



# ***INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA***

## ***ANÁLISIS HIPERESPECTRAL DE CANTERAS***

*Cehegín, Murcia, 29 de junio de 2018*

## ÍNDICE

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| OBJETIVO DEL INFORME .....                                                                                 | 3  |
| PERFIL DE BÚSQUEDA.....                                                                                    | 3  |
| BASES DE DATOS DE PATENTES .....                                                                           | 3  |
| BASES DE DATOS DE REVISTAS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS .....                                                   | 4  |
| PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.....                                                                            | 4  |
| OFERTAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS .....                                                                      | 4  |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....                                                                        | 5  |
| ESPECTROSCOPIA CERCANA DE IMÁGENES HIPERSPECTRALES (distancia<br>corta) .....                              | 5  |
| ESPECTROSCOPIA DE IMAGEN HIPERSPECTRAL EN EL SUBSUELO<br>MEDIANTE ESCANEOS DE LABORATORIO O DOWNHOLE ..... | 7  |
| HERRAMIENTAS DE REGISTRO GEOFÍSICO Y DOWNHOLE .....                                                        | 8  |
| FLUORESCENCIA DE RAYOS X (XRF) .....                                                                       | 9  |
| MODELADO GEOFÍSICO Y GEOLÓGICO.....                                                                        | 9  |
| REFERENCIAS.....                                                                                           | 10 |

En Cehegín, Murcia, a 29 de junio de 2018

## 1. OBJETIVO DEL INFORME

El presente informe tiene como finalidad informar a las empresas del sector del mármol, piedra y materiales de las últimas novedades científico-tecnológicas que han sido desarrolladas en el ámbito temático del **análisis hiperspectral de canteras**. De esta forma, se logra una vectorización de la zona del material de interés, calidad de la roca y localización de las heterogeneidades en el subsuelo que condicionan la calidad de los recursos mineros y las condiciones de explotación. Se trata de identificar y extraer la información publicada en las distintas bases de datos y fuentes de información consultadas en el período comprendido entre enero y junio de 2018.

## 2. PERFIL DE BÚSQUEDA

### - BASES DE DATOS DE PATENTES

INVENES: base de datos de invenciones en español de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Con el objetivo de difundir la información tecnológica contenida en los documentos de patentes y una cobertura nacional, INVENES contiene información sobre patentes y modelos de utilidad españoles y latinoamericanos así como sobre diseños industriales españoles.

ESPACENET: Base de datos de la Oficina Europea de Patentes que proporciona acceso gratuito a más de 80 millones de documentos de patente (solicitudes,

- 3 de 10 -

patentes concedidas, traducciones, modelos de utilidad, etc.) publicados desde 1836, en más de 90 países.

#### - BASES DE DATOS DE REVISTAS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

ScienceDirect: Science Direct es una colección multidisciplinar que ofrece acceso al texto completo de más de 12 millones de artículos y a más de 59 millones de resúmenes de artículos de todos los campos de la ciencia.

ICYT: base de datos del CSIC que recoge la literatura científica contenida en publicaciones españolas de ciencia y tecnología.

#### - PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

TESEO: tesis doctorales leídas en las universidades españolas.

Tesis en Red: tesis doctorales de treinta universidades españolas a texto completo.

Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes: ofrece acceso a aquellas tesis o sobre lenguas hispánicas defendidas con éxito en cualquier país del mundo.

DART-Europe: acceso global a las tesis doctorales europeas.

OPENTHESIS

OATD: open access theses and dissertations.

CDTI: <https://www.cdti.es/index.asp?MP=7&MS=25&MN=3&IDR>

CORDIS: constituye el principal portal y repositorio público de la Comisión Europea para difundir información sobre todos los proyectos de investigación financiados por la Unión Europea y sus resultados de toda clase.

#### - OFERTAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS

SEIMED: es la parte de la Red Enterprise Europe Network que ofrece sus servicios a las pequeñas y medianas empresas de la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia.

