R. el Príncipe de Asturias y que tuvo lugar en el Palacio de Congreso de Zaragoza (recinto Expo), el día 2 de abril de 2014. El Colegio estuvo representado por nuestro Decano, Juan M. Romero.

El pasado día 7 de abril, se celebró una reunión en la Dirección General de Energía y Minas sobre Certificación de Eficiencia Energética de Edificios.

En la reunión se expuso que, tras la publicación del **Decreto 46/2014** por el que se regulan las actuaciones en esta materia, se ha creado un registro para estos certificados que se pueden consultar en la web www.aragon.es/energia/cee.

En esta reunión el colegio estuvo representado por el miembro de la Junta de Gobierno, Mónica Corral.

El día 23 de abril, el colegio fue invitado al Acto Constitucional del **Día de Aragón** celebrado en el Palacio de la Aljafería, asistiendo a dicho Acto nuestro Decano.

El día 29 de abril, el Colegio fue invitado por el Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (**CIRCE**) para celebrar su 20 aniversario a favor de la sostenibilidad desde Aragón, que tuvo lugar en el Palacio de Congreso de Zaragoza (recinto EXPO). Al acto asistieron más de 500 personas. El acto fue presidido por la Presidenta del Gobierno de Aragón y en la que participó la Secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Compatibilidad, que impartió la conferencia bajo el titulo "Energía segura, eficiente y limpia; un reto para el futuro ".

Antonio Valero, Director General de CIRCE, y Pilar Zaragoza, Presidenta del Patronato de la Fundación CIRCE, agradecieron el apoyo de las Instituciones y empresas.

El Colegio estuvo representado por su Decano, Juan M. Romero y por el Vocal, Modesto Úbeda.

El día 4 de junio, el Colegio fue invitado a la Jornada de Presentación del **Decreto 46/2014** que regula la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios y su Registro. La apertura del acto fue realizada por la Directora General de Energía y Minas, Marina Tello, y la presentación y explicación del Decreto por el Jefe de Planificación Energética de la Dirección General de Energía y Minas del Departamento de Industria e Innovación del Gobierno de Aragón. El Colegio estuvo representado.

Viaje cultural 2013

Todo su contenido, recorrido y fotografías se puede consultar en la web del colegio.

Notas de la redacción

El Consejo de Redacción, en nombre de todos los colegiados, le queremos hacer llegar nuestro más sentido pésame a nuestros compañeros: **Simon Douglas Tyrrell** por el fallecimiento de su esposa (q.e.p.d.), a **Manuel Ramírez de Mora** por el fallecimiento de su madre (q.e.p.d.)

Desde estas líneas, el Consejo de Redacción quiere dar las gracias a los colegiados lectores de nuestro boletín y a las personas que no son de nuestra profesión que por una u otra razón sienten interés por nuestro "Aragonito". Agradecemos el reconocimiento, elogios y buena crítica por el contenido de los artículos que publicamos, las entrevistas realizadas y las colaboraciones que tenemos.

Este reconocimiento nos motiva para que cada "Aragonito" que publicamos sea más ameno, interesante, atrayente y original sin perder rigurosidad.

Santa Bárbara

En Zaragoza

El pasado día 1 de diciembre (domingo), nuestro Colegio, como viene siendo habitual, organizó en honor a nuestra Patrona Santa Bárbara, una serie de actos, a los que asistimos 35 personas.

Celebramos la ceremonia religiosa en la Basílica-Parroquia de Santa Engracia (Plaza de Santa Engracia), a las 13,15 horas. La comida de hermandad la celebramos en el Gran Hotel (c/ Joaquín Costa, 5), donde tras un cóctel de bienvenida, disfrutamos de una generosa y estupenda comida. Al inicio de ésta, nuestro compañero Juan Miguel Romero Morales, como Decano, tomó la palabra para agradecer a todos los asistentes su presencia, manifestando su deseo de fraternidad en este día. Asimismo hizo mención sobre compañeros y familiares fallecidos. En estos actos tan entrañables pudimos contar con la asistencia de nuestro compañero D. José Lorenzo Daniel, Jefe de Sección de Minas de la D.G.A. y esposa.

A continuación disfrutamos unas horas de baile, barra libre y grata charla entre los compañeros y acompañantes.

Nuestros más sinceros deseos para que en años venideros podamos seguir reuniéndonos en tal fraternal encuentro

Pero como continuación y culminación de la festividad de Sta. Bárbara, el Decano quiere implantar un **Almuerzo Minero** el mismo día 4 de diciembre, hecho que este año se ha llevado a efecto con una asistencia de 24 personas.

Fotos: Sanz

Biblioteca

Relación de los últimos volúmenes incorporados a la biblioteca del Colegio; la totalidad de su contenido puede consultarse en nuestra página web: **www.coitma.com**

428 LAS MINAS DE ALMADÉN. HISTORIA RECIENTE. Autor: Francisco Javier Carrasco Milara

429 POZOS MINEROS DE LINARES. Autor: Francisco Gutiérrez Guzmán

430 EVALUACIÓN DEL AGOTAMIENTO DEL CAPITAL MINERAL DE LA TIERRA. MÁS ALLÁ DEL CAMBIO CLIMÁTICO. Autor: Antonio Valero Capilla

Noticias del Sector

José Lorenzo Daniel
Colegiado n.º 227

Hemos perdido nuestras minas

El País. Opinión. Mercedes Prieto González. León

Hace muchos años, gracias a un amigo minero (estemplero), tuve la suerte de entrar en una mina: el pozo Jarrina, de Antracitas de Gaiztarro, en Lillo del Bierzo (León). Después de estar unas horas dentro –experiencia inolvidable y única– con todo lo que eso supone: **oscuridad total, ruido infernal, humedad, polvo que se mastica y ahoga... tropezones, caídas, arrastrarse, reptar... ojos enormes, sonrisas blanquísimas, mucha ayuda y muchas risas**, sobre todo risas... salí, y cuando vi el cielo, si no me hubiese dado vergüenza, habría besado el suelo.

Conocí lo que supone entrar ahí cada día, salir y volver al día siguiente. **El valor, el esfuerzo, el trabajo en equipo, el compañerismo y el sacrificio. Supongo que hay otras profesiones que merecen nuestro reconocimiento, nuestro respeto y nuestra admiración. Pero, sin duda, para mí, esta, la de minero, es de las que más.**

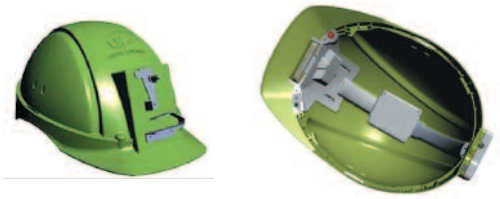
Ahora pienso en las minas de León –y de otras zonas– y en sus trabajadores, en todos esos pueblos que dependen de ellos para seguir existiendo, en esta provincia que sin la mina no tiene futuro. Pienso en lo que nos dan los mineros, que no es solo dinero, empresas auxiliares, negocios pequeños, servicios o escuelas, es también espíritu de trabajo, conciencia de clase obrera, sentido de la movilización y la lucha por los derechos. Es crear en la sociedad la mentalidad y la conciencia de que se pueden cambiar las cosas, de que se puede luchar por mejorar, de que juntos podemos. Todo eso lo vamos a perder, lo hemos perdido cuando hemos perdido las minas y a los mineros.

Un casco inteligente para la mina

El País. Economía. P.V (Madrid) 10-11-2013

La pasada semana, los medios de comunicación anunciaban la tragedia: 6 mineros muertos por un escape de gas en una mina de León. Mientras esto ocurría, 787 Km más al sur, en Huelva, se trabajaba en algo que podría haber salvado esas vidas. Se trataba del **Angelhelmet**, o, como señala Darío García, su creador," un casco que queremos que se convierta en el ángel de la guarda del minero, de ahí su nombre".

Fundador y director general de la empresa Presistem, Darío explica que el casco lleva incorporados 10 sensores, "la competencia tan solo incorpora uno o dos". Cada uno de los dispositivos realiza mediciones sobre el entorno del minero 1000 veces cada segundo con el objetivo de analizar la calidad del aire y avisar si ésta es nociva para el usuario, alertado de las posibles fugas de gas.



El Angel Helmet está diseñado para aumentar la seguridad en las minas. (Foto: angelhelmet.com)

Además, este casco, cuyo nombre técnico es **casco electrónico de seguridad integral** (CESI), puede llevar un modulo que permite enviar mensajes desde el cuarto de control de la mina hasta el trabajador. "El minero recibe el mensaje en su propio casco a través de un aviso lumínico o por vibración. Así, el propio minero también podría responder a través de su Angelhelmet, puesto que está equipado con una pantalla pequeña y un dispositivo de mensajes de respuesta predeterminada". El diseño de Presistem fue nombrado producto más innovador en Exponor 2013, en Chile, "la feria más importante del sector". Este empresario y emprendedor sabe de lo que habla cuando de necesidades de seguridad en la mina se trata. "Durante 3 años estuve trabajando en el mantenimiento de los sistemas de comunicación en las galerías de Minas de Aguas teñidas, en Almonaster la Real (Huelva). He bajado muchas veces a la mina, así que me considero un minero más. Desgraciadamente, tuve que vivir de cerca dos accidentes. Trabajando allí me preguntaba cómo hemos podido poner un hombre en la luna y, al tiempo, somos prácticamente incapaces de comunicarnos con una persona que baja a 500 m. de profundidad.

Almadén contará con un centro de investigación de excedentes de mercurio

Fuente: EFECOM. Texto Agencia EFE • Imágenes: Randos.cl, Cromo y 2Bp • El Mineral Digital.blogspot.com

Almadén (C-Real) contará con un centro de investigación y tratamiento de los excedentes del mercurio que dará "supervivencia a la mina y estabilizará sus puestos de trabajo", según ha anunciado el Presidente de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI), Ramón Aguirre Rodríguez. Este anuncio lo ha hecho el Presidente de la SEPI tras descubrir la placa conmemorativa que acredita que el **Patrimonio Minero, Industrial y Arquitectónico de Almadén fue declarado Patrimonio de la Humanidad el 30 de junio de 2012** y que ya luce a la entrada del parque minero de Mayasa.

Aguirre ha dicho que en breve se dará a conocer este nuevo proyecto de Minas de Almadén y que ya está en poder de los ministerios de Economía y Agricultura para que den el visto bueno.

El proyecto se enmarca en una "nueva industria de innovación" para el tratamiento de los excedentes tóxicos del metal que debe ser "la nueva savia que dará de nuevo capacidad industrial a la comarca de Almadén". EL Presidente de la SEPI ha considerado "histórico" el hecho de que las Minas de Almadén y las eslovenas de Idria fueron declaradas Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 2012.

También ha dicho a EFE que su visita a Almadén "sirve para hablar de futuro y no tanto del rico y extenso pasado de sus minas", de ahí que haya augurado "éxito para el inteligente operativo puesto en marcha por Mayasa para asegurar ese futuro para la comarca".

El alcalde de Almadén, Carlos Rivas, ha dicho a EFE que "hoy la SEPI ha traído muy buenas noticias para esta comarca que atraviesa una situación económica muy difícil" tras el cierre de la actividad minera en 2003. "Sin duda, es un acierto que nos ayudará a afrontar con optimismo el futuro inmediato de la zona", ha dicho el regidor municipal, quien ha agradecido a las Administraciones Central y Autonómica, el "esfuerzo que están haciendo con Almadén".

En el acto también han estado presentes el Presidente de Mayasa; Fernando Murillo; el embajador de Eslovenia en España, Aljaz Gosnar; el delegado de la Junta en C-Real, Antonio Lucas Torres y el alcalde de Almadén, Carlos Rivas.

También han asistido a la presentación del libro "El Patrimonio del mercurio", escrito por la cubana Ángeles Rojas, que narra, con decenas de ilustraciones, el expediente que España y Eslovenia presentaron a la UNESCO para que se inscribiera sus bienes patrimoniales y mineros en la Lista de Matrimonio Mundial.

Tenerife proyecta la primera central eléctrica geotérmica de España

europapress.es 10-04-2014

El municipio de Güimar (Tenerife) proyecta albergar la primera central eléctrica geotérmica de alta temperatura de España, una propuesta de la empresa eslovaca Arllen Development con la que el Ayuntamiento lleva meses trabajando y que incluirá una estación depuradora de aguas residuales para la agricultura y una desaladora de agua de mar para convertirla en agua potable y que funcionarán con energía limpia.

La empresa promotora ya ha firmado un acuerdo de compra de una cantera, ubicada en la antigua zona de explotación minera de Los Barrancos, y se constituirá una sociedad gestora con varios inversores locales e internacionales que ya han mostrado su interés en unirse a un proyecto que se espera comience a funcionar a finales del año 2018, tras los preceptivos estudios de impacto medioambiental, y que supondrá la creación de 100 puestos de trabajo.

Según ha explicado la alcaldesa de Güimar, Carmen Luisa Castro, "estamos en el momento propicio para impulsar un proyecto de estas características, con el que aprovecharíamos la naturaleza volcánica de nuestro entorno y produciríamos energía limpia para el municipio y toda la comarca, pero también conseguiríamos agua sin temor a seguir agotando nuestros acuíferos y sin contaminar".

El presidente de Arllen Development, Pavol Matisik, y su equipo han mantenido varias reuniones en Güimar con la alcaldesa y el personal técnico municipal, quienes han trabajado durante meses para que este proyecto, que la multinacional ya tenía previsto realizar en Canarias, se quedara en la localidad. A finales de enero se firmaba un convenio marco que iniciaba la hoja de ruta para los estudios técnicos sobre la viabilidad de implantación de estos proyectos en el municipio.

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) señala que, aun no existen plantas que aprovechen los yacimientos de alta temperatura para la generación eléctrica: Las únicas zonas extensas con posibilidades de existencia de yacimientos de alta temperatura se localizan en las Islas Canarias, dada su morfología volcánica, y en el sureste peninsular.

La central geotérmica de Güimar empleará la **tecnología HDR** (o de roca seca caliente), que aprovecha el calor contenido en una formación geológica de alta temperatura sin ningún contenido de agua, mediante la creación de un deposito geotérmico artificial al perforar pozos profundos en la roca, por lo que la existencia del enorme hueco de la arenera constituye un importante atractivo.

