

INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

***METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE ESTABILIDAD
EN CANTERAS DE PIEDRA NATURAL***

Cehegín, Murcia, 1 de marzo de 2021

ÍNDICE

OBJETIVO DEL INFORME	3
PERFIL DE BÚSQUEDA.....	4
BASES DE DATOS DE PATENTES	4
BASES DE DATOS DE REVISTAS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	4
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.....	4
OFERTAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS	5
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
Referencias	9

En Cehegín, Murcia, a 1 de marzo de 2021

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 de **METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE ESTABILIDAD EN CANTERAS DE PIEDRA NATURAL**. De esta forma, se logra un estudio de la geomecánica que rige el medio, detectando así las zonas conflictivas que pudieran representar un riesgo geológico que se traduce en riesgo para las personas y pérdidas económicas. Gracias a una visión en 3D del yacimiento, es posible realizar una planificación de explotación eficiente y segura. Muchas compañías mineras realizan inversiones económicas para la ejecución de estudios geotécnicos, con el fin de obtener un monitoreo del comportamiento geomecánico del yacimiento explotado que les permita detectar la existencia de masas de roca inestables generadas por la existencia de discontinuidades, garantizando así la seguridad de las personas, equipos y reducción de pérdidas económicas. Sin embargo, no importa cuán preciso sea dicho monitoreo, ya que la información extraída de éste solo ofrece información de lo que sucede en ese momento concreto, pero no lo que sucederá en un futuro. 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 diciembre de 2020.

- 3 de 9 -

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, 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

Actualmente, con el avance en el desarrollo de modernos equipos portátiles de registro sísmico para la adquisición de datos con mayor velocidad y con mayor capacidad de almacenamiento de datos, ha sido posible la adaptación de esta metodología para su aplicación en estudios de estructuras superficiales, en el ámbito de la ingeniería y la geotecnia.

Las restricciones al uso de fuentes explosivas en España limitan la capacidad de penetración que estos métodos poseen. En aplicaciones de ingeniería civil se emplea como fuente sísmica una maza de mano o un pequeño vibrador que reduce la capacidad de penetración a unas pocas decenas de metros. Por otro lado, los equipos que se emplean están compuestos por sensores (geófonos) que se conectan a través de una línea de transmisión de datos a un sismógrafo multicanal

- 5 de 9 -

que recopila la información de interés. Esto supone una limitación en cuanto a la distancia máxima de los experimentos, que a su vez repercute en la capacidad de penetración de los ensayos.

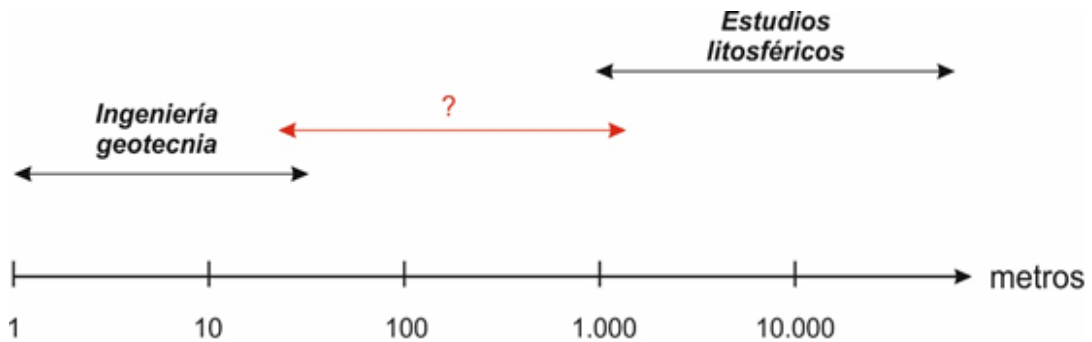


Figura. Rango de profundidades de investigación en aplicaciones someras y profundas.

La figura anterior muestra la escala de profundidad que abarcan los estudios sísmicos que se realizan actualmente en ingeniería y geotecnia en general, que abarca hasta los 50-60 metros de profundidad, aproximadamente y, por otro lado, los estudios litosféricos que cubren el rango de profundidades entre 1.000 metros y el centro de la Tierra empleando tanto fuentes activas (detonaciones) como pasivas (terremotos).

En este estudio se va a adaptar de forma novedosa para esta técnica sísmica y para el estudio de un yacimiento de roca ornamental la tecnología existente, mediante la combinación de sensores de pequeña escala (geófonos), de gran escala (estaciones sísmicas) y detonaciones para cubrir el espectro de profundidades que habitualmente queda si estudiar (entre 50 y 1.000 de profundidad) y que es de gran interés en proyectos de interés económico (explotaciones mineras) y social (infraestructuras relevantes como son los túneles profundos, la geotermia o la captura de CO₂).

En este proyecto se pretende adaptar la infraestructura disponible y la metodología aplicada en los estudios sobre la estructura de la Litósfera para aplicaciones en el ámbito de la minería, canteras y obras civiles, como la construcción de túneles y galerías subterráneas. Para ello, es necesario realizar un diseño específico para cada problema concreto a resolver. Ello implica, un diseño de la fuente generadora de la energía elástica, un despliegue de un elevado número de sistemas de registro sísmico y la selección adecuada de la razón de muestreo y de la frecuencia propia

de cada sensor sísmico. Este desarrollo representa una novedad en la metodología de adquisición de datos en sísmica de refracción, a fin de que pueda ser aplicada en otros estudios posteriores.