Su objetivo es ayudar a las PYME a desarrollar su pleno potencial y su capacidad innovadora a través de la internacionalización, la transferencia de tecnología y el acceso a financiación.

## - RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Hoy en día las operaciones mineras en Europa se llevan a cabo en un complejo marco interactivo de intereses financieros, corporativos, políticos, ambientales y sociales. Estos intereses son los impulsores del cambio constante en la industria minera europea. La industria minera europea y los servicios de consultoría minera son pequeños en comparación con los actores globales de Australia, América o el sur de África. Los jugadores europeos son, sin embargo, claves en el mercado internacional y generan innovación como centros de investigación mundiales en geociencia.

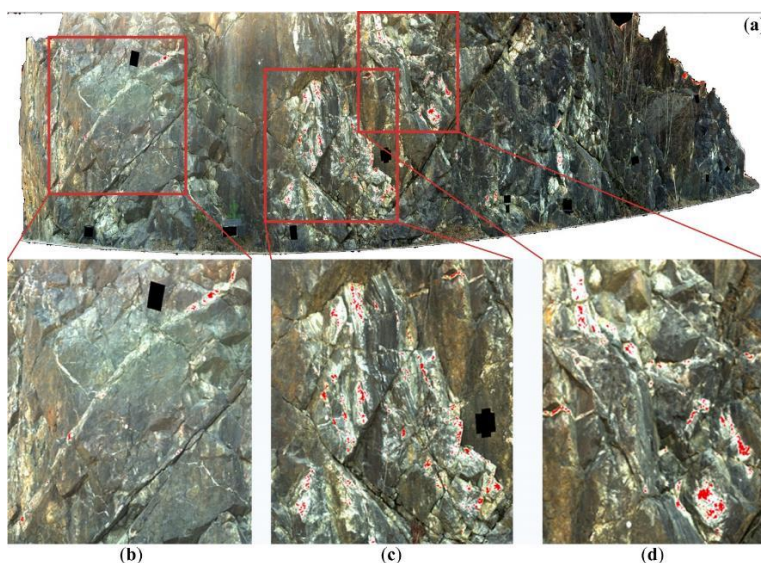
Los volátiles precios de los productos básicos en una economía global de rápida reacción están demandando el desarrollo de herramientas innovadoras en el entorno de la explotación minera para reducir los costes y reducir la huella ambiental de las operaciones mineras.

Una de las mayores innovaciones técnicas es la combinación física de la medición geoelectrónica y el enfoque de modelado para la caracterización de bloques mineros con datos hiperespectrales de campo cercano desde la superficie de la mina para lograr un modelo geofísico de bloques más robusto y detallado a través de un nuevo modelo geofísico híbrido. Este modelo híbrido detallado se puede utilizar para caracterizar los bloques de minería con mayor precisión para una vectorización de la mineralización refinada en el entorno de la explotación minera. Este enfoque reducirá el volumen de roca estéril en la mina, lo que ayuda a ahorrar costes y reduce la huella ambiental de la operación minera al mismo tiempo que el proceso extractivo se puede centrar exclusivamente en zonas de mineral de alta ley.

ESPECTROSCOPIA CERCANA DE IMÁGENES HIPERSPECTRALES (distancia corta)

La detección remota *Near Field* es un nuevo campo en la espectroscopía de imágenes, ya que solo recientemente se han utilizado escáneres que se habían utilizado previamente para adquisiciones de datos aerotransportados como Norsk Elektro Optiks HySpex, p. ej. para detectar elementos de tierras raras en el nivel de