El agua se inyecta desde la superficie hacia el pozo, donde aumenta su temperatura, y luego es extraída como vapor a presión para generar electricidad mediante turbinas. Al depurar y desalar agua al mismo tiempo con esta energía, la central dispone de su propia reserva. Esta tecnología es muy reciente y ya ha empezado a implantarse en países con escasez de reservorios naturales de vapor, como Alemania, Francia, Australia, Japón y Reino Unido.

Arllen Development, con sede en Bratislava, República Eslovaca, ha ejecutado ya varias obras similares en otros países. Esta central geotérmica tiene entre sus ventajas, el funcionamiento ininterrumpido, un rendimiento estable y un alto grado de ecología. La producción anual estimada es de 4.000 GWh, con una capacidad de producción de agua de 26.000 m^3 al día.

La Ingeniería del Siglo XXI

Rubén García Casasola

Nació en Ciudad Real (1986).

Titulación académica:

Graduado en Ingeniería Minera (Universidad de León).

Ingeniero Técnico de Minas, especialidad Explotación de Minas y con el itinerario de Obra Civil (Politécnica de Almadén).

Experto universitario en Eficiencia Energética por la Universidad Camilo José Cela (Madrid).

Máster Oficial Universitario en P.R.L. con sus cuatro especialidades, formación específica en Calidad y Medio Ambiente.

Trayectoria profesional:

Jefe de Turno en la línea 9 del Metro de Barcelona de 2008-2011.

Director Facultativo en "Levantina y Asociados de Minerales S.A." de 2011-2012.

Jefe de Servicio en "Cespa S.A." en 2013.

Jefe de Servicio en "Urbaser S.A." en 2014.

Desde el año 2003 se lleva a cabo la construcción de una línea de metro que con 47,8 Kms. de los cuales 43,7 soterrados y con 53 estaciones proyectadas, se convierte en la línea de metro soterrada mas larga de Europa, situada en la ciudad de Barcelona.

La ejecución de los distintos túneles que formarán esta línea de metro se está llevando a cabo principalmente con tuneladoras E.P.B. (Earth Pressure Balance) o escudo de presión de tierras, llegando a coincidir 4 máquinas de este tipo simultáneamente trabajando para ejecutarla. Después de realizar con éxito un tramo de 3.8 kilómetros, la tuneladora S-442 (portada) está lista para comenzar a perforar otro tramo de 3,9 kilómetros que junto con otro tramo en sentido opuesto y de aproximadamente la misma longitud (y con otra tuneladora) darían por terminado el ramal central y por tanto la ejecución de esta compleja obra.

Dicha tuneladora tiene 12 metros de diámetro y más de 100 metros de longitud. Es de accionamiento hidráulico y ha conseguido realizar 45 metros de túnel en un día y está diseñada para realizar curvas de radio 250 metros como máximo.

Este tipo de obras, están formadas por varios elementos/maquinaria fundamentales e indispensables para una buena producción de la tuneladora:

1) **Planta de mortero.** Encargada de fabricar el mortero para rellenar el espacio producido entre el anillo de dovelas y el terreno. Siempre se inyectará en la cola del escudo. Esta planta también está diseñada para fabricar bentonita, fundamental para lograr una presión estable en el frente de avance.

2) **Torre de Refrigeración.** Fundamental para devolver a la tuneladora a temperatura ambiente el agua procedente de la refrigeración de motores, compresores...

3) **Pórtico de carga.** Vital para bajar cualquier material para abastecer a la tuneladora, (aceite hidráulico, gasoil, bidones de grasa...) así como ir prolongando sucesivamente el propio material del túnel, (vías, ventilación, tuberías, iluminación...)

4) **Maniobras sobre raíles.** Imprescindible para transportar por el propio túnel todo el material proporcionado por el pórtico hasta el último carro de la tuneladora donde se descargará. Una maniobra completa consta de:

- Locomotora
- Tándem. Donde se cargará tubería, vías, material de cinta transportadora...
- Mixers de mortero. Son depósitos metálicos que disponen en su interior unas aspas metálicas en movimiento para que no repose el mortero. Desde que se fabrica el mortero en la Planta hasta que se inyecta puede pasar más de una hora. En un avance de 1800 mm con ese diámetro de perforación se suelen inyectar unos 13 metros cúbicos. Espacio existente entre la excavación y el anillo de dovelas montado.
- Mesillas de dovelas. Hay dos mesillas donde se transporta 4 dovelas en una de ellas y 3 + 1 piedra base en otra. Cada dovela pesa aproximadamente 10 TN, y tienen de grosor 40 cms excepto la clave (dovela que cierra el anillo en forma de cuña) y la piedra base.

5) **Cinta transportadora.** Necesaria para sacar el material que extrae la rueda de corte y conectarlo con el foso de escombros. Dispondrá una motorización de gran potencia distribuida adecuadamente a lo largo del túnel.

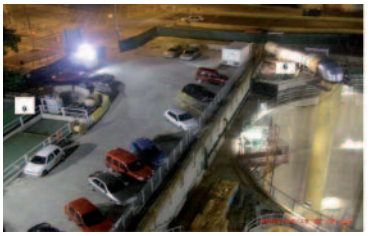
6) **Ventilador.** Se utilizará una ventilación soplante al frente mediante una tubería que se prolongará a medida que avance la tuneladora.

7) **Alimentación eléctrica.**

8) **Foso de escombros.** Zona donde se almacena todo el material procedente de la excavación de la tuneladora y que se irá sacando mediante excavadora y camiones-volquetes.

Punto 1 y 2

Punto 3



Punto 6 y 9

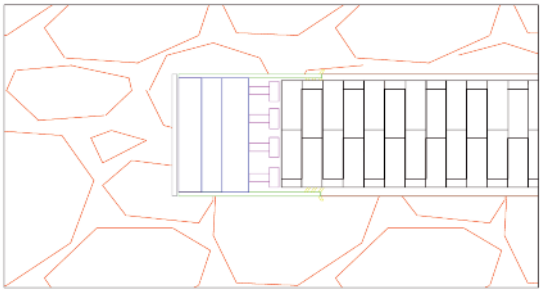
Punto 8 y 5

Punto 4, 5, 7. En la maniobra de la foto izquierda se puede apreciar más cercana las mesillas, más alejada los 2 mixer de mortero y por último el tándem y locomotora. Tubería de ventilación (amarillo), cinta trasportadora (parte superior derecha), tuberías de refrigeración y cable alimentación eléctrica (parte superior izquierda). En la foto de la derecha en sentido opuesto.
También se puede ver que sobre la piedra base hay dos vías útiles (con sus cambios de vía correspondiente cada cierta distancia) lo que multiplica las posibilidades de uso, tanto de producción, como mantenimiento como reparación...llegando a utilizarse 4 maniobras simultaneas sin interferir entre sí.

9) **Foso decantación (Tratamiento de agua residual).** Es muy importante tratar debidamente el agua antes de devolverla controlando exhaustivamente niveles como por ejemplo el ph.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO TUNELADORA EPB

Se usan cuando el terreno no es estable. Estas máquinas están envueltas por un cilindro metálico que sostiene el terreno tras la excavación y permite colocar el sostenimiento en su interior (un anillo de 7 dovelas de hormigón de 1,8 metros de ancho) sin que exista ninguna interferencia. En el frente hay una cámara de excavación, que se mantiene bajo presión y en ella se amasan los terrenos excavados empujándolos contra el frente con unos cilindros hidráulicos. En algunas ocasiones, en función de la dificultad del terreno a ser amasado, se añaden agentes espumantes, polímeros.



En esta figura se puede ver en sección un terreno tipo, atravesado por la tuneladora, en gris está la rueda de corte, en verde es el escudo articulado que protege el interior de ésta de posibles interacciones con el terreno, en amarillo los cepillos de cola que impide que el mortero (marrón) entre en el interior del escudo mediante la expulsión de una cola especial. En rosa los cilindros de empuje, quienes transmiten la fuerza al conjunto del escudo empujando contra el último anillo de dovelas montado. En negro todos los anillos montados dando lugar a un túnel perfectamente recubierto con dovelas de hormigón y envuelto con el mortero que se ha expulsado en la cola del escudo (marrón).

La extracción del material se realiza mediante un tornillo sin fin estanco. La presión del frente se consigue controlando la entrada y salida del material de la cámara, mediante la regulación de la rotación del tornillo y la velocidad de avance principalmente. Como el cilindro exterior (escudo) tiene un diámetro exterior superior al del anillo de dovelas, una vez que la máquina ha avanzado queda un hueco entre la excavación y el sostenimiento de unos 15-20 cms aproximadamente que es rellenado simultáneamente en el avance con mortero, de esta manera se evita posibles asentamientos diferenciales y grietas en la superficie. Para evitar que el mortero entre en la zona del escudo, se dispone en cola de las juntas de grasa, es decir 4 filas de cepillos de acero entre las que se inyecta grasa consistente para conseguir la estanqueidad.

1. AVANCE Y EXCAVACIÓN DEL MATERIAL

El terreno se desmonta del frente de excavación valiéndose de la herramienta de la rueda de corte en rotación, y se empuja a través de las aberturas de la rueda de corte hacia la cámara de excavación. Allí el terreno se mezcla con la tierra plastificada ahí disponible. La fuerza de los cilindros de propulsión se transmite a través del mamparo estanco a la tierra plastificada, evitando así una penetración incontrolada del terreno del frente a la cámara de excavación.

El estado de compensación se habrá alcanzado, cuando la tierra plastificada en la cámara de excavación no pueda seguirse compactando por la presión de tierra y agua prevalecientes. La presión de tierra ahora existente en el frente de ataque deberá corresponder aproximadamente a la presión de tierra en reposo.

Si la presión de apoyo de la tierra plastificada se incrementa por encima del estado de equilibrio, se provocaría una compresión adicional de la tierra plastificada

en la cámara de excavación así como del terreno presente, y bajo determinadas circunstancias podría tener lugar una elevación del terreno delante del escudo. Si se redujera la presión de tierra el suelo podría penetrar a la cámara de excavación y con ello se provocarían asentamientos de la superficie del terreno.

Fig. 10.

Siempre antes de iniciar una excavación, se tiene que tener muy claro todos los parámetros necesarios para no dar lugar a errores de extremada gravedad ya sea para la propia tuneladora o que puedan afectar al medio natural. El piloto de la tuneladora tiene que saber en todo momento:

Punto Kilómetro, antes de comenzar el avance y al finalizarlo además del **número de anillo excavado.**

Cual es la presión que debemos mantener en el frente, y cuales son los valores de margen tanto inferior y superior aceptables y que siempre se deberá cumplir.

Peso del material excavado. Si al final de una excavación se tienen más toneladas de las que corresponderían, se podría tener una sobre-excavación y podría dar lugar en la superficie a una chimenea.

El empuje de la tuneladora, expresada en Kilonewtons (KN). En el túnel dicho parámetro oscila entre 50.000 y 80.000 KN repartidos en 19 parejas de gatos hidráulicos.

La velocidad de avance. Expresada en mm/min.

El par generado.

Las revoluciones de la cabeza de corte. Expresadas en rev/minuto. Para un terreno arcilloso una velocidad de rotación adecuada puede oscilar entre 0.9 y 1.2 rev/min.

Máxima penetración: es decir la longitud con la cual la herramienta de la rueda de corte "se clava" en el terreno.

Cantidad de mortero a inyectar en la cola del escudo y a que presión se inyecta. Se suele inyectar sobre 13 metros cúbicos en un avance de 1,8 metros y con 12 metros de diámetro perforados. Y se suele inyectar a 0,5 bares de presión por encima de la presión que se tiene en el frente.

Además de diferentes productos (espumas, agua, aire...) que se ha de introducir en el frente para conseguir un mejor rendimiento de la tuneladora además de una obtención del material óptima para su traslado al foso de tierras (importante cuando se tiene varios kilómetros de túnel hasta llegar al foso de tierras).

Todos estos parámetros están calculados y examinados exhaustivamente aunque siempre hay que saber interpretar permanentemente estos y más parámetros para auscultar tanto la tuneladora como el terreno con el que se trabaja. Toda esta información es controlada a través de la cabina de mando operada por el piloto de la tuneladora y supervisada por el jefe de turno desde el control (Fig. 10).

Fig. 11. Extremo de un brazo en el que se aprecia rodeado de negro un cortador simple, de azul rastrel, y 2 picas rodeadas de rojo, tocando directamente el terreno.

Un ejemplo de esta interpretación puede ser que aumente el empuje y aumente el par generado, por lo que debemos pensar que a la tuneladora le cuesta mas realizar la excavación bien porque el terreno cambió (de arcilloso a rocoso por ejemplo) o porque hay herramienta de corte que está desgastada.

La herramienta de corte es la verdadera protagonista de un buen rendimiento de ejecución, en lo referente a la excavación. Se pueden distinguir los **cortadores**, que pueden ser dobles o sencillos y la cuchilla puede ser de diferente grosor dependiendo de las condiciones geológicas, éstos son imprescindibles en terrenos duros y cohesivos. El número de cortadores que tendrá la rueda de corte será directamente proporcional a la dureza del terreno a excavar.

También están los **rastreles**, cuya misión es barrer por desgaste el material hacia la cámara de amasado, por lo que siempre estarán en los extremos de cada brazo, casi perimetral a la rueda de corte.

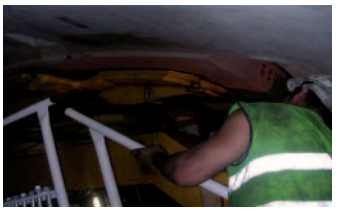
Las **picas** tienen la función de desgastar el material, están reforzadas con carburo de tungsteno debido al gran grado de abrasión que debe soportar, en cambio no están diseñadas para el golpeo a diferencia de los cortadores, es decir en terrenos más plásticos, más numero de picas deberá tener la rueda de corte. (Fig. 11)

2. MONTAJE DE ANILLO

Cuando los cilindros de empuje (19 parejas) se han alongado unos 2300 mm aproximadamente ya se tiene el espacio necesario para colocar el siguiente anillo de dovelas. Al retraer los gatos por partes, se pueden ir colocando las dovelas una a una.

Para ello se utiliza el erector de dovelas que mediante una bomba de vacío, coge con una placa (con la misma curvatura que la dovela) desde la parte central la dovela por vacío y la coloca donde corresponda.

Cuando esté montado el anillo, se tendrá una elongación de gatos ahora de unos 400 ó 500 mm aproximadamente es decir están listos para hacer otro avance.



a) Colocación de dovela en clave mediante erector.

b) Se puede observar como la colocación del anillo se hace de forma segura dentro del escudo.

