

EXPLOTACIÓN SOSTENIBLE DE CANTERAS Y MINAS

I+D+I

LKS ha realizado una importante inversión y apuesta por investigar, desarrollar y perfeccionar en el sector de las canteras y explotaciones mineras, ofreciendo al mercado una serie de servicios y un método de explotación mediante chimenea y galería que permite grandes mejoras ambientales, económicas y de seguridad al realizar una explotación de forma descendente, aprovechando la gravedad y el transporte vertical subterráneo, ahorrando viajes de volquetes mineros por largas pistas y con las elevadas mejoras de impacto ambiental que la explotación descendente plantea.

JAVIER BIENZOBAS

Ingeniero de Minas

Director Proyecto LKS Ingeniería S.Coop.

DIEGO MAZA

Doctor en Físicas

Director del Instituto de Física de la Universidad de Navarra



Explotación por chimenea - galería en Canteras de Alaiz, S.A. Proyecto de Ejecución y Dirección de Obra de LKS

LKS es un grupo empresarial de referencia en el ámbito de los servicios profesionales a empresas e instituciones, con más de 40 años de experiencia. LKS es hoy una firma internacional formada por dos sociedades cooperativas y una veintena de empresas participadas, que desarrolla su actividad en más de 20 países, estando integrada por más de 1.000 personas.

Forma parte, desde su nacimiento, de la Corporación Mondragón, grupo empresarial que compagina los objetivos de una organización empresarial competitiva, con unos valores basados en la cooperación, la participación, la responsabilidad social y la innovación. Organiza su actividad en

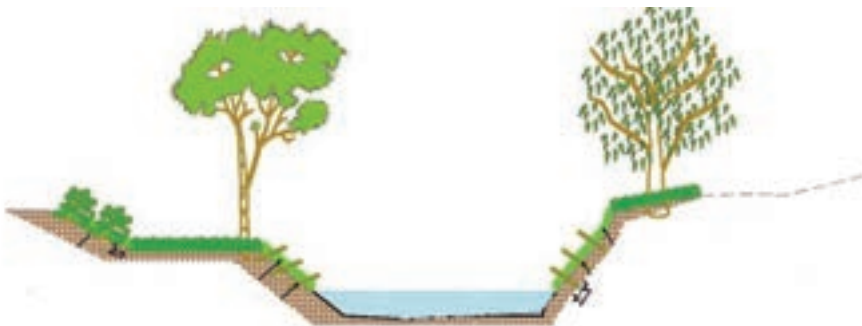
dos ámbitos como la consultoría inmobiliaria, el urbanismo, la ingeniería civil, el paisajismo, la movilidad, la arquitectura, la edificación industrial y logística, la construcción llave en mano, la consultoría energética, la rehabilitación eficiente, las soluciones para el patrimonio cultural, o el diseño y la innovación.

LKS ha convertido la sostenibilidad como eje central de su actividad, añadiendo a nuestro compromiso cooperativista por el desarrollo social y económico la dimensión ambiental.

Hace más de una década que LKS realiza labores en el ámbito de explotación de áridos, caminando de la mano con otras áreas de actividad complementaria como el paisajismo o la plani-

Galería con transporte en continuo y después de sus primeras experiencias, vio la necesidad de dotar a este Sistema de Explotación de Tecnología, realizando un adecuado programa de I+D+i junto con las Universidades y Centros Tecnológicos, siendo en estos momentos punteros en su tecnología a nivel mundial.

Por otra parte nos presentamos con otras líneas como la utilización de minería subterránea para la explotación de canteras, solo en casos muy singulares, y la Rehabilitación y Revalorización de Espacios Mineros, con muchas sinergias con LKS Paisajismo, donde se aborda la planificación, conservación, diseño y gestión del Paisaje en sus diversas escalas y las intervencio-



Restauración ambiental Bahía del Txingudi (Gipuzkoa)

Restauración del cauce y riberas del río Alegría (Álava)

los ámbitos industrial, financiero, distribución y conocimiento. Actualmente es uno de los principales grupos cooperativos en el mundo, con más de 75 implantaciones internacionales.

La División de Ingeniería de LKS, desarrolla su actividad en muy diver-

sas actuaciones urbanas, abordando actuaciones de mejora y revalorización de los espacios afectados por las explotaciones mineras.