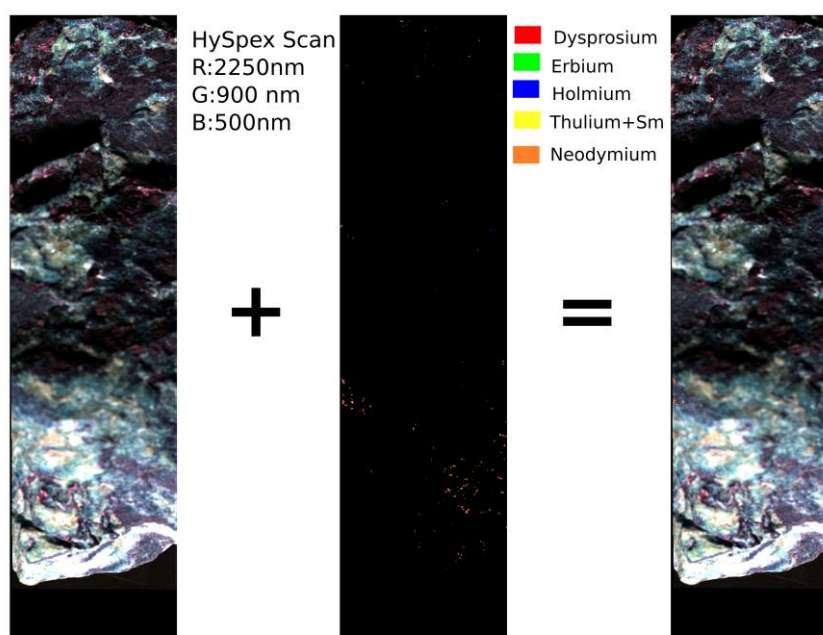
afloramiento (ver Figura 1). Sin embargo, estos espectrómetros de imágenes no están diseñados para el uso operacional en una mina activa. Solo los avances recientes en la construcción del espectrómetro de imágenes por parte del fabricante alemán de sensores Cubert, ofrecen la posibilidad de construir espectrómetros de imágenes para su uso en una mina operativa. Estos instrumentos son la base para la detección robusta de bandas de absorción específicas de elementos, p. ej. elementos de tierras raras y hierro que pueden fusionarse con los datos geofísicos.



**Figura 1: Espectroscopía de imagen de campo cercano (10-50 m de distancia) para detectar tierras raras (exploración HySPEX rotacional como RGB superpuesta con abundancia de neodimio en rojo)**

## ESPECTROSCOPIA DE IMAGEN HIPERSPECTRAL EN EL SUBSUELO MEDIANTE ESCANEOS DE LABORATORIO O DOWNHOLE

Los parámetros hiperespectrales anteriores pueden usarse luego para calibrar, p. ej. modelos de resistividad de los datos geofísicos para lograr un modelo más refinado. Los sondeos hiperespectrales de 360° calibrados según elementos y los esnaeos de laboratorio que se muestran a continuación (Figura 2) se pueden usar para perfeccionar estos modelos geofísicos híbridos y modelos geológicos. Incluso puede ser posible integrar una pequeña cámara VNIR (Visible-near Infrared) hiperespectral de Cubert (Figura 3) en las herramientas de registro ya que estas cámaras son ahora lo suficientemente pequeñas en comparación con el escáner de línea HySpex que se muestra en la figura a continuación.



**Figura 2: Espectroscopia de imágenes en el laboratorio (distancia de 30 cm) para realizar análisis de tierras raras de una muestra de roca de la mina Kiruna de LKAB**



**Figura 3: Sistema de espectrómetro de imagen Black HySpex (derecha) y Cubert UHD-185 blanco en una exploración de afloramiento**

La transición del mapeo geológico tradicional 2D a 3D (también referido al modelado 3D) es una tendencia moderna en el mapeo geológico. Esta transición, que comenzó hace aproximadamente una década, ha sido una respuesta a la creciente demanda de una comprensión más detallada y mejorada del subsuelo para abordar problemas sociales críticos (agua, captura y almacenamiento de hidrocarburos, ingeniería civil, almacenamiento de desechos radiactivos, etc.). Para cuestiones de recursos minerales, el modelado 3D se ha utilizado para realizar evaluaciones regionales e *in situ* de recursos minerales (por ejemplo, proyecto de investigación 7PM ProMine de la UE, no 228559), así como para encontrar un enfoque equilibrado para la minería y el uso de la tierra.

