

APARIO, INNOVACIÓN APLICADA A LA EXPLOTACIÓN DE CANTERAS. ÁRIDOS PARA UNA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

APARIO, INNOVATION APPLIED TO QUARRYING.
AGGREGATES FOR A SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Recibido: 19/02/07

Aceptado: 26/03/07

Pedro de Andrés Sáez

Ingeniero de Minas

Cementos Leona

Jesús Javier Isasi Irastorza

Ingeniero Industrial

Ingeniero Técnico de Minas

Tecami Ofitas

Cementos Leona

RESUMEN

El sector de la Construcción demandó en 2006 más de 480 millones de toneladas de áridos, el segundo producto más consumido después del agua. En el País Vasco, que consumió, en 2006, 17 millones de toneladas, las reservas explotables de 320 millones, se podrían agotar en 2025. **Cementos Leona, del Grupo Cementos Portland Valderrivas** afrontan este reto aplicando en la explotación de sus recursos naturales soluciones de Ingeniería innovadoras, rentables y respetuosas con el medio ambiente.

Palabras clave: *Raise-Boring*, caliza, banqueo descendente, pozo-túnel, cámaras y pilares, explotación descendente, proyecto piloto, alimentador blindado, machacadora horizontal, explotación de áridos, explotación subterránea.

ABSTRACT

Construction demanded in 2006 more than 480 million tons of aggregates, the second more consumed product after the water. In the Basque Country, that consumed, in 2006, 17 million tons, the available reserves of 320 million, could be exhausted in 2025. **Cementos Leona, shared by Cements Portland Valderrivas Group**, faces this challenge applying in the mining of their natural resources, innovating, profitable and envi-

ronmental awarding solutions of Engineering.

Key words: *Raise-Boring*, limestone, descendent benching, shaft-tunnel, rooms and pillars, experimental project, armoured feeder, horizontal crusher, aggregate quarry, underground quarry.

1.- INTRODUCCIÓN

El sector de la Construcción consumió en España en 2006 más de 480 millones de toneladas, 10,7 toneladas por persona, siendo el segundo producto más consumido después del agua.

El consumo total de áridos en los diferentes sectores se estima que habrá superado los 550 millones, siendo España el segundo país europeo después de Alemania.

En el País Vasco, que consumió en 2006 17 millones de toneladas, se alcanzaron las 7,8 toneladas por persona y año. Con reservas explotables de 320 millones, se podrían agotar en 2025.

Cementos Leona, afronta este reto sobre la base de un desarrollo sostenible que exige de todos, iniciativa privada y Administraciones Públicas, propuestas técnicas viables, rentables y respetuosas con el medio ambiente.

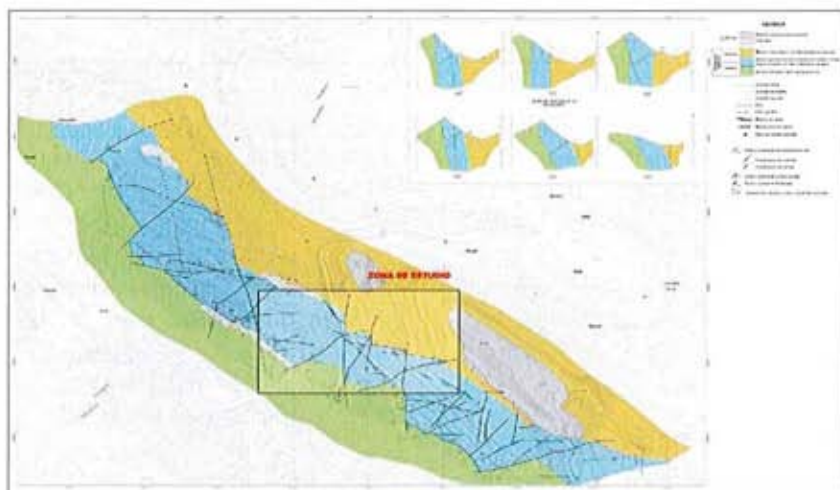
2.- LA CANTERA DE APARIO

Esta cantera explota un yacimiento de roca caliza urgoniana, localizado a 15 km al S. E. de Bilbao, en los términos municipales de Lemona, Igorre y Bedia. Las instalaciones se hallan junto a importantes vías de comunicación.