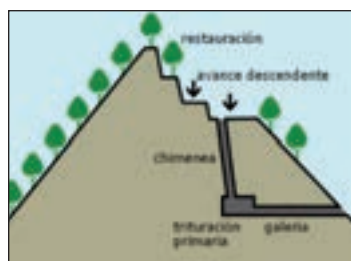
Dentro de su política de sostenibilidad, apostó desde el principio por el Sistema de Explotación por Chimenea -

nes de mejora y revalorización ambiental en general.

Es de agradecer la importante contribución de la Corporación Mondragón que creyó en el proyecto y lo incorporó a un plan de innovación, dotándolo de subvención.

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN POR CHIMENEA Y GALERÍA

Las explotaciones con transporte por chimenea y túnel basan su proceso en aprovechamientos por banqueo descendente, donde el material extraído es transportado horizontalmente hasta la chimenea y posteriormente ésta soluciona el tránsito vertical por gravedad. Una vez que el material llega al fondo, es conducido por una galería hasta el exterior.



Esquema explotación chimenea-galería y banqueo descendente.



Si la galería es larga, es necesario que el volquete entre al interior.

Los bancos consisten en cada uno de los diferentes escalones de trabajo en los que se va aprovechando la explotación. Un sistema tradicional de banqueo ascendente, es un sistema donde se empieza la explotación desde el nivel inferior y conforme alcanzamos más altura se van configurando los bancos. Banqueo descendente es cuando la explotación se comienza en la parte superior y conforme consumimos los bancos vamos descendiendo.

A pesar de la inversión inicial, si las características geométricas del yacimiento permiten la implantación del Sistema de Explotación por Chimenea-Galería, se obtienen numerosas ventajas:

- Económicas derivadas de la reducción en inversiones en equipos de transporte y los derivados en sus costes de operación. Asimismo en inversiones en construcción de pistas y sus costes de mantenimiento.
- Medioambientales por la reducción del consumo energético, emisiones de CO₂ y la disminución en la generación de polvo derivada del transporte y/o volteo del material. Y ante todo una reducción del impacto visual por la menor necesidad de pistas y por la posibilidad de restauración por explotación por banqueo descendente.
- Seguridad. Mejora de la seguridad por la reducción del movimiento de vehículos. En algún caso concreto una mengua de altura de bancos.
- Calidad de producto. En casos en los que se elimina el volteo, se favorece la separación de diferentes calidades del frente de cantera y un descenso de exceso de finos no deseados.
- Optimización de procesos. Aumento de productividad como consecuencia de la posibilidad de automatización, y porque la chimenea sirve de stock entre el tratamiento primario y secundario.

Dependiendo de factores fundamentalmente geométricos y de reservas de explotación se pueden dar numerosas variantes en el medio de extraer el material de la galería y en el modo de arrojar el material a la chimenea, entre ellas:

- Arrojar el material directamente por la chimenea sin ningún tipo de tra-

A pesar de la inversión inicial, si las características geométricas del yacimiento permiten la implantación del sistema de explotación por chimenea-galería, se obtienen numerosas ventajas



La chimenea parece “pulida” con el Raise Boring.

tamiento. En el caso de que la galería sea suficientemente corta, se extrae el material directamente con pala cargadora. Es el caso, que se utilizó inicialmente en la explotación de la cantera de Nafarrondo (Orozco, Bizkaia) pioneros en España en la utilización de este sistema para utilización en cantera. El material de voladura es cargado, transportado y volteado hasta la boca de la chimenea de 4,38 m de diámetro y 160 m de longitud. El todo-uno cae a una cámara donde es de nuevo cargado y transportado con pala cargadora a través de una galería de 50 m de longitud. Ya en el exterior, la pala cargaba varios volquetes rígidos que transportan el material hasta la planta de tratamiento primario.

- Con galería de mayor longitud, se crea en el interior una zona de carga, para realizar ésta con pala y transporte con volquete. Es el caso de la cantera de Errigoiti también en Bizkaia). En este caso la longitud de la galería es algo mayor (60 m) y ya se consigue rentabilizar la realización de una zona de carga para el volquete. El material de voladura es

cargado, transportado y volteado hasta la boca de la chimenea de 4,40 m de diámetro y 136 m de longitud, éste cae a una cámara donde una pala realiza la carga sobre volquetes articulados, que circulan por una galería de 60 m para llegar hasta la planta de tratamiento primario. Una evolución del caso anterior sería colocar un alimentador en la boca de la chimenea para alimentar al volquete y así eliminar la pala cargadora y el volumen de espacio que necesita.