Pigmentos minerales (II)

Los pigmentos y cargas minerales abastecen a industrias tales como: pintura (Ver "Aragonito" n.º 23: Pigmentos minerales I, pág. 12 a 17), agroalimentaria, automoción, farmacéutica y medicina, salud e higiene, educación, fertilizante, siderúrgica, papelera, plástica, deportiva, pirotécnica, naval, petrolera, química y construcción (Tabla 1); metalúrgica, aeroespacial, cerámica (alfarera, estructural, refractaria, productos cerámicos esmaltados y otros materiales cerámicos (Tabla 2).

Tabla 1

Industria	Tipo de producto	Materias primas minerales
Alimentación	• Azúcar, cremerías y lecherías • Tratamiento del agua, desinfectado • Curado de pescado • Vino y cervezas • Cereales • Alimentación animal • Pan • Filtrado de licores • Goma de mascar (chicles)	• Caliza • Zeolitas, carbono, perlita, sílice, cloro, bromo, magnesita • Cloruro sódico y salmueras • Zeolitas, perlitas y yeso • Carbonato cálcico, hierro, potasio • Sepiolitas, carbonatos, sal, yeso, magnesio, hierro, potasio, yodo, etc • Fosfato de calcio, yeso • Turba • Talco, dióxido de titanio, hidróxido magnésico, fosfato di-cálcico anhidro (anti-caries)
Automoción	• Motores de fundición • Interruptor seguridad para airbag • Pinturas no tóxicas • Frenos coche • Cristales de seguridad • Moldear fibras de vidrio • Manguitos para autos • Limpieza de gases • Neumáticos • Baterías • Bujías • Fabricación de grasas y aceites para ejes • Lubricantes y escobillas de motores eléctrico • Aceite • Embragues • Salpicadero	• Bentonita, antimonio • Boratos • Mica, titanio, caolín, talco, Wollastonita, carbonato cálcico • Vermiculita • Feldespatos • Caolín • Arcillas • Sílice • Sepiolita, caolín, talco, sílice, zinc, Titanio, azufre (vulcanizados) • Litio • Mica, níquel • Mica • Grafito, mica, talco, litio • Petróleo • Alúmina, grafito, wollastonita • Talco
Farmacéutica y medicina	• Rayos X - pantallas • Perfumería, jabones, antiácidos • Tratamiento del cáncer • Preparaciones dentales y Diluyentes de tabletas • Cementos dentales, soportes cápsulas y yeso ortopédico • Reparación de huesos de implantes • Antiácidos, laxantes, diluyentes • Guantes • Antiácidos y anti diarreicos • Tabletas• polvos y reforzantes envoltorios • Protectores intestinales y dermatología • Tratamiento de psicosis • Jabones - medicina • Crema regeneradora • Vidrios inyecciones y ópticos para microscopios • Agua oxigenada • Radiografías • Vitamina B12	• Bario - estroncio • Bentonita • Boratos • Carbonatos cálcicos • Zinc y yeso • Feldespatos • Magnesita y caolín • Arcillas plásticas • Attapulgita, sepiolita, brucita • Talco • Caolín, zincitas, esmectitas • Litio • Potasio • Cobre, zinc • Sílice • Barita • Plata, baritina • Cobalto
Salud e Higiene	• Toallitas desmaquilladoras • Jabones • Gel baño • Pasta de dientes • Cosméticos • Pañales y filtros de cigarrillos • Cama de gatos (cat lit) • Detergentes • Desatascadores • Limpiadores de cocina • Cremas y betunes para zapatos • Tatuajes • Resinas odontológicas	• Bentonita • Boratos y talco • Sodio, magnesio, • Carbonatos (cálcico, sódico) litio, flúor, titanio, etc. • Talco, attapulgita, mica, titanio, caolín • Sepiolitas • Sepiolita, bentonita, attapulgita, zeolitas, diatomitas, pumita • Sulfato sódico, carbonato sódico, hidróxido sódico, fosfatos y sepiolitas, peróxido de H. perboratos, zeolitas • Hidróxido sódico, nitrato sódico, cloruro sódico, aluminio • Sílice, pumita, diatomita, caliza • Titanio • Dióxido de titanio, dióxido de cinc, óxido de hierro, óxido de cromo, carbón, manganeso, cobalto, cadmio, etc. (Fig. n.º 1) • Dióxido de titanio, óxido de aluminio, silicato de cinc, zirconio

Industria	Tipo de producto	Materias primas minerales
Educación	• Arcilla de modelado • Lámparas incandescente de estudio • Impresión • Lápiz • Lápices de colores • Libros • Papel copia y pulpa de papel • Probetas de laboratorio • Tizas para pizarras • T.V y ordenadores (PC) • Puntas de bolígrafos • Plumas estilográficas • DVD y CD	• Arcillas plásticas • Feldespatos, arenas silíceas, cobre, wolframio, aluminio • Carbonato cálcico • Grafito y arcillas • Caolín, ceras y colorantes • Caolín, talco y óxido de titanio • Bentonita, magnesio • Boratos • Caolín • Sílice, litio, tantalio, cobalto, etc. • Osmio • Rutenio, iridio • Aluminio
Fertilizante	• Nitrogenados • Fosfatados • Potásicos • Compuesto	• Nitrógeno, nitrato amónico cálcico, sulfato amónico • Fosforo • Cloruro potásico, sulfato potásico • NPK (nitrógeno, fosforo, potasio)
Siderúrgica	• Moldes y matrices • Acero • Hierro • Electrodos soldadura • Crisoles para fundición	• Arenas silíceas, bentonitas, magnesio, cromita, olivino, zircón. • Niobio, manganeso, etc. • Hematites, limonita, manganeso • Mica, circonio, óxido de titanio, de hierro, caolín, magnesita, calcita • Caolín
Papelera	• Papel	• Talco, yeso, caolín, mica, arcilla, barita, dióxido de titanio, peróxido de H, cloro
Plástica	• Plásticos • Envases para alimentos	• Arcilla, mica, sílice, carbonatos, wollastonita • Talco, carbonato cálcico
Deportiva	• Palos golf, raquetas tenis, caña pescar, esquís • Pinturas para pistas (tenis, pádel, frontón, etc.)	• Grafito, fibra de vidrio, titanio • Hematites, minio, dióxido titanio, bario, estroncio, carbonato cálcico.
Pirotécnica (Ciencia del fuego)	• Artificios variados (tracas, petardos, cohetes, baterías, fuentes, bombetas, bengalas, antorchas, castillos etc.) • Fosforo de seguridad	• Nitrato de potasio (salitre), carbón vegetal, azufre. • Estroncio produce color ..... rojo • Estroncio + Cobre " ..... púrpura • Cobre ..... azul • Sodio..... amarillos naranjas • Bario ..... verde amarillo • Litio..... rojo carmín • Rubidio ..... violeta • Potasio..... magenta • Cesio ..... púrpura • Calcio ..... rojo-amarillento • Telurio ..... verde hierba • Talio ..... verde azulado • Zinc ..... verde blanquecino • Arsenio, plomo, selenio..... azul pálido • Aluminio..... blanco plateado • Hierro y carbón ..... dorado • Magnesio, aluminio, titanio..... blanco • Cromato de bario
Naval	• Pinturas	• Ver Pigmentos minerales I (Aragonito n.º 23)
Petrolera (perforación)	• Para formación de lodos	• Barita, bentonita, attapulgita-sepiolita, diatomita, bauxita, alúmina
Química	• Insecticidas y herbicidas • Algicidas	• Attapulgita, sepiolita, bentonita, caolín, diatomita, pirofilita, talco, zeolitas • Sulfato de cobre, sales de plata
Construcción	• Cemento • Hormigón • Aislante acústico • Aislante térmico • Pigmentos	• Caliza, arcillas, cenizas volantes, yeso, vermiculita, óxido de hierro • Cemento, gravas, áridos • Perlita • Lana de vidrio • Hematites (Fig. n.º 2)

Fig. n.º 1: Pigmentos tatuajes

Fig. n.º 2: Pigmento colorear

Los pigmentos suelen ser consumidos en función de sus propiedades como blancura, tamaño, forma y distribución de las partículas, etc. La única característica que diferencia los pigmentos de las cargas es presentar un color definido e intenso.

Los pigmentos minerales son aparentemente "invisibles" en los bienes de uso o consumo de la vida diaria, y son tan importantes e indispensables para la vida como lo son los minerales metálicos y los energéticos.

Cerámica, del griego Keramikos "sustancia quemada", es un sólido inorgánico, obtenido por cocción de determinadas tierras, especialmente arcilla (caolín); la estructura cristalina de este material queda modificada por la cocción. España es un país de tradición ceramista desde la Prehistoria hasta nuestros días y el tipo de cerámica que tuvo una gran proyección tanto en la Península, continente europeo como en África, ha sido conocido con el nombre de "vaso campaniforme", del periodo Calcolítico, Fig. n.º 3 y Fig. n.º 4 (mapa de difusión); restos de estos vasos se han encontrado en Hungría, Polonia y en el Báltico con una antigüedad de 2000 años a. de C. (Edad de Bronce).

La industria cerámica utiliza gran cantidad y amplia variedad de pigmentos minerales para producir ladrillos, azulejos, sanitarios, porcelanas, lozas, esmaltes, refractarios, vidrios, abrasivos, etc. (Tabla 2)

La industria alfarera es el arte de fabricar a mano vasijas de barro cocido, comprende asimismo ladrillos, tejas (atribuidas a los griegos), macetas, bovedillas, etc. Hoy en día constituye una industria un poco arcaica y con frecuencia artesanal, los objetos de barro son los mejores testimonios de las civilizaciones desaparecidas ya que nos permiten diferenciar su evolución; su principal mineral de uso es la arcilla (roja y blanca), material natural, compuesto por minerales de tamaño menor de 0,002 mm de diámetro que se vuelve plástica con cantidades apropiadas de agua y se endurece al ser secada y calentada y sus componentes fundamentales son los filosilicatos, que confieren plasticidad y dureza y contienen, no solo agua sino también grupos OH; en su calentamiento se produce deshidratación y deshidroxilación, que provoca el endurecimiento. Hay otras arcillas denominadas "arcillas de cocción rápida (ball clays)", de características especiales, que se utilizan para la fabricación de pavimentos, revestimientos, material refractario, engobes, etc.

Los pavimentos y revestimientos cerámicos, han sido y siguen siendo una

Fig. n.º 3. Vaso campaniforme

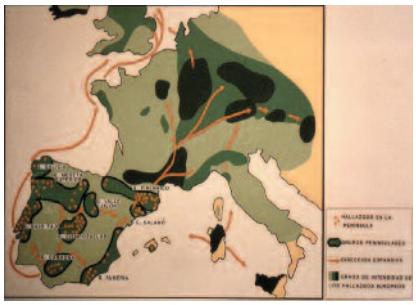


Fig. n.º 4. Mapa de difusión

Tabla 2. Materias primas utilizadas en las principales industrias cerámicas

Industria	Tipo de producto	Materia prima utilizada
Alfarera	• Ladrillos de construcción y todo tipo de ladrillo hueco, tejas, bovedillas, macetas, bloques, botijos, cazuelas	• Arcilla
Refractarios	• Ladrillos de sílice • Ladrillos de magnesita • Ladrillos de cromo • Ladrillos de dolomíta • Ladrillos de carbón • Ladrillos de carburo de de silicio • Aislantes • Ladrillos de silimanita • Ladrillos de alta alúmina • Crisoles y recubrimientos interiores de plantas metalúrgicas, fabricas de gas, etc.	• Cuarcita • Magnesita • Compuestos de cromo • Dolomitas (talco, serpentina) • Grafito • Coque, arena • Tierra de diatomeas, vermiculitas, asbestos, etc. • Silimanita, cianita, andalucita. • Fire-clay y bauxita o arcillas bauxiticas. • Arcillas, rocas silícicas, grafito, etc
Productos cerámicos esmaltados	• Azulejos (barro vidriado) • Sanitarios • Porcelana, loza • Porcelana de huesos (P.H.) • Esmaltes, engobes	• Arcillas y esmalte, pirofilita, talco, etc. • Arcilla, caolín, feldespato, sílice, esmalte • Arcilla, caolín, feldespato, sílice • Cenizas de huesos, arcillas, feldespato • Arcilla, sílice, feldespato, sienita y agentes fundentes
Otros materiales cerámicos	• Sílice fundida • Refractarios especiales • Porcelana eléctrica, electro-cerámica, aisladores de porcelana • Materiales magnéticos • Cermet (herramienta corte) • Esmaltes, vidrios • Abrasivos • Fibra de vidrio • Vitrocerámicas	• Arena o cuarzo de alta pureza • Óxidos puros: BeO, Al_2O_3, MgO, ZrO_2, ThO_2, espinelas, carburos, nitruros, fosfuros, boruros, etc. • Arcillas, caolín, sílice, feldespatos, rutilo, talco, titanatos (magnesio y bario), Zircón • Ferritos • Óxidos metálicos y cerámicos • Arena, carbonato sódico, caliza, feldespato, sulfato y nitrato sódico, bórax y acido bórico, colorantes (neodimio, zirconatos, etc.) y opacificantes (óxido de Sn, óxido de Ti, óxidos de Zr, óxidos de Ce, etc.) • Alúmina, corindón, diamante, diatomita, feldespato, granate, magnesita, sienita, olivino, perlita, trípoli, ilmenita, carburo de aluminio, pómez • Caolín, boratos, fluorita • Sílice, alúmina, TiO_2, Li_2O

de las mejores elecciones para la decoración de suelos y paredes. Antiguamente, su función decorativa se plasmaba en palacios, recreaban escenas de guerra o caza y en los templos, representación de dioses. Fig. n.º 5.

Al hablar de productos cerámicos se tiene que hablar de **fritas,** que es el material de naturaleza vítrea, compuesta principalmente por SiO_2, preparado por fusión, a temperatura alrededor de 1.500º C, de una mezcla de materias primas de naturaleza cristalina que al final del proceso se somete a un enfriamiento brusco con el objeto de mantener su estructura vítrea y favorecer su disgregación en pequeños gránulos, lo cual facilitará su posterior molienda. Las fritas cerámicas se usan como componentes de los esmaltes cerámicos. Las materias primas básicas con las que se elaboran las fritas son productos minerales como óxidos, silicatos, carbonatos, boratos, nitratos, sílice, ácido bórico, compuestos de plomo, feldespatos (potásicos como la ortosa y sanidina, sódicos-potásicos como la ortosa y la albita, sódicos-cálcicos como la albita, andesina, oligoclasa, y los pesados como la celsiana), caolín, y otros minerales menores (flúor, magnesio, litio, estroncio, etc.). Ver tabla 3.