La nueva fase de ampliación de la cantera explotará el yacimiento a cielo abierto por banqueo descendente, al tiempo que incorporará un novedoso sistema de pozo-túnel, con trituración primaria en la propia infraestructura. También está previsto combinar la extracción a cielo abierto con una explotación subterránea mediante el método de grandes cámaras y pilares.



Foto de la galería principal en la cota 195 m



Geología del yacimiento de Apario.

Con el objetivo de estudiar la viabilidad de este sistema, se están desarrollando dos cámaras piloto.

La cantera tiene una capacidad de producción anual, en torno al millón de toneladas. Los áridos calizos producidos son usados principalmente para la fabricación de mezclas bituminosas, hormigones, prefabricados, morteros, etc. dentro de la construcción y obra civil, además de su uso como materia prima en la fabricación de cemento. Disponen de la marca CE e incluso, en ciertas fracciones granulométricas, la marca N, de **AENOR**. Debido a su excelente calidad son consumidos en las obras más emblemáticas de Bizkaia, donde gozan de reconocido prestigio por su calidad.

El yacimiento de Apario está constituido por una barra de calizas urgonianas (Cretácico inferior) de unos 120 a 150 m de potencia, que se dispone de forma casi vertical y siguiendo una dirección Este-Oeste, a lo largo de unos 2.500 m. Esta barra de calizas conforma una alineación de cumbres, elongada según la dirección ONO-ESE y con una amplitud de relieve que va de los 100 msnm. en las actuales instalaciones de la cantera de Apario, hasta los 412 msnm (metros sobre el nivel del mar) que marca la Peña de Apario.

Desde el punto de vista geológico, las calizas de Apario quedan englobadas en el cortejo de materiales arrecifales y pararrecifales que conforman el Complejo Urganiano (Cretácico inferior-medio) de la cuenca Vasco-Cantábrica.

3.- INSTALACIÓN ACTUAL

La instalación de trituración y clasificación de la cantera comenzó a funcionar en 1997.

El proceso productivo actual comienza tras el vertido a la tolva primaria, situada en la plaza de cantera, del mineral previamente volado en los bancos de la explotación mediante camiones extraviales. De la trituración primaria se encarga una machacadora de mandíbulas de simple efecto, modelo MS60 de 250 kW. A continuación se realiza un cribado posterior al triturado primario del que se obtiene una fracción fina que sirve como materia prima en la fábrica de cemento cercana de **Lemona Industrial** y que dispone de un sistema automático de carga sobre camión. El tamaño de corte de esta fracción se establece en función de las necesidades del proceso productivo de la fábrica.

La fracción gruesa del postcribado se almacena en un almacenamiento previo de regulación que alimenta al molino impactor de eje horizontal, modelo TC 14 de 315 kW, que realiza la trituración secundaria.

Posteriormente se realiza el cribado y ensilado automático de los áridos clasificados en ocho silos, que permiten la carga automática de los camiones que transportan del mineral al cliente final.

La instalación cuenta, además, con un molino impactor de eje vertical, modelo *Mag Impact 2400* de 320 kW que realiza la conminución mollienda fina / trituración terciaria de los

tamaños no vendibles o que se deseen retriturar.

La instalación posee cerramientos, aspiración mediante filtros de mangas, capotaje de bandas transportadoras y sistemas de supresión de polvo por vía húmeda que permiten minimizar en todo momento las emisiones de polvo.