- Un salto tecnológico importante introdujo en la cantera La Nueva, al ser pionera en introducir el Sistema de Transporte Continuo, mejorando productividad y mejorando eficien-



Planta de tratamiento primario 1.600 t/h. Cantera de La Nueva.

cia energética y reducción de emisiones. Para ello se introdujo en la cámara una planta de tratamiento primario para disminuir el tamaño del material y posteriormente transferirlo mediante cinta transportadora. Se añadió inversión inicial y complejidad y se redujeron costes de operación. Con una capacidad de producción de 1.600 t/hora las instalaciones principales diseñadas fueron una chimenea con diámetro 4,7 m y longitud 210 m, el material triturado es transportado por una doble cinta de 450 m hasta los actuales sistemas productivos.



Planta de tratamiento primario compacto. Cantera de Apario.

varra), donde se ejecutó un proyecto con una chimenea de 4,09 m de diámetro y 110 m de longitud. La peculiaridad de esta explotación es que el material es arrojado a la chimenea previamente machacado con sistema de planta primaria y cintas de transporte móviles, de forma que solo interviene en la carga y transporte el operario de la retroexcavadora.

En la cantera de Apario (Bizkaia) se ejecutó otro sistema de chimenea-galería. La chimenea tiene un diámetro de 4,4 m y una longitud de 155 m. Se diseñó una novedosa cámara reducida donde se instaló una planta de tratamiento primario compacta específica de interior, donde el material triturado será extraído por una galería de unos 270 m mediante cinta. La galería, además de tener instalada la cinta transportadora, permitirá la circulación de camiones si fuese necesario y servirá adicionalmente como un acceso a las galerías de perforación necesarias para la ejecución de un proyecto experimental de minería subterránea.

- Por último, con superficies extensas de explotación, se puede realizar el tratamiento primario antes de arrojar el material a la chimenea. Posteriormente en la boca de la chimenea recoger el material directamente con cinta transportadora. Experiencia realizada en la cantera de Arambeltz en Ziordia (Na-

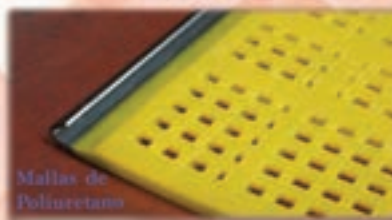


Soluciones de cribado

Nuestra política se basa en apoyar a los fabricantes de primeros equipos, así como en una atención prioritaria de nuestros clientes habituales. Esta estrecha relación y contacto permanente con ellos nos permite, a través de su experiencia y del trabajo diario, mejorar y desarrollar nuestros productos y lo que para nosotros es más importante y esencial: conseguir su confianza.



Mallas de Alambre



Mallas de Poliuretano



Mallas de Goma

Bandas Transportadoras

Revestimientos

Trómeles y Molinos

Todo tipo de accesorios para bandas

- Rodillos - Rascadores - Guías de carga -

La Filosofía del éxito

EQUIGOMA



Visítanos en www.equigoma.com

Para más información:
EQUIGOMA, S.L.
Tel. +34 949 26 22 70
Fax. +34 949 26 67 62
e-mail: info@equigoma.com



INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE RIGEN EL COMPORTAMIENTO DE LA CHIMENEA

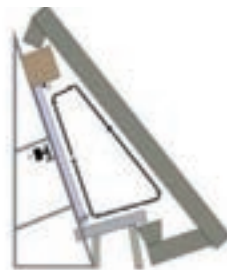
LKS preocupada por la fiabilidad de los proyectos en que participa y dentro de su filosofía de potenciar acuerdos de I+D+I que mejoren estos aspectos, encargó al Laboratorio de Medios Granulares de la Universidad de Navarra, una investigación sobre la aparición de atascos en chimeneas de descarga de material de voladura. El Laboratorio de Medios Granulares cuenta con una dilatada experiencia en el estudio del comportamiento de materiales granulados y es referente



Incidente debido a un atasco en la chimenea. La fórmula de R. Kvapil de 1965 está desfasada.

que aportan información relevante sobre el problema. Empleando dicho prototipo se ha realizado una gran batería de pruebas con material real de cantera. En estas experiencias ha sido posible ensayar diferentes protocolos y condiciones de trabajo, así como variaciones configuracionales de la chimenea. La información obtenida de este estudio ha sido vital para identificar los factores que influyen en el proceso de la aparición de los atascos.

Se ha conseguido relacionar la fre-



Diferentes prototipos de pruebas de ensayo para el estudio de los principales parámetros que rigen el flujo en las chimeneas.

internacional en la formación de atascos en flujos gravitacionales.