Fig. n.º 5. Ladrillos vidriados (Irán S.IV a. de C)

Las fritas tienen diversidad de clasificaciones pero las principales son: transparentes o cristalinas, mates, opacas o blancas y especiales.

La composición de una frita se puede controlar por sistemas directos (análisis químicos) y por sistemas indirectos (coeficiente de dilatación, viscosidad, opacidad, etc.).

Las materias primas para **vidriados cerámicos** y **fritas** son:

Tabla 3

Óxido principal	Materia prima habitual / formulación química		Otras materias primas / formulación química	
SiO_2 (Cristobalita) (1)	Cuarzo (calcedonia) Caolín (caolinita) Feldespatos	SiO_2 $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ $(K,Na,Ca,Ba,NH_4)(SiAl)_4O_8$		
B_2O_3 (1)	Acido bórico Borato cálcico (Colemanita) Borato sódico (Bórax)	BO_3H_2 $Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$ $Na_2O.2B_2O_3.nH_2O$	Borato sódico-cálcico (Ulexita) Hidroboracita	$NaCaB_5O_9.8H_2O$ $CaMgB_6O_8(OH)_6.3H_2O$
Li_2O (2)	Espodumeno Carbonato de litio Ambligonita	$Li_2O.Al_2O_3.4SiO_2$ Li_2CO_3 $2LiF.Al_2O_3.P_2O_5$	Petalita Lepidolita	$Li_2O.Al_2O_3.8SiO_2$ $K(Al.Li_2).(F.OH)_2.Si_4O_{10}$
Na_2O (2)	Carbonato sódico Borato sódico (Bórax) Sulfato sódico (Thenardita)	Na_2CO_3 Na_2SO_4	Feldespato sódico Nitrato sódico Ulexita Nefelina	$Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ $NaCa\ B_5O_9.8H_2O$ $K_2O.3Na_2O.4Al_2O_3.9SiO_2$
K_2O (2)	Feldespato potásico Nitrato potásico	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ KNO_3	Carbonato potásico (Potasa) Nefelina Hidróxido potásico	K_2CO_3 KOH
MgO (2)	Talco Dolomita	$3MgO.4SiO_2.H_2O$ $CaO.MgO.2CO_2$	Magnesita Hidroboracita	$MgCO_3$
CaO (2)	Carbonato cálcico Dolomita	CO_3Ca $CaO.MgO.2CO_2$	Wollastonita Nitrato cálcico Feldespato cálcico	$CaO.SiO_2$ $Ca(NO_3)_2.nH_2O$ $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$
SrO (2)	Carbonato de estroncio (Estroncianita)	$SrCO_3$	Sulfato de estroncio (Celestina)	$SrSO_4$
BaO (2)	Carbonato de bario (Whiterita) Sulfato de Bario (Barita)	$BaCO_3$ $BaSO_4$	Nitrato de bario Celsiana	$Ba(NO_3)_2$ $BaO.Al_2O_3.2SiO_2$
ZnO (2)	Óxido de Zinc	ZnO		
PbO (2)	Minio	Pb_3O_4	Litargirio Carbonato de plomo	PbO $(2PbCO_3.(OH)_2)$
Al_2O_3 (Corindón) (4)	Caolín Feldespato alcalino	 $M_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	Alúmina hidratada Anortita	$Al_2O_3.3H_2O$ $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$
TiO_2 (3)	Anatasa Ilmenita	TiO_2 $FeTiO_3$		
ZrO_2 (Zircona) (3)	Silicato de zirconio (Zircón)	$ZrSiO_4$		
CeO_2 (3)	Cerita	CeO_2	Monacita	$Ce\ PO_4$
SnO_2 (3)	Casiterita	SnO_2		
P_2O_3	Fosfato cálcico	$Ca_3(PO_4)_2$	Fosfato monosódico Fosfato monoamónico	(NaH_2PO_4) $(NH_3H_2.PO_4)$

(1) = Son formadores de vidrio o vitrificantes; (2) = Son fundentes; (3) = Son opacificantes; (4) = Estabilizantes

La sílice es el principal óxido formador de estructura vítrea de los utilizados en la fabricación de fritas, su proporción representa entre un 40-60% en peso de la frita. Un incremento de la proporción de sílice en la composición dará lugar a fritas con mayor temperatura de maduración y viscosidad en fundido. Las propiedades de las fritas con estas materias primas son entre otras: brillo, dureza, resistencia al ataque químico, elasticidad, opacidad, etc.

Los primeros en practicar las técnicas de vidriado fueron los caldeos y los asirios, alcanzando su máxima perfección en el arte musulmán.

La porcelana es un producto cerámico tradicionalmente blanco, compacto, duro, translúcido e impermeable y muy resistente a la acción química. Se obtiene a partir de una pasta elaborada y compuesta por caolín (45%), feldespato (25%), cuarzo (30%) y óxidos metálicos para decorarla. Su proceso de cocción se realiza en 2 etapas. La 1.ª corresponde a la obtención de un bizcocho (850-900º C) y la 2.ª corresponde al vidriado (1.175-1450º C). Desarrolladas principalmente por los chinos en el S. VII, las porcelanas más antiguas halladas hasta ahora están fabricadas de caolín durante la dinastía Shang (siglo XVI-XI a. C), y poseían las características comunes de suavidad y calidad de un esmalte resistente. La porcelana no es descubierta en Europa hasta 1708 en Alemania y lo hace Johan Friedrich Böttger y se desarrolla en las ciudades de Meissen y Nymphenburg. En España, Carlos III patrocina la fábrica del Buen Retiro en Madrid, donde por primera vez en nuestro país se fábrica autentica porcelana.

La loza es un material cerámico de masa porosa, ligera, densa y sonora, de cuerpo blanco y recubierta de un barniz transparente cuya composición se sitúa entre la alfarería y la porcelana fina. En la loza las impurezas, en especial ferruginosas, actúan sobre el color, mientras que la temperatura de cochura ejerce su acción sobre la porosidad. Para limitar ésta, se recurre al esmalte. La loza se clasifica en barnizada, común y fina.

Esmalte es la mezcla de materias primas, en forma de polvo o puesta en suspensión, a través de un proceso de calentamiento, normalmente entre 750 y 850º C. El polvo se funde formando una cubierta suave y vidriada, que se aplica sobre un soporte, bien cerámico o metálico, por diferentes técnicas (pulverización, inmersión, cortina etc.). La primera mención de la palabra Smaltum con el valor de esmalte aparece en el Liber Pontificalis (Libro de los Papas). Egipto parece ser que fue el primer país que utilizó el esmalte. Los componentes más importantes de los esmaltes son: sílice, caolín, bórax, carbonatos de magnesio, cal, barita etc. Una fórmula tipo consta, por ejemplo, de SiO_2 (50%), B_2O_3 (15%), Al_2O_3 (11%), CaO (9%), K_2O (8%), Na_2O (7%). Los esmaltados en cerámica tienen un doble fin, decoran y disminuyen la porosidad. Los esmaltes se clasifican en opaco/transparentes, brillante/mates y coloreado/incoloro. Las prestaciones que da a la cerámica son: dureza, resistencia al impacto, resistencia a la abrasión, resistencia a las manchas, resistencia al deslizamiento, resistencia al cuarteo, resistencia química y estabilidad de color frente a la luz.

Actualmente se utilizan cada vez mayores proporciones de fritas en la composición de esmaltes porque reducen el riesgo para la salud, el medio ambiente y, a igual composición, los esmaltes fritados funden a menor tiempo que los esmaltes sin fritar, la disminución de la temperatura y el menor tiempo permite aumentar la producción.

El vidrio, del latín (vitreum), es un material cerámico, duro, frágil y de estructura química amorfa; se consigue por fusión a unos 1.500º C. de una mezcla de arenas silíceas, ácido bórico, ulexita (formadores de vidrio), carbonato sódico, cálcico, potásico, sulfato sódico, óxido de litio, dolomía (fundentes) y magnesio, aluminio, óxido de plomo (estabilizantes). Se fabricó por primera vez en Mesopotamia y se conocen vidrios con una antigüedad de 1.500 años a. C. cuya composición era según tabla 4.

Se tienen noticias de que en el S. IV a. de C., ya se fabricaban vidrios coloreados añadiéndole a la mezcla óxidos metálicos e incluso había vidrios incoloros usando manganeso y antimonio. Durante la Edad Media hubo un marcado declive del empleo del vidrio pero, sin embargo, al mismo tiempo es un periodo de amplio desarrollo de las vidrieras (arte ligado a la arquitectura) en las catedrales. Vidriera (vitral) puede entenderse como una pintura que se aplica y presenta sobre un soporte de vidrio. Las vidrieras más antiguas que se conservan se encuentran en la Catedral de Augsburgo (Alemania) fechadas en el año 1.050 y 1.150 (Fig. n.º 6 y Fig. n.º 7). Estas solían ser regalos de reyes, nobles, señores o dignatarios.

Fig. n.º 6. Representan a los profetas: Oeas, David y Jonás

Tabla 4

Tipos de vidrios	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Al_2O_3
De Tebas (1.500 a. de C)	65	14,30	2	6,5	3,7	3
De Nimrude (Asiria 800-500 a. de C)	71,5	12,7	0,9	4,8	3,07	0,5
De Babilonia (250 a. de C)	65,8	12,14	2,35	6,6	4,7	2,13
De Alejandría (100 a. de C)	68	14,15	0,1	7,10	0,7	4
Romano (S. I-V d. de C)	67,6	20	0,6	6,7	0,8	3,2
Merovingio (S. VI d. de C)	67	19,3	19,3	7,5	1,13	3,2
Moderno	68-74	12-16	0-1	7-14	0-4,5	0,3-3

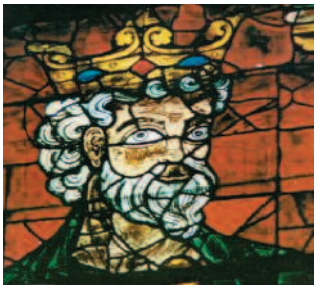


Fig. n.º 7. Vidriera del S. XII

Del S. XV al XVII, el centro de producción de vidrio más grande de Europa fue la Isla de Murano (Venecia) cuyas materias primas eran carbonato sódico, carbonato cálcico, arenas silíceas y potasio, al poco tiempo se sustituyó la arena silícea por cantos de sílex molidos que daba más blancura. En el S. XVIII, el vidrio plano para las ventanas era muy escaso y sólo las fábricas reales de vidrio tenían apoyo financiero. En España, Carlos III mandó construir en una zona boscosa al N de Madrid una moderna fábrica (La Granja) que produjo vidrio plano para espejos de cuerpo entero. El vidrio es un material indispensable y nadie puede imaginarse hoy en día una sociedad que no lo utilice. Entre otros, sus usos son: laboratorios, farmacia, medicina, transportes, construcción (acristalamientos), aislamiento (fibra de vidrio), decoración, mobiliario, ópticas, envases, electrónica, iluminación, usos domestico (vidrio hueco) y en deportes.

Material refractario es el producto cerámico que se caracteriza por un buen comportamiento mecánico y una ausencia de reactividad química a temperatura elevada. Se utiliza en la industria siderúrgica, en la nuclear, aeroespacial, porque son resistentes a los gases y a la temperatura de las llamas, a la abrasión y a las radiaciones.

Gres del francés, gres, arenisca, es el término que designa una pasta cerámica con la que se pueden fabricar productos como revestimientos de baldosas para el suelo, tuberías de saneamiento, etc. El origen de esta pasta se puede ubicar en China 1.400 a. de C. entre las dinastías Han y la Shang (1600 a. C-1046 a. C), y en Inglaterra en 1775.

Engobe, también conocido como engalba, revoque, barbotina, lechada, papilla o crema de arcilla, es una pasta cerámica que se obtiene mezclando distintos tipos de arcillas y otros materiales con agua, y generalmente, un defloculante (silicato sódico). Se puede utilizar en forma decorativa colocándolo en la superficie del objeto de arcilla cuando está casi seco para cubrir el color de ésta y decorarla. Se aplica por salpicado, pintado a pincel o por inmersión. El engobe no hace a la pieza impermeable, por lo cual si es una pieza para contener liquido (plato, jarra, taza, etc.), ésta debe ser bañada con un esmalte por encima del engobe.

El engobe enmascara las irregularidades del soporte, elimina o disminuye la incidencia del color, mejora la unión entre el vidriado y el soporte. Las materias primas utilizadas en los engobes son: frita, cuarzo, zircón, alúmina, feldespatos/nefelinas, arcilla, caolín y bentonita.