Desde los silos se puede alimentar de manera continua a la instalación de fabricación de hormigón, adyacente a la instalación de beneficio y, de manera discontinua, mediante camión, a la instalación de fabricación de morteros ubicada en las proximidades de las dos anteriores.

En la cantera de Apario, el **Grupo Cementos Portland Valderrivas** ha acometido un nuevo proyecto de explotación vanguardista e innovador que incluye un nuevo diseño de las labores a cielo abierto con transporte de mineral por gravedad mediante un conjunto de galería y *Raise Boring* y, simultáneamente aprovechando infraestructuras conjuntas, el desarrollo de una mina de interior para la realización de una evaluación de viabilidad técnico económica real de una cantera subterránea de áridos calizos para el actual mercado de la construcción.

Las actuaciones en la cantera han sido desarrolladas por **Lemona Industrial**, como propietaria, y por **Tecamí Ofitas** como explotadora de estos recursos, dentro del Grupo Cementos Lemona.

4.- SISTEMA POZO-TÚNEL

El transporte de mineral por gravedad mediante un sistema compuesto por un pozo y una galería es un viejo conocido de la minería. No obstante, es prácticamente desconocido en el laboreo a cielo abierto en las canteras españolas.

Consta de un pozo vertical o con elevada pendiente, excavado en la roca y que desemboca en su extremo inferior en una galería o cámara. El sistema de funcionamiento es muy sencillo: el mineral a transportar se vierte por su extremo superior y, por acción de la gravedad, alcanza el extremo inferior.

La ventaja de este sistema simple de funcionamiento radica en la posi-

bilidad de transportar grandes cantidades de mineral, salvando elevados desniveles y, además, prescindiendo de equipos móviles o cintas transportadoras.

Su uso en explotaciones a cielo abierto, además, conlleva las ventajas de la eliminación de pistas de acarreo largas y de elevada pendiente en canteras situadas en zonas de difícil orografía así como del impacto visual y medioambiental que conllevan.

También se eliminan las emisiones de polvo y CO₂ a la atmósfera ocasionadas por el tráfico de vehículos pesados de transporte y, fundamentalmente, permite una explotación descendente en la que sólo hace falta disponer de un único banco de producción pudiendo, a la vez, dejar completamente restaurados los bancos superiores terminados.

El sistema de excavación del *Raise Boring* consiste en la perforación

de un sondeo piloto que alcanza la galería previamente excavada. Posteriormente se acopla a la sarta de perforación una cabeza escariadora de igual diámetro que el requerido para el pozo. Por último, se eleva la cabeza, que, debido a la fuerza de elevación y par de giro al que está sometida, produce el escariado de la roca.

El detritus cae por gravedad a la galería desde donde puede ser evacuado.

5.- MINERÍA DE INTERIOR

La minería de interior de gran producción es sobradamente conocida. Existen numerosos métodos de explotación subterráneos en función del tipo y las características del yacimiento: profundidad, volumen a extraer, etc.