## HERRAMIENTAS DE REGISTRO GEOFÍSICO Y DOWNHOLE

La utilización de las herramientas de registro geofísico y downhole para la exploración mineral junto con otros métodos, como los análisis hiperespectrales, es un enfoque completamente innovador que allanará el camino hacia nuevas herramientas para el registro de núcleos y las mediciones de fondo de pozo. Estas innovaciones abordan las necesidades de identificación y evaluación de minerales en el subsuelo y mejoran la rentabilidad y la productividad de las técnicas de



extracción de materias primas al permitir el análisis inmediato de los elementos del mineral. La introducción del uso de equipos ligeros y móviles, de orificios delgados y portátiles para la exploración de materias primas mejorará la eficiencia de los esfuerzos de exploración de la industria. El desarrollo de nuevas herramientas y de las adecuadas pruebas de rendimiento son un riesgo potencial dado el desafío tecnológico.

### FLUORESCENCIA DE RAYOS X (XRF)

Institutos de investigación como el GFZ (German Research Centre for Geosciences) de Potsdam han diseñado una nueva sonda de XRF de agujero estrecho con una novedosa ventana de rayos X y una técnica de contacto de la pared del pozo. Ya se ha construido y probado una herramienta de gran diámetro en una mina de hierro australiana. Las nuevas sondas slimhole XRF estarán equipadas con nuevos sensores electrónicos y se usarán para medir contenidos de elementos (Al y más pesados) a lo largo de las paredes del pozo para comparar y equilibrar con otros datos de sensores, como hiperespectrales y LIBS (Espectroscopía de plasma inducido por láser).

### MODELADO GEOFÍSICO Y GEOLÓGICO

Otra innovación clave será la combinación de los datos hiperespectrales descritos a través de la fusión basada en la física de los datos geoelectrónicos y los parámetros hiperespectrales, p. ej. usando gradientes de hierro y resistividad en la superficie de una mina a través de integrales de superficie. Esta información puede usarse luego para un refinamiento adicional del modelo geoelectrónico (modelos de resistividad calibrada) para la recuperación de información volumétrica más precisa. Esto arrojará un modelo geofísico híbrido general, que consiste en el modelo geoelectrónico calibrado y mejorado mediante datos hiperespectrales y datos de sondeos de perforación.

## Referencias

1. Boesche, N. K.; Rogass, C.; Lubitz, C.; Brell, M.; Herrmann, S.; Mielke, C.; Tonn, S.; Appelt, O.; Altenberger, U.; Kaufmann, H. *Hyperspectral REE (Rare Earth Element) Mapping of Outcrops—Applications for Neodymium Detection*. *Remote Sens.* 2015, 7, 5160–5186.
2. Boesche, N. K.; Rogass, C.; Mielke, C.; Herrmann, S.; Körting, F.; Papenfuß, A.; Lubitz, C.; Brell, M.; Tonn, S.; Altenberger, U. *Hyperspectral Rare Earth Element Mapping of Three Outcrops at the Fen Complex, Norway: Calcitic, Dolomitic, and Ankeritic Carbonatites*. In *Rare Earths Industry Technological, Economic, and Environmental Implications*; Elsevier: International, 2015; pp. 235–267.
3. Mielke, C.; Rogass, C.; Boesche, N.; Segl, K.; Altenberger, U. *EnGeoMAP 2.0—Automated Hyperspectral Mineral Identification for the German EnMAP Space Mission*. *Remote Sens.* 2016, 8, 127.
4. Mielke, C.; Muedi, T.; Papenfuss, A.; Boesche, N. K.; Rogass, C.; Gauert, C. D. K.; Altenberger, U.; de Wit, M. J. *Multi- and hyperspectral spaceborne remote sensing of the Aggeney's base metal sulphide mineral deposit sites in the Lower Orange River region, South Africa*. *South Afr. J. Geol.* 2016, 119, 63–76.