Tabla 5

Color	Pigmentos minerales					
Amarillo anaranjado	Dióxido de titanio. (TiO_2) (Anatasa)	Óxido de antimonio. (Sb_2O_3)	Óxido de Cobre. (CuO) (Tenorita)	Antimoniato de Plomo $Pb_2Sb_2O_7$		
Amarillos	Óxido de zirconio. (ZrO_2) (Badeleyita)	Cuarzo (SiO_2)	Óxido de praseodimio. (PrO_2)	Fluoruro sódico. (FNa)	Cloruro sódico. (ClNa) (Halita)	Oxido de vanadio V_2O_5
Azules	Alúmina hidratada. $Al(OH_3)$ (Hidrargilita)	Silicato de cobalto. Co_2SiO_4	Óxido de cromo. (Cr_2O_3) (Eskolaita)	Óxido de cinc. ZnO (Cincita)	Acido bórico. (BO_3H_3)	
Azules marinos	Óxido de cobalto. (Co_3O_4)	Cuarzo	Fosfato cálcico. $Ca_3(PO_4)_2$			
Azules turquesas	Cuarzo (Calcedonia rosa)	Pentóxido de vanadio. (V_2O_5)	Fluoruro sódico. (FNa)	Cloruro sódico. (ClNa) (Halita)	Óxido de zirconio. ZrO_2 (Badeleyita)	
Corales	Óxido de zirconio. (Badeleyita)	Cuarzo.	Fluoruro sódico (FNa)	Cloruro sódico. (Halita)	Nitrato potásico. (NO_3K)	Sulfato de hierro. (SO_4Fe)
Gris	Óxido de cobalto	Óxido de níquel Ni_2O_3	Óxido de titanio	Óxido de vanadio	Óxido de antimonio	Óxido de estaño SnO_2 (Casiterita)
Marrones	Bióxido de manganeso. (MnO_2)	Óxido de cromo CrO_2	Óxido de hierro rojo. (Fe_2O_3) (Hematites)			
Marrones rojizos	Óxido de hierro rojo. (Hematites)	Óxido de cromo CrO_2 (Eskolita)	Óxido de cinc. (ZnO) (Cincita)	Óxido de titanio TiO_2 (Rutilo)	Óxido de niobio Nb_2O_5	
Naranjas	Óxido de cinc. ZnO	Óxido de hierro rojo.	Óxido de cromo. Cr_2O_3	Caolín		
Negros	Óxido de cobalto. Co_3O_4	Óxido de níquel. (Ni_2O_3)	Bióxido de manganeso. (MnO_2)	Óxido de hierro rojo. (Hematites)	Óxido de cromo. Cr_2O_3 (Eskolaita)	
Negro de cobalto	Óxido de cobalto.Co_3O_4	Óxido de níquel.	Óxido de cromo. CrO_2	Óxido de hierro rojo. (Hematites)	Bióxido de manganeso. MnO_2	
Rojos	Óxido de estaño SnO_2	Óxido de cromo				
Rosas	Óxido de zirconio. ZrO_2	Cuarzo.	Fluoruro sódico. FNa	Cloruro sódico. (Halita)	Sulfato de hierro. SO_4Fe (Malenterita)	Nitrato potásico. NO_3K
Verdes	Óxido de cromo	Caolín	Silicato de níquel Ni_2SiO_4	Óxido de praseodimio PrO_2		
Violeta	Fosfato de cobalto $Co_3(PO_4)_2$	Fosfato de Litio Li_3PO_4				

El proceso cerámico consta de cinco etapas: 1.ª– Selección y preparación de las materias primas. 2.ª– Preparación del cuerpo cerámico, que consiste en preparar la mezcla, homogeneizarla y amasarla. 3.ª– Moldeado, que puede hacerse por prensado, colado o por extrusión. 4.ª– Secado y 5.ª– Cocción.

La distribución en el mercado de los pigmentos minerales para la fabricación de cerámica aproximadamente es: 55% para vidrios, 17% para cerámicas avanzadas, 10% para cerámicas blancas, 9% para esmaltes de porcelana, 7% para refractarios y el 2% para arcilla estructural.

Los pigmentos minerales que se utilizan para la fabricación de **colores cerámicos** según la DCMA (American Dry Color Manufacturers' Association) en función de su composición estructural se reflejan en la anterior Tabla 5.

Hemos visto las cerámicas tradicionales (basadas en los silicatos) pero frente a estos productos cerámicos existen otros de interés extraordinario para las nuevas tecnologías, son las llamadas cerámicas no tradicionales, como la **cerámica técnica, cerámicas especiales y cerámicas avanzadas** (Fig. n.º 8). Estas cerámicas avanzadas están constituidas principalmente de compuestos puros o casi puros, principalmente óxidos (alúmina, sílice, magnesia, berilio, zirconio, torio, cerio, titanio), carburos (de silicio, boro, tungsteno, titanio, molibdeno), nitruros (de silicio, boro, aluminio), boruros (zirconio, titanio). Estos materiales presentan gran resistencia al desgaste, al ataque químico, a altas temperaturas, a la oxidación, tienen buena conductividad térmica, facilidad de mecanizarse, bajo peso por volumen y son empleadas cada vez más en **Ingeniería mecánica, energía y medio-ambiente, ingeniería eléctrica, automoción y en tecnología médica.**

Fig. n.º 8

La ciencia cerámica es actualmente un campo de investigación, tecnología e innovación en constante desarrollo.

El reino mineral nos ofrece y proporciona otras sustancias minerales, empleadas comúnmente a diario en nuestras vidas: minerales metálicos, no metálicos y los energéticos, como el carbón, gas natural, uranio y petróleo, siendo entre otros subproductos del petróleo, los gases licuados del petróleo, gasolinas, nafta, queroseno, gasóleos, fuel, aceites minerales, esencias minerales, ceras minerales, materiales bituminosos, etc.

La diferencia entre crecer o estancarse es una economía basada en los minerales

TE IMAGINAS TU VIDA sin **vasos**, sin **botellas**, sin **cremas**, sin azulejos, sin **tejas**, sin **ladrillos**, sin **asfalto**, sin **dentífrico**, sin **pintura**, sin **hormigón**, sin **cemento**, sin **mármol**, sin **caucho**, sin **cristales**...

ASÍ SERÍA UN MUNDO SIN MINAS

Fotografía de José Manuel Sanchis Calvete

"Oficio noble y bizarro,
entre todos el primero,
pues en el arte del barro,
Dios fue el primer alfarero,
y el hombre el primer cacharro"

Quintilla anónima

BIBLIOGRAFÍA

Minerales industriales
Recorridos de los minerales. Gobierno de Aragón
Revista: Investigación y Ciencia n.º 168 y 423
Gran Enciclopedia Larousse universal

Internet:

http://www.ieselcaminas.org
Kremer-pigmente.es
http://books.google.es/books? id
Instituto Español de Estudios estratégicos (IEEE)
http://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdf/0611010s.pdf
http://www.glynwed.es/ceramicas.html

MODESTO ÚBEDA RIVERA
Vocal y colegiado n.º 148

Nuestros compañeros

JOSÉ ANTONIO GODES ROYO

¿Dónde y cuándo naciste?

En Castellón de la Plana, el 19/12/1939.

¿Dónde estudiaste Minas y, porque escogiste esta carrera? ¿Crees que fue acertada esta decisión?

En la Escuela de LINARES (JAÉN) y, casi por azar, siguiendo a unos compañeros de trabajo (Delineantes) que se habían decidido a ello. Mi intención era estudiar Ayudante de O. P. /Ing. de Caminos, pero el cambio de Plan de Estudios de 1959, cambio mis previsiones. Sin duda tengo que dar gracias a Dios por ello, porque me puso en un camino que me ha dado muchas satisfacciones en mi vida.

¿Has realizado otros estudios? ¿Cuáles?

Tras graduarme como Perito de Minas y Fábricas M. y M., me matricule en la Escuela de Ing. de Minas de MADRID (1969-1970), pero la empresa en que trabajaba me ofreció el trasladarme a CASTELLÓN, anule la matrícula para que no me contaran convocatorias, pero ahí se acabo mi sueño.

Entre los años 1983-84, hice un Máster en Ingeniería y Gestión Medioambiental, en la Escuela de Organización Industrial (U. Complutense, MADRID), para afrontar con éxito las nuevas exigencias en Restauración, derivadas del Real Decreto 2994/1982.

A lo largo de 1984-85, hice un Curso en el IGME/Escuela Ing. de Minas de MADRID, con el que obtuve la Diplomatura en Hidrogeología. Siguiendo con mi pasión por el agua, en 1990 conseguí un titulo, un tanto singular, de la Universidad Politécnica de MADRID, de Especialista en Hidrogeología Aplicada. Aprovechándome de todo esto, y con poco de mi parte, conseguí el título de Ing. Téc. en Sondeos y Prospecciones Mineras.

Los Masters de Prevención de Riesgos no los cuento, porque considero son de "obligado cumplimiento" para un profesional; pero aparte, calculo que a lo largo de mi vida activa (± 40 años), he participado en más de cien Congresos, Campamentos, Cursos, Seminarios, Jornadas...,de los que tengo "certificado/justificante de participación", porque siempre he tratado de tener participación activa.

¿Tienes antecedentes familiares mineros?

Ninguno en sentido estricto; aunque mi padre hacia voladuras en trabajos de O. P. y, mi hijo Javier, que además de compañero de este Colegio y colega por la Escuela de LINARES, es Ingeniero de Minas por la Escuela de OVIEDO.

Una vez terminados tus estudios ¿encontraste trabajo pronto?

Yo he trabajado desde que tenía 16 años (he cotizado a la S. S. durante 57 años); así que cuando acabé la carrera..., seguí con mi mala costumbre. Ahora, es cuando no encuentro trabajo.

Háblanos de tu carrera profesional.

Inicié mi carrera profesional en 1969, al ascenderme a categoría de Perito, en Hidroeléctrica Española, S. A. que es donde trabajaba desde 1962, como Auxiliar Técnico.

En el año 1974, presenté mi primer Plan de Labores en la Provincia de CASTELLÓN, donde residía de nuevo desde mediados de 1970.

A partir de 1978, inicio la plena dedicación al ejercicio libre profesional, tras abandonar FINANZAUTO/CATERPILLAR, donde trabajaba desde 1972. Comienza para mí, una nueva vida, plena de satisfacciones y deseos de aprender, para aportar a la profesión y, a la vez, ser más útil a la sociedad.

La disminución drástica del volumen de trabajo, me condiciona el jubilarme (abril 2013), pero espero que sea una decisión/situación transitoria.

¿A qué te gusta dedicar tu tiempo libre?

Hasta el presente, casi no sé qué es eso; no he tenido oportunidad, ni la he buscado. Mi vida discurre entre el trabajo y la familia, y las 24 h., no me dan para más. Cuando no tengo nada que leer, relacionado con la profesión (raro, raro), me entretengo un poco con algo de jardinería y, cuando es posible, y desde hace cuatro años, hago mis "pinitos" ejerciendo de abuelo.

¿Cómo ves el futuro de la profesión?

Los Facultativos, Peritos e incluso los Ing. Técnicos, somos una especie necesariamente a extinguir (por ese orden); como en tiempos de Cervantes fueron los Bachilleres, quienes manejaban el pastel, en el presente son los Ingenieros de Grado y, en el futuro..., Dios sabrá; resulta imprescindible adaptarse a los tiempos (entiéndase, cambios sociales y al progreso científico-técnico) y, las titulaciones, Colegios..., se tienen que "remodelar" y adaptarse a esos cambios y, sin perder el paso.

¿Qué destacarías de tu vida profesional?

He sido muy feliz. He conocido a mucha gente de este entorno, que me ha enriquecido profesional y humanamente (las cosas feas que me han ocurrido, trato de olvidarlas). No he tenido opción a participar en grandes proyectos colectivos, pero donde he estado, me he entregado por completo y fruto de mi actuación directa son la C. M. ARCITRAS, en SAN JUAN DE MORO (CS), que ahora explota la multinacional WATTS BLAKE BEARNE ESPAÑA, S. A. y, la Cantera MAS DE LA PARRETA, en MORELLA, que dio origen a que se celebraran las "Jornadas de Minería, Patrimonio Cultural y Medio Ambiente de MORELLA" y, que además, es una fuente inagotable de obtención de fósiles de dinosaurios.

De no ser Ingeniero Técnico de Minas, ¿Qué te hubiera gustado ser?

(Soy Perito de Minas). Después de "probar esta manzana", me reitero, Ingeniero de Minas.

¿Qué destacarías de positivo y, de negativo en nuestro Colegio Profesional?

Sin rubor, ni ánimo de *pasar la mano por el lomo* a nadie, de los tres Colegios en los que estoy colegiado, ARAGÓN, con mucho, es el que funciona mejor, en todos los órdenes y, a pesar de sus reducidas dimensiones; la atención/comunicación, cercanía y el no ánimo de lucro de sus dirigentes, lo hacen especial. Resulta muy singular, el que haya que "cazar" a Presidentes, Vocales..., para que acepten el cargo; cuando en otros territorios el personal se pega por entrar en la Junta y se hacen "listas cerradas" de amiguetes.

El que no exista la Autovía directa CS-ZARAGOZA, es lo que no me gusta del Colegio de ARAGÓN, porque me impide participar más en él.

¿Y de nuestra profesión?

Hay un amplio espacio para actuación profesional, que todavía se expande más para los nuevos "Grado/Graduados", con el tema de la energía.

Desde siempre (tras la fundación de los Colegios el año 1957), nuestros predecesores han tenido poco "roce" con la Administración con competencias coincidentes en el campo de actividad; los de Minas, hemos pintado poco en el marco de la sociedad civil (incluidos los de "Ciclo Largo"). En el caso del Colegio de ARAGÓN, desde nuestro Decano A. Obeso, la cosa ha mejorado bastante, pero no sé si suficiente.

¿Qué opinión te merece el nuevo plan de estudios?

No puedo emitir un juicio, porque no me considero capacitado para ello; pero añado, que como he citado antes, hay que estar con los tiempos y el progreso científico; en la Europa de la que formamos parte, no hay, ni ha habido nunca, Facultativos, ni Peritos, ni Ingenieros Técnicos hemos sido una *singularidad* a normalizar. Desde siempre, he defendido la titulación única/plan de estudios único.

¿Quieres transmitir alguna propuesta a la Junta de Gobierno y, en especial, para nuestro Boletín Aragonito?

Solo que resistan en sus puestos, los que ahora están, sin dejarse arrastrar por las circunstancias del embravecido temporal. Ya amainará y, la calma, les aportará una nueva y gratificante experiencia de vida.

Para ARAGONITO, se impone la edición digital ¡¡ya!! por las buenas..., o por las bravas, para poder subsistir (adaptarse a los tiempos).

Muchas gracias José Antonio. Agradecemos que, a través de esta entrevista, hayas hecho un breve recorrido de tu vida. Esperamos que esta entrevista haya sido el inicio para que recibamos de tu larguísima experiencia algún que otro artículo.

Un saludo.