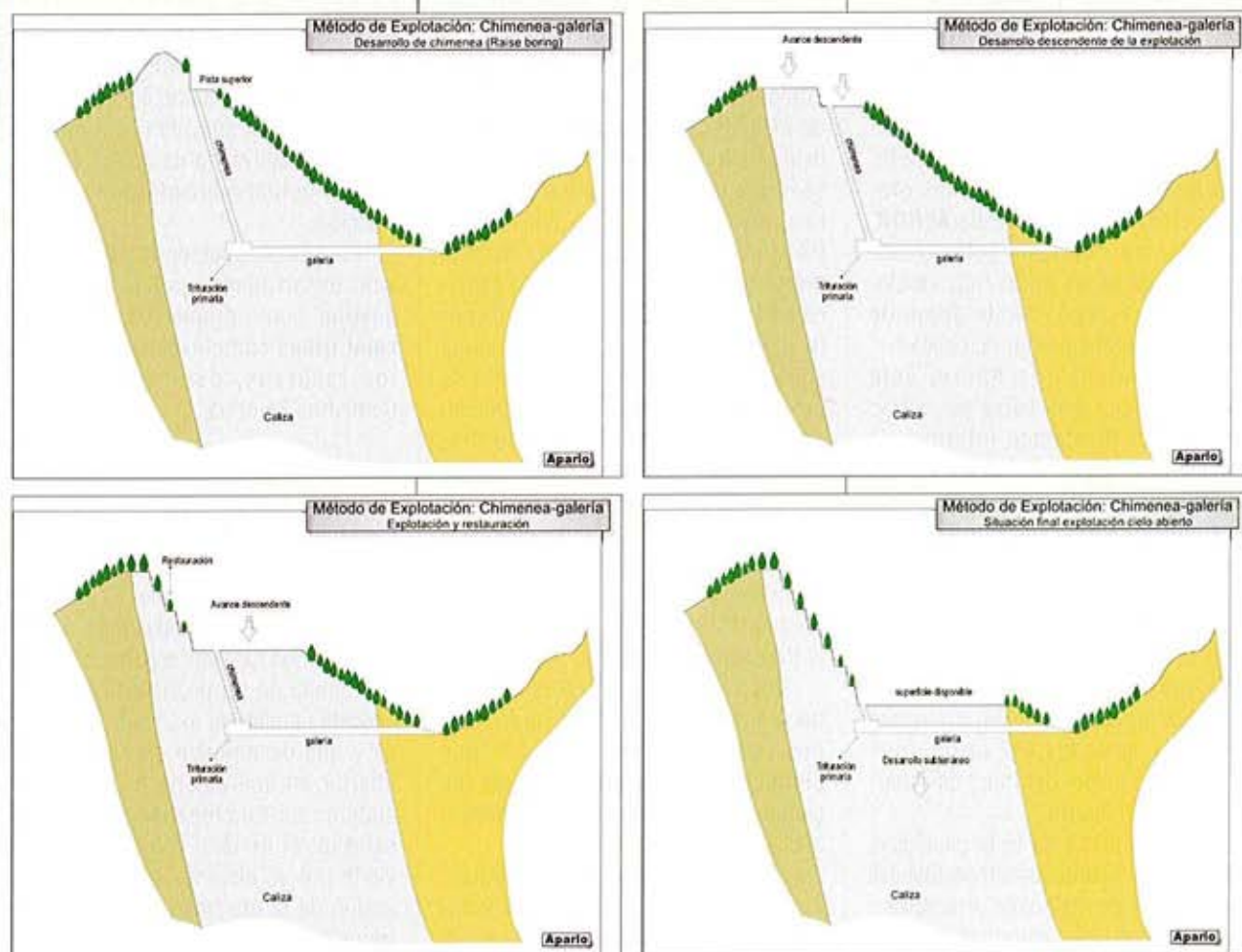
Hasta la fecha, su aplicación para la extracción de áridos se ha visto imposibilitada debido al bajo precio de

venta de dicha materia prima en el mercado actual en relación a sus más altos costes de explotación.

No obstante, debido a la situación actual de alarmante escasez de reservas, del aumento considerable de las distancias de transporte a los centros de consumo, de existencia de fuertes restricciones medioambientales y de aumento significativo del precio de venta del árido, se está llegando a un escenario que nos aproxima al umbral de rentabilidad de las explotaciones subterráneas.

Las ventajas medioambientales, económicas y estratégicas de las futuras explotaciones subterráneas no ofrecen lugar a duda. Como ejemplo, las más importantes a resaltar son las siguientes:

Solución al problema de escasez de reservas, mínima necesidad de uso de suelo, posibilidad de reducir drásticamente las distancias de trans-



Secuencia explicativa del funcionamiento del sistema pozo túnel

porte a los mayores centros de consumo, eliminación total de las emisiones de polvo y ruido, eliminación total del impacto visual, eliminación de los costes de restauración y posibilidad de aprovechamiento de las estructuras subterráneas generadas.