También es novedoso el empleo de las distintas voladuras con muchos kilos de explosivo utilizadas para arrancar el estéril que está sobre la capa para la generación de la energía necesaria para realizar los estudios sísmicos del yacimiento, lo que supone un ahorro importante tanto económico como legal ya que en estos estudios sin canteras cerca sería imposible realizar estas voladuras tan potentes. Esta innovación tendrá relevancia nacional e internacional.

El proyecto que se pretende desarrollar está basado en una metodología que, por sus características, se ha aplicado en entornos de investigación a escala cortical. Por ello, la mayor parte de los estudios realizados han tenido lugar en entornos universitarios, o de centros dedicados a la investigación de la estructura de la Tierra con objetivos a escala litosférica. Actualmente, en este nuevo proyecto que aquí se presenta, se pretende adaptar esta metodología para su aplicación industrial en entornos empresariales, facilitando una transferencia importante de conocimientos entre centros de investigación científica y la empresa.

El ensayo de Down-Hole profundo no se ha realizado nunca en España. En este proyecto supone la obtención de información de parámetros geotécnicos y de calidad de la roca imposibles de obtener por los métodos tradicionales dada la complejidad del yacimiento estudiado. Esta utilización supone aplicar una técnica nunca antes aplicada en este tipo de sondeos y la obtención de resultados que no se pueden obtener de otra forma.

En la modelización del yacimiento es fundamental la información capturada por los métodos geofísicos para la generación de modelos de reservas y así generar los datos de entrada necesarios para la planificación de los bloques mineros, contornos y dependencias de los bloques. En todo momento se muestra cual es la información relevante en cada tarea y esto no interfiere en la visualización 3D de la cantera. Una vez que ha finalizado el proceso se obtienen los datos de la planificación y se pueden generar diferentes conjuntos de datos que pueden ser seleccionados de forma diferente durante la planificación.

También se obtiene el diseño de las cortas y escombreras, incluyendo las bermas, bancos y rampas. Puede generar proyecciones de forma automática utilizando los ángulos de inclinación (rosetas) o los valores de los modelos de bloques. También se hace la evaluación volumétrica y cuantitativa de los diseños de corta y

escombreras, así como la planificación y combinación del material a partir de múltiples fuentes las cuales respetan las operaciones, limitaciones de la carga y los objetivos de producción. Se define una detallada red de transporte de material y el cálculo del tiempo del ciclo. Además, tiene herramientas para el diseño de los contornos de voladura y usa formas en 2D para la evaluación y planificación, así como el diseño de las voladuras y perforaciones en la corta. Permite la distribución de la maquinaria y planificación de la misma de forma interactiva. Permite la creación de rutinas de optimización.

El principal beneficio es que se van a disponer de las herramientas necesarias para el ingeniero de planificación de una cantera de roca ornamental en un único software y proceso, así como el máximo uso de la automatización, permitiendo al usuario producir rápidamente diseños y programaciones de alta calidad, los cuales cumplen con los objetivos del negocio definidos y valorados en el plan estratégico. Con esto se pretende sintetizar en un solo proceso y programa toda la evaluación de un proyecto minero o como en este proyecto evaluar el cambio de un sistema productivo tradicional a uno nuevo basado en nuevas tecnologías y procesos que en la actualidad en este sector no se realiza ni se utilizan.

La realización de este proyecto supone la viabilidad o no de la explotación debido a las características actuales del yacimiento. Este proyecto supone encontrar, crear o adaptar un sistema de explotación para esta explotación que se fundamente en que la actividad económica perdure en el tiempo y en que medioambientalmente haya un beneficio sensible.

Con la utilización de esta metodología en su conjunto se pretende obtener un modelo tridimensional del yacimiento, donde el grado de conocimiento sea el máximo que va a permitir la utilización de programas de análisis de datos que hagan ésta una explotación en el futuro de forma racional y sostenible. Conociendo la estructura que aportan las dos fases de sísmica, permite una optimización de los recursos y evaluar por donde, como y en qué tiempo, abordar la explotación.

También traerá como resultado una evaluación del cambio del sistema productivo que va a permitir decidir sobre cuál es el más adecuado para las características de la zona y evaluar tanto sus costes de puesta en marcha como su mantenimiento.

Referencias

1. Arias, J.M., Riera, M. y Velasco, P.: Metodología de dimensionamiento de taludes en macizos rocosos competentes. Aplicación a los desmontes Pk 2+400 y PK 2+550 de la carretera general 3, Andorra, Zona de Pont-Plá. Inédito, libro de 177 a 187.
2. Barton, N. (1995). "The influence of joint properties in modelling jointed rock masses" 8th Congress of the International Society of Rock Mechanics, Vol. 3. Tokyo 1995.
3. Carbó-Gorosabel, A., Córdoba-Barba, D., Martín-Dávila, J., Granja-Bruña, J.L., Llanes, P. y Muñoz-Martín, A.: Exploring Active Tectonics in the Dominican Republic. EOS, Vol. 91, No. 30, 27 July 2010.
4. Documentación del PERC PAN-EUROPEAN RESERVES & RESOURCES REPORTING COMMITTEE.
5. Itasca (1998). "3DEC, 3 Dimension Distinct Element Code" Ver. 2.0; Itasca Consulting Group Inc. Minneapolis, Minnesota.
6. Núñez, D., Córdoba, D., Pazos, A. y Cotilla, M.O.: Modeling the crust and upper mantle in northern Beata Ridge (CARIBE NORTE Project). Pure Appl. Geophys. 173 (2016), 1639-1661. DOI 10.1007/s00024-015-1180-0.
7. Proyecto europeo del séptimo programa marco www.sustamining.eu.