El Consejo de Redacción

Legislación

B.O.A.	FECHA	EMITIDO	EXTRACTO DEL CONTENIDO
69	7-4-2014	Dpto. Industria e innovación	**Decreto 41/2014, de 1 de abril**, del Gobierno de Aragón, por el que se crea el fichero de datos de carácter personal del "Registro de Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de la Comunidad Autónoma de Aragón"
69	7-4-2014	Dpto. Industria e Innovación	**Decreto 46/2014, de 1 de abril**, del Gobierno de Aragón, por el que se regulan actuaciones en materia de Certificación de Eficiencia Energética de Edificios y se crea su registro, en el ámbito de la Comunidad.
89	9-5-2014	Dpto. Economía y Empleo	**Decreto 69/2014, de 29 de abril**, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueban las bases reguladoras para la concesión de subvenciones para el fomento del empleo y el estimulo del mercado de trabajo
B.O.E.	**FECHA**	**EMITIDO**	**EXTRACTO DEL CONTENIDO**
140	12-6-2013	Jefatura del Estado	**Ley 5/2013, de 11 de junio**, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
167	13-6-2013	Jefatura del Estado	**RD-Ley 9/2013, de 12 de julio**, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
268	8-11-2013	Min. Agricultura Alimentación y Medio Amb.	**RD 670/2013, de 6 de septiembre**, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el RD 849/1986, de 11 de abril, en materia de registro de aguas y criterios de valoración de daños al dominio publico hidráulico.
268	8-11-2013	Min. Fomento	**Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre**, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por RD 314/2006, de 17 de marzo.
264	4-11-2013	Min. Empleo y Seguridad Social	**Orden ESS/2929/2013, de 28 de octubre**, por la que se fijan para el ejercicio 2013 las bases normalizadas de cotización a la S.S., por contingencias comunes, en el Régimen Especial de la Seguridad Social para la Minería del Carbón.
296	11-12-2013	Jefatura	**Ley 21/2013, de 9 de diciembre**, de Evaluación Ambiental.
305	21-12-2013	Min. Agric. Aliment. y M.A.	**RD 1015/2013, de 20 de diciembre**, por el que se modifican los anexos I, II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, el Patrimonio Natural y Biodiver.
310	27-12-2013	Jefatura	**Ley 24/2013, de 26 de diciembre**, del Sector Eléctrico.
311	28-12-2013	Jefatura	**RD-Ley 17/2013, de 27 de diciembre**, por el que se determina el precio de la energía eléctrica en los contratos sujetos al precio voluntario para el pequeño consumidor en el 1er trimestre de 2014.
31	5-2-2014	Min. Empleo y Seguridad Social	**RD 986/2013, de 13 de diciembre**, por el que se establecen tres certificados de profesionalidad de la familia profesional Edificación y obra civil que se incluyen en el Repertorio Nacional de certificados de profesionalidad y se actualizan determinados certificados de profesionalidad de la familia profesional Industrias extractivas establecidos en el RD 1217/2009, de 17 de julio y en el RD 713/2011, de 20 de mayo (B.O.E. de 5-1-2014)
52	1-3-2014	Jefatura	**RD-Ley 3/2014, de 28 de febrero**, de medidas urgentes para el fomento del empleo y la contratación indefinida.
58	8-3-2014	Min. Industria, Energía y Turismo	**RD 102/2014, de 21 de febrero**, para la gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y los residuos radiactivos.
115	12-5-2014	Min. Industria, Energía y Turismo	**Resolución de 5 de mayo de 2014**, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se publican los nuevos precios máximos de ventas, antes de impuestos, de los gases licuados del petróleo envasados, en envases de capacidad igual o superior a 8 Kg, excluidos los envases de mezcla para usos de los gases licuados del petróleo como carburante.
121	19-5-2014	Min. Industria, Energía y Turismo	**Resolución de 13 de mayo de 2014**, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se publican los nuevos precios de venta, antes de impuestos, de los gases licuados del petróleo por canalización.

José Lorenzo Daniel
Colegiado n.º 227

Biominería, un camino hacia nuevas formas de explotación minera

Paula Llabata Babiano

Estudiante de biotecnología en la Universidad Politécnica de Valencia.
Actualmente se encuentra en Viena, realizando su proyecto de final de carrera en el departamento de genética en Universität für Bodenkultur Wien.
También ha realizado prácticas en el Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana dentro del proyecto de mejora genética de Curcubitáceas: "PIM2010PKB-00691-SAFQUIM-SUGARS AND FRUIT QUALITY IN MELON".
Tiene Nivel C1 de inglés por la Universidad de Cambridge y Nivel Avanzado por la Escuela Oficial de Idiomas de Valencia.
Asimismo obtuvo el nivel B1 de francés por la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris.
Entre sus próximos proyectos se encuentra la asistencia, en calidad de ponente, al Congreso de la European Cooperationin Science and Technology bajo el tema "UV-B radiation: A specific regulator of plant growth and food quality in a changing climate (UV4growth)".

A lo largo de la historia, la minería ha sido siempre un motor importante de la economía y ha marcado el desarrollo tecnológico en nuestra sociedad. No obstante, en la actualidad, existe una mayor resistencia a la explotación minera y, en especial, aquella dirigida a la recuperación de metales.

Ilustración 1. Los microorganismos podrían ser los mineros del futuro. Fuente: http://lamula.pe/2012/03/26/

La minería es una de las actividades más contaminantes y perjudiciales tanto para el medio ambiente como para el hombre. En las zonas cercanas a la explotación se generan modificaciones paisajísticas, dispersión de polvo y contaminantes en la zona de influencia además de la posibilidad de generación de drenajes ácidos de minas que provocan fuertes impactos en los ecosistemas e incluso sobre los pobladores cercanos. El procesamiento del mineral también genera serios problemas ambientales (lluvia ácida, gases de efecto invernadero) debido a la tecnología utilizada para la extracción del mismo, generalmente drenajes ácidos (drenajes de muy bajos valores de pH y con altas concentraciones de hierro férrico y otros metales pesados) o pirometalurgia (se tuestan los minerales a altas temperaturas y luego se reducen los óxidos metálicos obtenidos para generar el metal en estado elemental). Estas metodologías, además de contaminar, resultan inviables económicamente para minerales con bajo contenido en metal. Sin embargo, la recuperación de metales a partir de los minerales resulta inevitable para mantener el desarrollo tecnológico de la sociedad moderna.

Es aquí donde los últimos avances en biotecnología juegan un papel importante en la transformación de la minería en una actividad económicamente más viable y con menor impacto ambiental. Se trata de atacar y solubilizar un mineral a través de la acción directa o indirecta de distintos microorganismos, este proceso se conoce como biolixiviación o biominería.

¿QUÉ ES LA BIOMINERÍA?

Consiste en utilizar un proceso natural por el cual ciertos microorganismos son capaces de catalizar a temperaturas bajas o moderadas la disolución de sulfuros metálicos, es decir, los microorganismos consiguen hacer solubles los minerales. Estos microorganismos son usualmente oxidantes del hierro y/o del azufre resistentes a altísimas concentraciones de metales pesados. Esta tecnología se aplica con éxito comercial para la recuperación de cobre y de cobalto. También es utilizada para el beneficio de minerales de oro.

El microorganismo utiliza el mineral como fuente de energía para sus propios propósitos de supervivencia, liberando los metales de interés sin necesidad de una aplicación externa de energía, a este tipo de microorganismos se les conoce como quimioautótrofos. Para conseguir la energía necesaria para vivir, los microorganismos "comen" electrones que extraen de los minerales. Estos electrones crean una diferencia

Ilustración 2. Acidithiobacillus ferrooxidans, primera bacteria identificada capaz de lixiviar (1947). Aislada en el rio Tinto (Huelva) Fuente: www.porquebiotecnologia.com

de potencial (especie de batería) dentro del microorganismo que genera energía, como ocurriría en una pila común. Esta energía es almacenada para luego utilizarla en los distintos procesos metabólicos. A efectos prácticos lo que ocurre durante el proceso es que un metal insoluble (normalmente, en forma de sulfuro) se convierte en una forma soluble (sulfato), y el metal se extrae en agua. Por ello, a veces se utiliza como sinónimo de hidrometalurgia.

¿CÓMO SE LLEVA A CABO?

Los procesos de biominería no emplean un único microorganismo, sino un consorcio de ellos. La oxidación del material tiene lugar en tanques denominados biorreactores. En dichos tanques se introducen "pilas" (acumulaciones de mineral previamente triturado) o materiales que debido a su bajo contenido en mineral, no pueden ser aprovechados. En su interior existe un flujo continuo de soluciones de ácido sulfúrico junto con alguna sal para garantizar el crecimiento de los microorganismos, y están en constante agitación para permitir su aireación.

Los microorganismos liberan el metal del mineral que finalmente es recuperado a partir de las soluciones que emergen de la parte inferior de la pila (Ilustración 2). Dicho metal se recupera utilizando electrodos de acero (planchas) sobre los que, por un proceso electroquímico, se deposita el cobre precipitado. Así, se obtienen cátodos de cobre de alta pureza, listos para ser exportados. Se ha demostrado que puede obtener hasta 30 g de cobre puro por litro de agua.

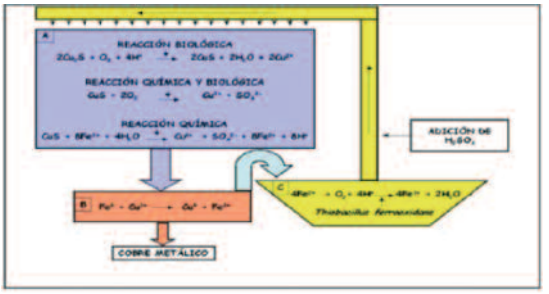


Ilustración 3. Proceso de recuperación de Cobre. A: solubilización del mineral. B: Obtención del cobre metálico. C: Recuperación y recirculación de Fe+3 Fuente: http://microamb1314.blogspot.co.at/2013_11_01_archive.html

El tipo de microorganismos que se introducen en el tanque determinará si el proceso de extracción del mineral es o no viable. Existen dos tipos de aproximaciones para determinar el consorcio de microorganismos que se introducirán: reductivo o aditivo.

La aproximación reductiva consiste en inocular una mezcla de diversos microorganismos que pueden provenir tanto del ambiente natural del que procede el mineral, como de otros procesos de biominería en los que se utilicen condiciones similares de extracción del mineral en cuestión (pH, Tª, aireación...). En esta aproximación se asume que a pesar de que el inóculo inicial contenga varios tipos de microorganismos, al final, sólo aquellos que sean más eficientes en las condiciones de extracción del mineral acabarán colonizando el tanque y formando el consorcio de extracción. En este tipo de aproximación es complicado determinar la eficacia del proceso, puesto que no se pueden controlar las proporciones de cada tipo de microorganismo requerido para el mismo, o bien si están todos los microorganismos necesarios para dicho proceso.

Ilustración 4. Laboratorio para puesta a punto de sistemas de extracción de mineral, Chile. Fuente: http://www.taringa.net/posts/noticias/14393479/Bacterias-y-biomineria-claves-para-el-futuro.html

Por contra, la aproximación aditiva consiste en añadir al tanque ciertos tipos de microorganismos cuya eficiencia de extracción del mineral se conoce a priori, pues se ha estudiado anteriormente el tipo y proporción de microorganismos adecuados al tipo de extracción que se desea realizar. Se trata de un diseño "racional" del consorcio en el que se ha tenido en cuenta la temperatura, el pH, la toxicidad... que puede alcanzarse en el interior del tanque durante el proceso. En este caso el consorcio de microorganismos existentes en el tanque ha sido predeterminado, y las condiciones de crecimiento dentro de éste deben estar muy controladas para que el consorcio introducido inicialmente se mantenga. En este tipo se debe introducir al menos un oxidante del hierro para generar hierro férrico y un oxidante de sulfuro para generar la acidez requerida. Los microorganismos más utilizados para este fin suelen *ser Leptospirillum ferriphilum* y *Acidithiobacillus caldus.*

Las ventaja de éste tipo de aproximación es que sólo los microorganismos beneficiosos para la extrac-

ción son introducidos en el tanque; sin embargo, el material que se añade al tanque debe estar estéril para que no aparezcan microorganismos no deseados que rompan el consorcio. A pesar de la investigación previa requerida para llevar a cabo esta aproximación se trata de una alternativa muy eficaz una vez puesta a punto.

¿QUÉ VENTAJAS TIENE SOBRE OTROS MÉTODOS?

La principal ventaja que tiene sobre otros métodos es la poca inversión de capital requerida puesto que las bacterias pueden ser aisladas a partir de aguas ácidas de minas y los costos de operación son bajos. Además permite el tratamiento de minerales con bajo contenido de metal en las minas, los que no pueden ser económicamente procesados por los métodos tradicionales y habitualmente se acumulan sin ningún tipo de tratamiento. Asimismo se puede decir que se trata de una técnica prácticamente ausente de polución o contaminación ambiental.

¿ES VIABLE ESTA ALTERNATIVA?

Tenemos algunos ejemplos que demuestran que sí es posible. El cobre es el metal que se recupera en mayor medida por esta metodología. Chile es el mayor exportador mundial de cobre y obtiene aproximadamente el 30% por biolixiviación. La eficacia de separación del metal del resto de la roca madre tiene tal eficacia, que se han conseguido explotaciones económicamente rentables, incluso a partir de yacimientos con concentraciones bajas de metal. Por otro lado, la biooxidación, que también es llevada a cabo por microorganismos, es aplicable a minerales refractarios de oro en los cuales éste se encuentra incluido dentro de una matriz mineral de sulfuros lo cual dificulta su posterior recuperación. La acción de los microorganismos elimina esta matriz liberando al oro y haciendo así más eficaz su recuperación.

A pesar de que la principal y más estudiada aplicación de la biolixiviación sea la biominería, también tiene otras aplicaciones prometedoras. Se aplica a la extracción de metales pesados de lodos contaminados; ya que este proceso tiene unas eficiencias de extracción máximas para cobre, manganeso y zinc, aunque debido a los requerimientos de crecimiento de los microorganismos aplicados, sólo se ha llevado a cabo en lodos con baja concentración de sólidos. También se ha aplicado en el procesamiento de residuos considerados peligrosos como las pilas de litio gastadas, de las cuales se extrae el cobalto y el litio, o en la extracción de metales como el oro en chips electrónicos.

Además, permite explotar los recursos mineros en forma más limpia y más económica siendo esta otra ventaja competitiva.

Por supuesto, todas estas nuevas aplicaciones aún requieren de mucha investigación para que se conviertan en una alternativa real, pero está claro que a pesar de todos los recortes y limitaciones que está sufriendo, la minería aún tiene mucho que decir.

BIBLIOGRAFÍA

Douglas E. Rawlings, D. Barrie Johnson. *The microbiology of biomining: development and optimization of mineral-oxidizing microbial consortia*. Microbiology. 2007.