En la cantera de Apario, **Cementos Lemona** está acometiendo un proyecto piloto de explotación subterránea mediante cámaras vacías que responderá definitivamente a la pregunta sobre la cercanía a la que estamos del umbral de rentabilidad de estas explotaciones o si, definitivamente, lo hemos alcanzado y, por tanto, nos situamos ante el comienzo de una nueva visión de las canteras de áridos en mercados de gran consumo.

La apuesta por la constante innovación técnica, respeto medioambiental y desarrollo sostenible del Grupo **Cementos Portland Valderriivas** y de **Cementos Lemona**, ha permitido la posibilidad de realización de este proyecto que se adelanta a su tiempo y que coloca a estas empresas a la cabeza del sector extractivo para el mercado nacional de áridos.

6.- HISTORIA DEL PROYECTO

El proyecto arranca con la presentación y posterior aprobación por la Administración en 2004 de dos ambiciosos planes de explotación y de restauración de la cantera de Apario, que ya estaba produciendo desde 1997 con banqueo ascendente, vertido y pista general de transporte.

En dicho plan de explotación, se planteó la instalación de un sistema de transporte por gravedad pozo-túnel para eliminar el vertido de material y el acarreo con pista de transporte.

Asimismo, y de manera conjunta con la explotación a cielo abierto de la cantera, se planteó la apertura, en el mismo yacimiento, de una mina subterránea que comenzara con la apertura de dos cámaras iniciales para comprobar el correcto diseño del proyecto y evaluar técnica y económicamente la viabilidad de este laboreo subterráneo de la caliza. El proyecto de cantera subterránea, permitió, en una primera fase de la misma, ampliar las reservas de la explotación en

más de nueve millones de toneladas que podrían ser perfectamente incrementadas en un futuro por las características del yacimiento.

Ambas infraestructuras (Pozo túnel y mina subterránea) poseen elementos comunes que han permitido un importante ahorro económico en comparación con un diseño y ejecución por separado.

Una vez terminadas las labores de preparación de los accesos e infraestructuras de la cantera, las obras dieron comienzo en febrero de 2006 previéndose una duración de un año.

Las obras más importantes realizadas han sido:

- Excavación de un pozo de 154 m de largo y 4,4 m de diámetro de largo mediante el sistema *Raise Boring* para el transporte del material volado por gravedad.

- Excavación de una galería de 269 m de longitud y de 58 m² de sección, situada en la cota 195 m. En el final de la galería se excavó un anchurón para la colocación de la instalación de trituración primaria bajo el *Raise Boring* anterior. A través de ella se extraerá el triturado primario mediante cintas transportadoras a las instalaciones de molienda y clasificación. Esta galería, además, sirve como acceso para el primer nivel de perforación de las cámaras subterráneas

- Excavación de una galería de 211 m de longitud y de 27 m² de sección, situada en la cota 165 m. Esta galería es el acceso a un segundo nivel de perforación y, dentro del sistema de ventilación proyectado, se utilizará para la extracción del aire viciado de las labores subterráneas mediante ventiladores aspirantes.

- Excavación de una galería de 342 m de longitud y de 58 m² de sección que sirve de acceso a las zonas de carga del material volado en las cámaras de la explotación subterránea y para su extracción mediante volquetes a la instalación de trituración primaria existente.

- Excavación de un pozo de 60 m de largo y 2,3 metros de diámetro que conecta las galerías de los tres niveles como salida de emergencia.

Además de estas infraestructuras principales, se han realizado la prepara-

ción de las plataformas de perforación, recortes de carga y tolvas de las dos cámaras piloto de la mina subterránea como labores previas a su explotación.