El estudio realizado en esta investigación se centró inicialmente en una búsqueda bibliográfica y valoración crítica de los antecedentes que existían sobre el problema. La primera conclusión que se obtuvo fue la escasez de trabajos directamente relacionados con la aparición de atascos en este tipo de sistemas de transporte de material.

Los trabajos que se han realizado hasta ahora no proponen respuestas satisfactorias al problema o bien tratan sobre sistemas diferentes donde la

influencia de los parámetros involucrados en el proceso puede variar ampliamente.

Ante esta situación de escasez en el estado del arte del problema se optó por la construcción de un modelo a escala que reproduce de manera rigurosa el proceso de transporte de material de voladura por chimenea. Dicho montaje cuenta con un sistema totalmente automatizado que proporciona un gran control y agilidad en la realización de ensayos. Asimismo cuenta con un sistema de sensorización que permite la detección los atascos y monitoriza diferentes variables

de formación de los atascos con parámetros tan relevantes en el diseño del sistema como el diámetro, inclinación de la chimenea, velocidad de extracción, humedad, etc. Además, ha sido posible aplicar un modelo matemático que permite cuantificar la probabilidad de que dichos incidentes sucedan.

Todos los resultados representan un gran avance para el desarrollo de este sistema de transporte, ya que proporcionan las bases para definir unas buenas prácticas de trabajo, así como los puntos clave para la optimización del mismo.

La formulación de R Kvapil data de 1965 y la única documentación sería existente se sigue copiando y repitiendo (Sublevel caving - Past and future W. Hustrulid & R. Kvapil 5th Int. Conf. and Exhibition on Mass Mining, Luleå Sweden 2008). Esta formulación es inadecuada como se ha visto en la práctica y en el laboratorio, y puede llevar a riesgos económicos y humanos. Es necesario la realización de estudios en prototipos adecuados como se viene realizando con la Universidad de Navarra, sacando nuevas conclusiones en cuanto a los parámetros que intervienen: diámetro crítico, inclinación que mejora el flujo, efecto de la polidispersidad del material (finos), influencia de la humedad, velocidad de alimentación y de extracción, etc.



CINTASA

"Máxima experiencia transportando soluciones"



• **Especialistas en Fabricación y Montaje de:**

- Transportadores de banda
- Alimentadores de banda o placas
- Elevadores de banda o cangilones
- Silos y tolvas de almacenaje

• **Servicios:**

- Ingeniería y proyectos
- Mantenimiento
- Asistencia Técnica



Más de 35 años de progreso, innovación y servicio al cliente



DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SENSORIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE LA CHIMENEA

En el Sistema de Explotación por Chimenea y Galería, el material de voladura que se debe introducir en la chimenea, deberá cumplir una serie de condiciones fundamentalmente granulométricas, morfológicas y de plasticidad, que harán que la probabilidad de atasco, sea prácticamente despreciable, y menor que la vida útil de la explotación.

El material extraído en la parte superior de la cantera se vuelca en la chimenea, en la parte inferior, el material se va extrayendo a una cadencia independiente de la utilizada para introducirlo en la parte superior. En este proceso de alimentar de material desde la parte superior y extraer material en la parte inferior, el material va desplazándose por el interior de la

caerá todo el material soportado por la misma sobre la instalación ubicada bajo la chimenea. Esta situación se ha producido con anterioridad en experiencias reales, inutilizando parte de la maquinaria que trata el material de la chimenea y provocando las consecuentes pérdidas económicas, además de paralizar temporalmente la actividad.