Edgardo Donati. *Tecnologías más limpias en minería: biominería*. CINDEFI (CCT La Plata-CONICET, UNLP). Facultad de Ciencias Exactas. Argentina.

www.porquebiotecnologia.com

http://biotecnoblogos.febiotec.es/

http://www.cbar.cl/es/biomineria

http://aplicacionesdelabiomieria.blogspot.co.at/

http://microamb1314.blogspot.co.at/2013_11_01_archive.html

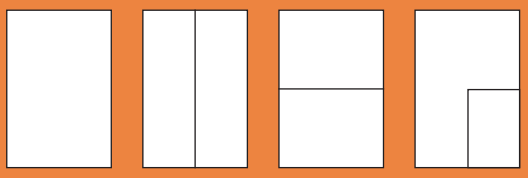
http://www.taringa.net/posts/noticias/14393479/Bacterias-y-biomineria-claves-para-el-futuro.html

Publicidad

Estimados compañeros y simpatizantes, os animamos que anunciéis vuestras empresas en nuestra revista "Aragonito"

"Aragonito" quiere ser tu espacio publicitario

Tarifas (precios sin IVA)



Opción A, B y C — Opción D — Opción D — Opción E

Página completa:

Opción A: Contraportada, 300 €
Opción B: En interior contraportada, 240 €
Opción C: En interior revista, 220 €

Media página interior:

Opción D: Horizontal o vertical, 160 €

Un cuarto de página interior:

Opción E: 100 €

- **La confección del anuncio corre a cargo del anunciante.**
- **El anuncio se entregará en soporte digital, en formato tif, jpg o eps.**

MANUEL TERUEL IZQUIERDO

Presidente del Consejo Superior de Cámaras y de la Cámara de Comercio e Industria de Zaragoza

CURRÍCULUM

Nacido en Santa Eulalia del Campo, TERUEL, el 10-2-1956, casado, una hija.

Presidente ejecutivo de Taimwesser, compañía especializada en proyectos industriales llave en mano de alta calidad (diseño, producción, ensamblaje y mantenimiento, con presencia en 60 países, 350 trabajadores.

Presidente de la Cámara de Comercio e Industria de Zaragoza.

Presidente del Consejo Superior de Cámaras de Comercio, Industria y Navegación de España.

Presidente de Feria de Zaragoza

Presidente de la Fundación Basilio Paraíso.

Presidente de la Fundación Empresa-Universidad de Zaragoza (FEUZ)

Formación académica

Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales por UNIZAR.

PDG (Programa de Dirección General) por IESE (Universidad de Navarra).

Máster en Comercio Exterior (ESIC).

***Idioma**: Inglés.*

Trayectoria Profesional

Salgar: Adjunto a la Dirección General (1983).

TAIM-TFG (desde 2008, Taimwesser). Adjunto al Director Financiero (1985), Director Financiero (1989), Director General y Consejero Delegado (1994), Presidente Ejecutivo (1999).

Trayectoria en las Cámaras

Cámara de Comercio e Industria de Zaragoza:

- *Vocal del Pleno y de la Comisión de Comercio Exterior (1998-2002)*
- *Presidente (desde 2002, reelegido en 2006 y 2010).*

Consejo Superior de Cámaras:

- *Presidente de la Comisión de Comercio Exterior (2002-2010)*
- *Vocal del Comité Ejecutivo (2002-2006)*
- *Adjunto al Presidente (2006-2010)*
- *Vicepresidente (2010-2011)*
- *Presidente (desde 2011)*

Consejo Aragonés de Cámaras:

- *Presidente (2005-2008)*
- *Vicepresidente (2008)*

***Aficiones**: Esquí, viajar, lectura*

En momentos de crisis ¿se puede creer en el concepto emprendedor?

Miles de emprendedores, innovadores y exportadores han surgido de la mano de las Cámaras de Comercio, tanto en etapas de crisis como en periodos de crecimiento económico. Es decir, el emprendimiento es una actitud permanente, que debemos fomentar sin descanso en la sociedad española. Me duele cuando veo encuestas donde los jóvenes aspiran antes a ser funcionarios que emprendedores; creo que tenemos extraordinarios casos de nuevos empresarios, pero la iniciativa debería incentivarse sin descanso y darle un mayor prestigio social. El día en que admiremos a los emprendedores, habremos avanzado de forma decisiva. Ahora bien, es cierto, como apunta, que en momentos de crisis existen matices en el concepto de emprendedor: existen muchas iniciativas de negocio nacidas de la necesidad. Personas que invierten una indemnización o sus ahorros en crear una empresa; debemos evitar al máximo que fracasen y ahí el papel de las Cámaras de Comercio resulta estratégico mediante el asesoramiento y la información. Evitar el fracaso empresarial puede ser tan importante como apoyar la iniciativa.

Principal virtud del directivo español.

Diría que la **flexibilidad**. Nuestros directivos son capaces de adaptarse con rapidez a los cambios económicos, sociales y tecnológicos. Además,

en las dos últimas décadas se ha producido un extraordinario crecimiento en su formación; no por casualidad España tiene algunas de las mejores escuelas de negocios del mundo. Y son cada vez más internacionales. El reto consiste en mejorar la formación en management de los responsables en miles de pymes, porque son las palancas más potentes para el desarrollo de las empresas.

¿Cuál cree que es el nivel de ética empresarial de nuestras empresas?

Siempre distingo entre empresarios y especuladores. Y el nivel ético de nuestros empresarios **es elevado**, a la altura como mínimo del que España tiene como sociedad. Existen excepciones, como en todos los colectivos, pero le aseguro que la mayoría de los empresarios que conozco personalmente mantiene un altísimo nivel de autoexigencia ética y se preocupan de forma sincera por el impacto de la empresa en la sociedad. Son socialmente responsables y preocupados por la sostenibilidad. Los especuladores son otra cosa. No son empresarios.

¿Es optimista sobre el futuro económico de Aragón?

Siempre, hasta en los momentos más difíciles. Creo que tenemos las bases de una economía avanzada: internacionalización, innovación e industrialización. Somos una economía internacionalizada, innovadora e industrial. Por cierto, ahora comienza a reivindicarse el papel de la industria, algo que hace décadas teníamos muy claro en un sector que hemos sufrido la competencia más dura en los mercados mundiales. Las industrias que han resistido en Aragón alcanzan un nivel extraordinario de competitividad. Son las empresas las que crean PIB, no lo olvidemos. Ahora bien, debemos ser conscientes de que la exigencia es máxima: el entorno avanza de forma acelerada a la vez que queremos mantener las bases de nuestro Estado del Bienestar. El mío es un optimismo responsable.

Desde el punto de vista empresarial, ¿cual será la principal "ventaja competitiva" del siglo XXI?

Pues la de toda la vida: **las personas**. Empresarios, directivos y empleados son personas empresarias, personas directivas y personas empleadas. Ellos son quienes ejercen como motores o como frenos, quienes construyen iniciativas o las destruyen, quienes arriman el hombro o ponen pegas a todo. No podemos olvidar el impacto que las nuevas tecnologías de la información y la comunicación tienen, de hecho ya han destruido sectores que pensábamos que nunca iban a tener problemas. Pero la clave estará en las personas; en sus aptitudes y en sus actitudes.

¿Cuáles son los secretos para llegar a ser un líder?

Existe mucha literatura al respecto, por lo que le hablaré de mi experiencia personal y de los líderes políticos y empresariales que he conocido en todo el mundo. Y la característica más común que encuentro es la **determinación**. Existen muchos estilos de liderazgo, pero el líder es quien tiene claro lo que debe hacer y no se paraliza. Otro factor de importancia que advierto en los líderes, otro secreto como dice, es su **capacidad de construir y motivar equipos**. Un líder aislado no es un líder.

¿Qué importancia tiene la formación técnica en la dirección de empresas?

Estratégica. Le voy a poner un ejemplo que entenderán muy bien: es habitual encontrar ingenieros al frente de la gerencia de las empresas, más allá de las áreas de fabricación, compras o procesos. ¿Por qué? Por su extraordinaria capacidad técnica, que les capacita de forma muy sólida para el Management y la visión integral de la gestión de una empresa. Aunque, insisto, la aptitud sin actitud no sirve de nada.

Regla principal para la motivación.

Es muy sencilla: **que te guste lo que haces**. No veo nada fácil motivar a una persona a la que no le guste su trabajo. Y acompañando a la motivación, el reconocimiento. El rendimiento de una persona motivada y reconocida tiene una distancia sideral frente a quien no lo está. Puedes conseguir que te obedezcan, pero el reto es conseguir que estén motivados. Ahí está la diferencia.

Bill Clinton en su campaña electoral del 92 cambió la palabra productividad por la de economía ¿la podríamos volver a cambiar por motivos de la crisis?

La economía es compleja y combina multitud de factores, entre ellos la productividad. Pero tampoco debemos olvidar la competitividad, la formación o el Management. Todos sabemos que en tiempos de crisis aumenta la productividad de las empresas, mientras que en las etapas de bonanza parece que se relaja. Cuando existen dificultades en los mercados, se mide cada euro que se gasta. Pero a la hora de hablar de productividad entran nuevos factores a integrar como las tecnologías de la información y la comunicación, la responsabilidad social o las exigencias medioambientales. Es un reto permanente.

¿Qué es imprescindible para ser competitivos?

El propio concepto de competitividad cambia. Y rápido. Hasta el euro, una devaluación de la peseta disparaba de forma automática la competitividad de una empresa. Pero ¿y la productividad? Pues no. No cambia de un día para otro. Ahora ya no contamos con esas devaluaciones competitivas y estamos más focalizados en la productividad, pero hay algo que me gusta recordar: la productividad es un problema de las empresas y la competitividad de una economía es una responsabilidad de

los países. Poco competitivo puedo ser si, por ejemplo, pago la energía mucho más cara que mis competidores.

¿Qué importancia tienen las tecnologías de la información y comunicación (TICs) en los procesos productivos?

Ya lo he apuntado antes. Las TICs pueden generar cambios disruptivos y, más tarde o más temprano, sus efectos van a llegar a todos los sectores. Estamos en un contexto de cambio permanente, vinculado en buena parte a las TIC. Quizás esto del cambio continuo lo entendemos todos, pero el matiz reside en que estamos en los principios de ese cambio. Le cuento una anécdota: el otro día escuché que la tecnología 4G es más importante que el AVE. No sé si exageraban, pero bien merece una reflexión.

¿Podemos confiar todas las mejoras de productividad a la reducción de salarios?

En absoluto. De hecho, creo que somos una economía que ya no compite a base de salarios bajos. El acento debe estar en las mejoras de productividad, de la mano tanto de las tecnologías y la innovación como de la gestión, y en la defensa de la competitividad, para que como país podamos aprovechar nuestras ventajas y atenuar nuestras debilidades.

Si habláramos de medios y recortes, ¿debemos pensar que corren malos tiempos para las Cámaras?

Las Cámaras de Comercio han realizado un esfuerzo extraordinario en los tres últimos años. Los ingresos se han reducido más del 60% y hemos ajustado dos tercios de las plantillas. Todo, además, en un entorno de crisis económica. Pocas instituciones han realizado un sacrificio semejante y nos anticipamos a los cambios, para estar ahora en condiciones de prestar el servicio que se exige a las Cámaras y recuperar la estabilidad institucional. Ya estamos en forma. Lo peor ya ha pasado, ya tenemos una nueva Ley y es el momento de crear las nuevas Cámaras, volcadas en las pymes y los servicios para impulsar la competitividad, la internacionalización, la innovación, la formación profesional dual, el emprendimiento y la mediación y el arbitraje.

Con la nueva Ley de Cámaras de Comercio, ¿qué novedades se pueden encontrar con respecto a la anterior Ley?

El nuevo marco jurídico consolida la eliminación del canon obligatorio a las empresas. La pertenencia de las empresas a las nuevas Cámaras de Comercio no va a representar ninguna carga económica para éstas, que podrán acceder a sus servicios y participar en sus órganos de gobierno. Las empresas realizarán aportaciones voluntarias y pagarán por los servicios que reciban. Es un nuevo modelo que moderniza la gestión de las Cámaras y que pone el énfasis en los servicios a las empresas. Por otra parte, la Ley crea la Cámara de Comercio de España, como órgano coordinador de la red de cámaras en España y en el exterior.

¿Cuáles son sus proyectos al frente de la Cámara de Zaragoza en esta nueva etapa que se inicia con la nueva Ley de Cámaras?

Consolidar el nuevo modelo de Cámaras de Comercio para ofrecer servicios útiles para las empresas. Vamos a estar aún más cerca de las pymes. Y también va a ser fundamental la nueva Ley de Cámaras de Aragón; las comunidades autónomas tienen hasta el 31 de enero de 2015 para adaptar sus normativas a la nueva Ley de Cámaras de Comercio. Estoy convencido de que Aragón mantendrá su sensibilidad y su apoyo a estas instituciones empresariales.

¿Aragón lo tiene más fácil o más difícil para salir de la crisis?

Nadie lo tiene fácil. El entorno nacional, europeo y mundial ha cambiado, y ya nada volverá a ser fácil ni cómodo. Ese es el gran cambio, aunque tenemos unas excelentes condiciones como comunidad autónoma para salir de la crisis. Como, por cierto, hemos hecho en otras ocasiones. Para saber qué son dificultades, no hay más que preguntar a nuestros mayores. Saldremos, con esfuerzo, con mucho esfuerzo, pero estoy convencido que seremos mejores que antes.

¿Un deseo para el presente año?

Empleo. Tenemos que reducir las tasas de paro. Conocemos las consecuencias del paro, pero quizás olvidamos la raíz del problema: la ausencia de crecimiento económico. En realidad, el deseo debería ser la generación de PIB para que así pueda disminuir el desempleo. Y ya saben donde se genera el PIB...

Gracias por todo

Agotamiento de los recursos minerales de España

Guiomar Calvo

CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos)

CURRÍCULUM

- Licenciada en Geología.
- Máster en Iniciación a la Investigación en Geología por la UNIZAR.
- Máster en Ecoeficiencia y Ecología industrial por el Instituto CIRCE.
- Actualmente está cursando en CIRCE el Doctorado en Energías renovables y eficiencia energética sobre la evaluación exergética de la pérdida de capital mineral de España con una beca FPI (Formación de Personal Investigador) del Ministerio de Economía y Competitividad.

Durante millones de años, la naturaleza ha creado depósitos minerales concentrando los elementos a través de una serie de procesos geológicos. Estos depósitos sirven ahora como fuente para nuestra sociedad y su extracción conlleva una disminución de los recursos minerales disponibles. A pesar de que la corteza continental está compuesta de minerales, no es correcto decir que se trate de un recurso ilimitado, por lo tanto no debemos ni podemos considerar la Tierra como una fuente inagotable de minerales. Debido a la disminución de las leyes minerales, cada vez se tiende a profundizar más y a remover un mayor volumen de ganga para obtener las mismas cantidades de mineral. Esto requiere grandes cantidades de energía y también de agua, lo que produce incluso un mayor impacto en la naturaleza. Según la Agencia Internacional de la Energía, entre un 8% y un 10% de todo el consumo mundial de energía se dedica a la extracción de los materiales que nuestra sociedad demanda, sin contar con los procesos metalúrgicos de transporte u otras actividades.