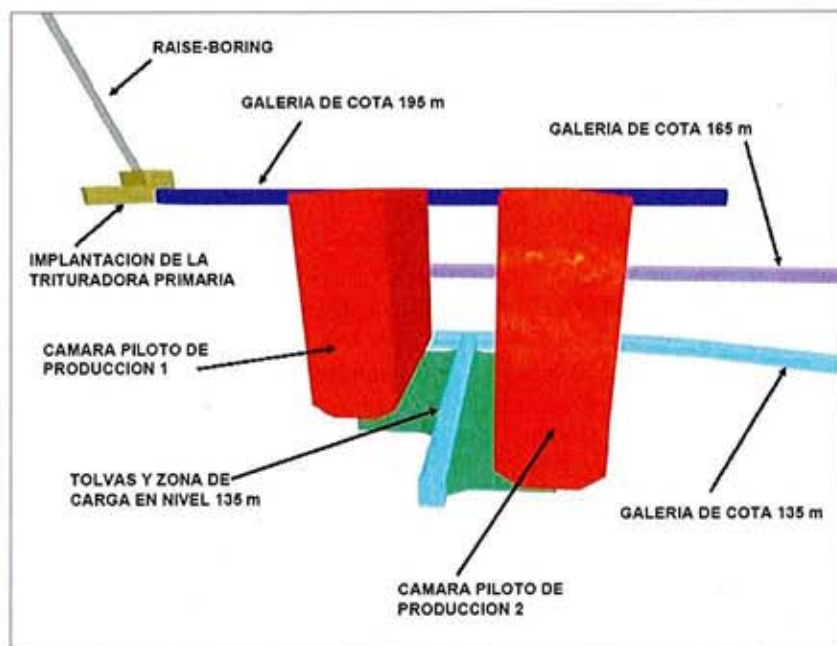
7.- NUEVOS PROCESOS PRODUCTIVOS

El proceso productivo con la nueva explotación a cielo abierto comenzará con una voladura convencional. Posteriormente, el mineral volado se cargará y transportará mediante volquete horizontalmente a través de la berma de los propios bancos de la cantera hasta la boca superior del pozo. El material vertido se transporta por gravedad en su interior. El ahorro de gasóleo esperado al prescindir del transporte mediante volquetes en la cantera se ha cifrado en más de 150.000 litros al año.

Debajo del *Raise Boring*, y dentro de la galería excavada, se encuentra un alimentador blindado de minería de 150 kW, que extrae el material en la vertical del pozo y bajo el propio cono que forma el mismo. Este cono es accesible con pala cargadora en caso de atasco o avería en las instalaciones posteriores y, de esta manera, se prescinde de la necesidad del *by-pass* en las instalaciones que cuentan con tolva primaria. Un detector de microondas asegurará un nivel mínimo de material sobre el alimentador.

La voladura con bloques de hasta 1.500 mm llega hasta una machacadora horizontal de 305 kW, que tritura el material hasta un tamaño máximo de 250 mm transportable por cinta. El diseño innovador de la trituración primaria ha permitido eliminar la necesidad de excavación y sostenimiento de una gran cámara, de la tolva de recepción y prácticamente, de toda obra civil.

La extracción del mineral triturado se realiza por cinta hasta el exterior del túnel donde se realizará un post-cribado y ensilado automático con carga de camiones de los finos de voladura, como materia prima para la fábrica de cemento. Por último, otra cinta se encarga del transporte de la fracción gruesa hasta el actual *prestock*, desde donde se alimenta a la instalación de molienda y clasificación existente.



Simulación por ordenador de las infraestructuras subterráneas

Todas las cintas exteriores están capotadas y, además, la que alimenta al *prestock* con una longitud de 470 m y un desnivel negativo de 60 m, generará más de 250.000 kWh de energía eléctrica anualmente, que será aprovechada en el resto de la instalación.

Por otro lado, el proceso de explotación de las cámaras piloto comenzará con la apertura de los bancos mediante pozos. Una vez abiertos, comenzará el banqueo de producción en retirada hacia el acceso a las cámaras, con perforaciones verticales de 30 metros. El material volado caerá por gravedad hacia las tolvas naturales excavadas en el nivel inferior de cota 135 de las infraestructuras subterráneas donde una pala de ruedas extraerá el material y lo cargará sobre camiones (*dumppers*). La zona de carga se ha diseñado para permitir el uso de maquinaria convencional.