Este problema tiene su origen principal en el consumo exponencial de recursos minerales experimentado en el último siglo. Según los datos del programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), en el siglo XX el consumo de materiales se ha multiplicado por ocho, correspondiendo la mayor parte de este aumento a los minerales más usados en construcción, como la cal, yeso, grava, arenas y también a las sales tales como la sal común y los fosfatos. En cuanto a elementos metálicos, el más utilizado es el hierro (ver Figura 1), aunque hoy en día prácticamente todos los elementos estables de la tabla periódica tienen algún uso industrial.

En 2011 el Instituto para la Información de Minerales (MII) publicó un estudio dando a conocer que un norteamericano medio necesita cada año 17 toneladas de minerales para mantener su nivel de vida, cantidad nada despreciable si se tiene en cuenta que parte de ese consumo corresponde a una serie de elementos considerados escasos (Valero, 2012). Como consecuencia de todo el consumo mundial, el ser humano ha dilapidado ya una media del 26% de las reservas de minerales disponibles, siendo el mercurio, plata, oro, estaño y arsénico aquellos cuyas reservas han disminuido de forma más drástica.

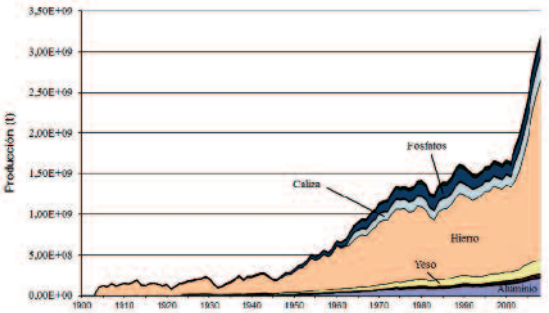


Fig. 1. Extracción acumulada mundial de minerales a lo largo del siglo XX y principios del XIX. Elaboración propia a partir de los datos del United States Geological Survey (Valero y Valero, 2014).

El agotamiento de los recursos minerales es uno de los factores más importantes a los que la humanidad va a tener que enfrentarse en las próximas décadas. Y es que el consumo de materiales, especialmente de minerales, es un elemento clave para el buen desarrollo cultural y económico de una sociedad. Los minerales están presentes en las nuevas tecnologías, los teléfonos móviles contienen importantes cantidades de elementos escasos tales como el paladio, tántalo e indio; las energías renovables, tan extendidas en la actualidad, también necesitan un suministro importante de elementos para la fabricación de paneles solares eficientes y aerogeneradores.

El agotamiento de los combustibles fósiles ha sido ya ampliamente estudiado debido a su gran importancia económica pero aunque el suministro de minerales puede llegar a ser todavía más crucial en el futuro, se han realizado muchos menos estudios y existe un mayor desconocimiento general. Conscientes de la gravedad de la situación, la Comisión Europea encargó en 2010 un estudio para definir las materias primas críticas para la Unión Europea (Critical raw materials for the EU, 2010). Dicho estudio califi-

ca de materiales críticos aquellos que presentan un alto riesgo de suministro y también los clasifica según su importancia económica. De todas las materias primas analizadas, 14 fueron consideradas críticas para la Unión Europea: antimonio, berilio, cobalto, espato flúor, galio, germanio, grafito, indio, magnesio, niobio, minerales del grupo del platino, tierras raras, tántalo y wolframio. Poco a poco más instituciones han empezado a reconocer la importancia de los minerales y cada vez van apareciendo más informes que nos dan una idea más clara de la situación actual. Aun así, es necesario encontrar criterios objetivos que nos den una idea de los costes de extracción y refinado y también mejorar la información sobre los recursos y reservas minerales disponibles.

MINERÍA EN EL S. XX EN ESPAÑA

Observando la extracción de mineral a lo largo del siglo, queda claro que en la primera mitad se extraían fundamentalmente minerales metálicos como el cobre, hierro y plomo y que con el paso de los años la industria ha dado un giro hacia una extracción más centrada en los minerales industriales y de construcción (ver Figura 2). Al ser materiales muy empleados y con un valor de mercado muy bajo, sigue siendo más rentable extraerlos cerca de donde se van a utilizar, por lo tanto no son materiales que se suelan importar ni exportar. También influye en gran medida la burbuja inmobiliaria, puesto que al aumentar la construcción de viviendas, también aumentó de forma drástica la demanda de estos minerales. Otra influencia directa en el cambio del sector extractivo es que ahora ya resulta más barato importar directamente los minerales metálicos de otros países que extraerlos en España, lo que hace que pocas minas sigan activas hoy en día. Así mismo, la mayoría de las minas españolas tienen unas leyes muy bajas y es necesaria una gran inversión para poder extraer una cantidad rentable de mineral. A pesar de todo, España sigue siendo un gran productor de algunos minerales como puede ser el caso del yeso, tercer productor a nivel mundial en 2012, detrás de China e Irán, o del feldespato, sexto productor en 2012 junto a Japón y Tailandia.

Dado que la información disponible de las cantidades de mineral extraído a lo largo del siglo XX y de las reservas disponibles es bastante limitada, se ha realizado un estudio centrado en 22 sustancias minerales (Valero et al, 2013), pero la intención es ir ampliándolo poco a poco al resto de minerales que se han extraído históricamente en nuestro país.

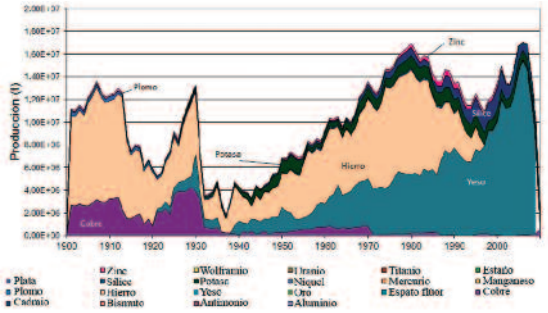


Fig. 2. Extracción mineral acumulada durante el siglo XX de España. Elaboración propia a partir de los datos de la Estadística Minera de España.
Los datos de la extracción de caliza no figuran para evitar que enmascare el resto de los datos.

Partiendo de los datos de reservas minerales disponibles, datos que por lo general datan de los años ochenta y noventa, se puede intentar estimar el porcentaje de agotamiento de dichas reservas teniendo en cuenta la extracción minera del último siglo. De acuerdo con nuestro estudio, en solo un siglo se han agotado el 45% de las reservas minerales de España, siendo el caso del mercurio el más acuciante, habiéndose agotado ya el 89% de las reservas. Este dato por sí solo parece muy alarmante pero si se tiene en cuenta que es un mineral que ya carece de aplicaciones debido a su toxicidad y para el cual no se buscan reservas nuevas, su importancia relativa queda más diluida. Otros metales que sí son más importantes para la economía son el cobre o el plomo, y en España supuestamente se habrían agotado ya el 64% y el 68% respectivamente de las reservas disponibles. Estos valores deben tomarse solo como someras aproximaciones, puesto que los datos disponibles son poco exactos ya que se han tomado como base las estimaciones de las reservas disponibles y podrían variar si se encontraran nuevas reservas o si estos datos fueran actualizados.

PÉRDIDA DE CAPITAL MINERAL ESPAÑOL EN EL AÑO 2009

Se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo de la pérdida de recursos naturales para el año 2009, para ello se han analizado los costes de reposición de las siguientes sustancias: aluminio, antimonio, bismuto, cadmio, cobre, espato flúor, oro, yeso, hierro, plomo, caliza, manganeso, mercurio, níquel, potasa, sílice, plata, estaño, titanio, uranio, wolframio y zinc.

El coste de reposición representa la energía que sería necesaria emplear para recuperar los depósitos minerales a partir de un ambiente donde todos los elementos estuvieran dispersos hasta las condiciones físicas y químicas en las que se encuentran originalmente en la naturaleza teniendo en cuenta la tecnología disponible (Valero y Valero, 2011). Este indicador, que utiliza la exergía como unidad de medida (propiedad de la segunda ley de la termodinámica), resulta adecuado para evaluar la pérdida de capital mineral dado que integra en un solo parámetro la concentración, composición y también el estado actual de la tecnología y nos permite a su vez evaluar también el esfuerzo que la naturaleza puso en juego al concentrar las sustancias en los depósitos minerales. En realidad es un coste oculto y evitado que el ser humano no debe invertir por el hecho de tener las materias primas concentradas en minas y no dispersas en la corteza. Como tal, ofrece una valoración de la pérdida de capital mineral asociada a la extracción y dispersión de las sustancias. Empleando los costes de reposición también podemos desligar los minerales de su valor económico y de la especulación monetaria, de forma que podamos disponer de una herramienta objetiva.

En 2009 los costes de reposición asociados a la extracción nacional de esos 22 minerales fueron de 39,57 Mtep, correspondiendo el 99,93% de este valor a la extracción de minerales industriales. Esta cifra

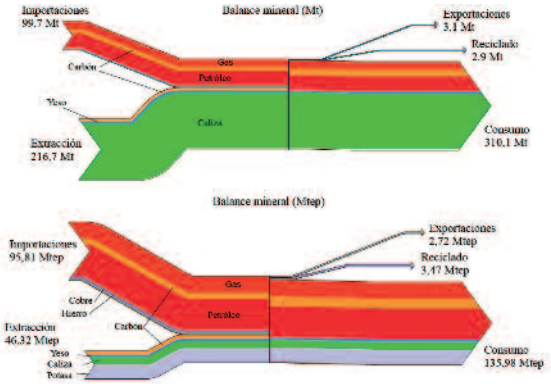


Fig. 3. Flujo de las 22 sustancias minerales consideradas y combustibles fósiles en 2009 en toneladas y en costes de reposición (Valero et al, 2013).

por sí sola no nos dice gran cosa, pero representa la energía necesaria que sería requerida para reponer los minerales dispersos y que es equivalente al consumo interno de carbón de dos años. Si a este valor le añadimos las importaciones y le restamos las exportaciones de esas mismas 22 sustancias obtenemos un valor para el coste de reposición de 98,99 Mtep, que correspondería al consumo interno de carbón de España de cuatro años. Es decir, el consumo interior de minerales importados está degradando el patrimonio mineral de los países de origen en incluso mayor medida de lo que se está haciendo en nuestro país.

Esta pérdida está fundamentalmente asociada a los combustibles fósiles, puesto que el 93% de lo que se consume en el territorio español proviene de las importaciones, concretamente ese año las importaciones de petróleo procedieron de Irán (13,7%), Rusia (13,1%) y de Libia (12,7%) entre otros países.

Este hecho se puede observar fácilmente a través de los denominados diagramas de flujos. Si representamos el flujo de materiales tanto en toneladas como en costes de reposición, podemos ver que mayoritariamente España es un país importador (ver Figura 3). También es notable el escaso impacto del reciclaje, ya que aunque grandes cantidades de aluminio, hierro y cobre se reciclan, en el cómputo global no tienen gran importancia, resaltando la relevancia de aumentar las tasas de reciclado de los minerales para evolucionar hacia un modelo más sostenible de uso de materiales.

El hecho de presentar los resultados con sus costes de reposición nos permite ver la importancia relativa de cada sustancia en el sistema considerando la calidad de los mismos. Como ya se ha comentado, con estos costes de reposición no solamente tenemos en cuenta la cantidad de material extraído, también la escasez y la ley de los minerales por lo que se pueden diferenciar materiales más y menos críticos para la sociedad.

En el diagrama que representa el flujo de materiales en toneladas, la caliza es claramente el material más extraído de todos los analizados, con casi 200 millones de toneladas extraídas en 2009. Si esta información se compara con los flujos de materiales en costes de reposición, se observa que su impacto es claramente menor y esto es debido a que la energía necesaria durante el proceso de extracción es muy baja y es un material abundante. Del mismo modo, esta forma de llevar a cabo el análisis del flujo de minerales también permite poner en evidencia sustancias cuyos niveles de extracción o importación no son comparables en toneladas con la caliza y que quedaban enmascarados en cierta forma pero que son más escasos y resultan mucho más críticos, como pueden ser los combustibles fósiles pero también el oro, la plata o la potasa, que sí se llega a ver en el gráfico.

También se puede apreciar esta diferencia, pero de forma invertida, en el caso de los combustibles fósiles.

REFLEXIONES FINALES

La mayor parte de los estudios de escasez o agotamiento de recursos naturales se centran en los combustibles fósiles pero el caso de los minerales no energéticos es todavía más preocupante. Los combustibles fósiles pueden ser reemplazados por otras fuentes de energía pero la sustitución en el caso de los minerales no es siempre posible. El aumento de la demanda, la sobreexplotación de las minas y la disminución de las leyes está cobrando cada vez una mayor importancia. Con los costes exergéticos de reposición se puede ver qué minerales son los más escasos y a la vez más importantes para la economía y saber cuáles sería más complicado reponer.

España es un país muy dependiente del comercio exterior tanto en combustibles fósiles como en minerales no energéticos, las tasas de reciclado son muy bajas y el impacto que esto genera es muy elevado. Si queremos avanzar hacia una sociedad sostenible es necesario modificar esta tendencia y buscar medidas para evitar que futuras generaciones no puedan disponer de los recursos que nos ha proporcionado la propia naturaleza.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del Proyecto de Investigación ENE2010-19834, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

BIBLIOGRAFÍA

Critical raw materials for the EU: report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. July 2010. Disponible en: <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/report-b_en.pdf> [último acceso: 24.1.2014].

Valero, A., 2012. Evaluación del agotamiento del capital mineral de la Tierra. Más allá del cambio climático. Prensas Universitarias. Universidad de Zaragoza. 124 pp.

Valero, A., Valero, A., 2011. A prediction of the exergy loss of the world's mineral reserves in the 21st century. Energy, 36, 1848-1854.

Valero, A., Valero, A., 2014. Thanatia: The destiny of the Earth's mineral resources: A thermodynamic cradle-to-cradle asessment. World Scientific Publishing. In press.

Valero, A., Valero, A., Calvo, G. y Carpintero, O., 2013. How to account for mineral depletion. The exergy and economic mineral balance of Spain as a case study. 10th International Conference of the European Society for Ecological Economics. Reims-Brussels-Lille. 17-21 de junio de 2013.

TARIFAS EN PÁGINA 25

ESPACIO DISPONIBLE PARA SU PUBLICIDAD

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS DE MINAS
Y DE GRADO EN MINAS Y ENERGÍA DE ARAGÓN

ESPACIO DISPONIBLE PARA SU PUBLICIDAD

TARIFAS EN PÁGINA 25