El material volado se transportará hasta la instalación de trituración primaria existente. En la explotación de las dos cámaras piloto se extraerán más de 500.000 t de mineral calizo.

8.- CONCLUSIONES

Puede afirmarse que, en los nuevos proyectos de explotación de la cantera de Apario, el Grupo Cementos Por-

land Valderrivas y Cementos Lemo-na han empleado los conocimientos técnicos mas avanzados disponibles en diseño minero, infraestructuras y maquinaria con el objetivo de alcanzar las más altas cotas de compromiso medioambiental con nuestra sociedad, aunando procesos más modernos, económicos, eficientes y respetuosos que, a la vez, plantean soluciones ingeniosas a la cada vez mayor escasez de recursos explotables.

Este proyecto ha merecido ser subvencionado por los programas de fomento a la minería y preservación medioambientales del Ministerio de Industria Comercio y Turismo y de la Consejería de Industria del Gobierno Vasco.

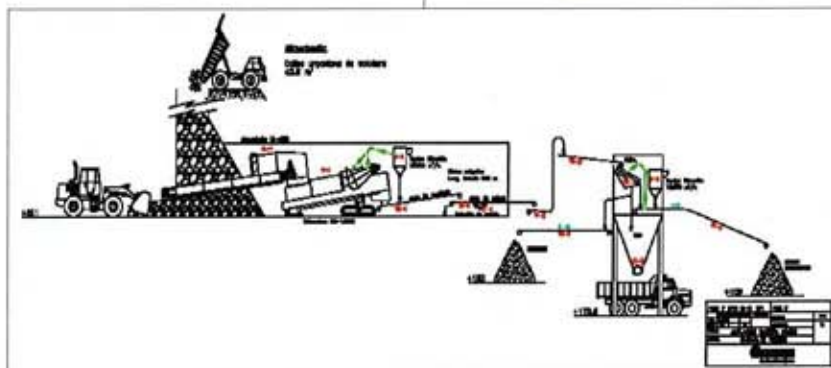


Diagrama del proceso de la nueva explotación a cielo abierto.

9.- BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- GERTSCH, Richard E.; BU-LLOCK, Richard L. *Techniques in Underground Mining: Selection From Underground Mining Methods Handbook*. 1ª Edición. EE.UU. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME). 1998. ISBN: 0-87335-163-0.

- RAMIREZ OYANGUREN, Pedro ; IAIN HUERTA, Ricardo ; GUTIERREZ ABELIA, Antonio; GOMEZ DE LAS HERAS, Jesús. *Mecánica de Rocas aplicada a la minería metálica subterránea*. 1ª Edición. Madrid, España. Instituto Tecnológico Geominero de España. 1991. ISBN: 84-7840-073-7.

- Autores varios. I Congreso Nacional de áridos. Zaragoza 2006. Ponencias y trabajos. *Los áridos: un reto para el siglo XXI*. 1ª Edición. Editorial: Fuego Editores y Anefa. 2006. ISBN: 84-923128-9-0.

- HUSTRULID, William A.; BU-LLOCK, Richard L. *Underground Mining Methods*. EE.UU. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME). 2001. ISBN: 0-87335-193-2.

- CUMMINS, A.B.; GIVEN, I.A. *SME Mining Engineering Handbook*. Editor: HARTMAN, Howard L. 2ª Edición. EE.UU. 1992. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME). ISBN: 0873351002.

ARTÍCULOS DE REVISTAS

- CIAN, P. *Transfert de production d'une carrière à ciel ouvert en carrière souterraine*. *Ciments, bétons, plâtres, chaux*. Sept.-octubre 2001. nº 851.pp 308 - 311. ■