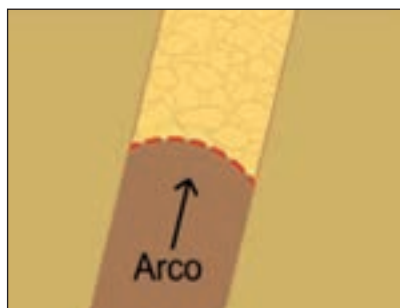
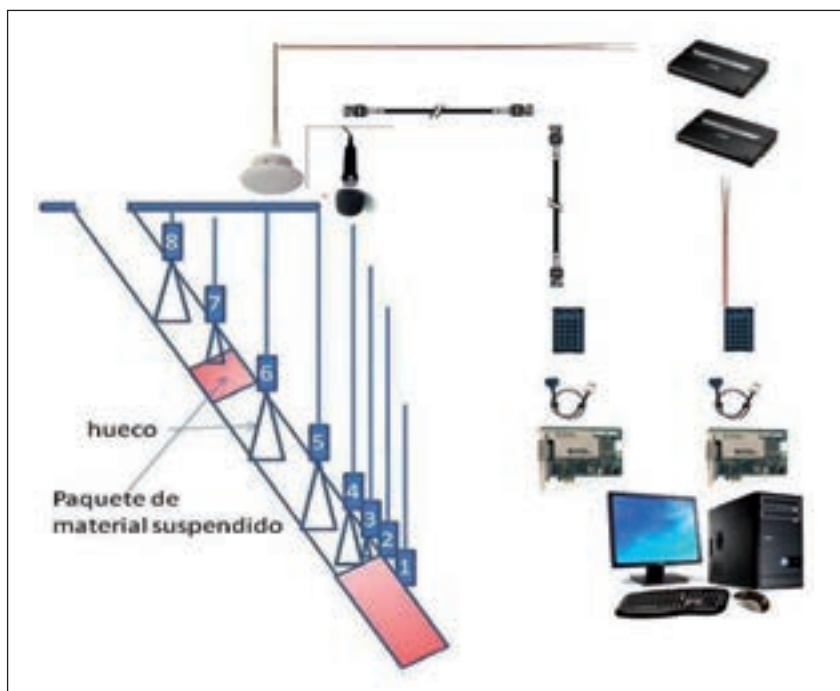
A fin de evitar esta situación de riesgo es necesario monitorizar el estado de la chimenea, detectando la generación de huecos de la forma más temprana posible y en todo caso antes de que el colchón de material en la parte inferior de la chimenea se reduzca por debajo de un umbral mínimo. Este colchón debe amortiguar el impacto de la caída de material al eliminarse la bóveda, de forma que absorba la energía de esta caída y proteja la maquinaria situada más abajo.

La colaboración de Ikerlan se sitúa en la monitorización de la chimenea a fin de detectar la formación de huecos de la forma más temprana posible, así como del diseño de una solución para la eliminación de los huecos cuando sean detectados.

Ikerlan ha desarrollado estudios de viabilidad técnico-económica:

- Analizando diferentes alternativas de monitorización.
- Comparando posteriormente las tecnologías de sensorización que ofrece el mercado actual: Radar, Ultrasonidos y Óptica (láser); verificando sus ventajas e inconvenientes y
- Desarrollándolas a nivel de diseño.

Las opciones de monitorización seleccionadas más ventajosas combinan varias tecnologías de forma que se produzca una detección fiable independientemente de las condiciones de trabajo. Las tecnologías involucradas son principalmente la sónica, basada en la distinta forma de propagación del sonido por la chimenea en función de la existencia de material o huecos en la misma, combinada con la medición de distancia láser.



Sin embargo, es del todo interesante conocer el estado de carga de esta infraestructura opaca al ojo humano, tanto para el conocimiento de la situación on-line, como para la toma de decisiones necesarias en aquellos casos puntuales donde pudieran ocurrir situaciones anómalas y cuya resolución puede resultar materialmente costosa si no se incorporan los medios al diseñar la explotación.

Dependiendo de las condiciones mencionadas del material, pueden producirse taponamientos, generados cuando el material forma una bóveda. En estos casos el material situado por encima de la bóveda deja de desplazarse hacia abajo, mientras que el material situado bajo la bóveda continúa desplazándose hacia abajo. A partir de ese momento se forma un hueco en la chimenea, junto a un paquete de material suspendido encima de ella.

Habitualmente estos huecos se solucionan sin realizar ninguna acción especial. Sin embargo, si la bóveda se mantiene, se sigue aportando material a la chimenea y se consume todo el material situado bajo la misma, se genera una situación de alto riesgo ya que cuando se rompa la bóveda,



TUSA, Símbolo de Calidad

Cribas - Grupos móviles - Recuperadores de finos - Transportadores de banda
Alimentadores - Tolvas y Componentes - Instalaciones fijas de clasificación

Polígono Malpica, calle E, nº 70
50016 ZARAGOZA (España)
Tel. 976 57 11 12 / Fax 976 57 07 77
e-mail: tusa@tusa.es
www.tusa.es



REHABILITACIÓN Y REVALORIZACIÓN DE ESPACIOS MINEROS

En LKS se apuesta por la Rehabilitación y Revalorización de los espacios Mineros, realizando la actividad con un planteamiento multidisciplinar, donde se aborda la planificación, conservación, diseño y gestión del paisaje en sus diversas escalas y las intervenciones de mejora y revalorización ambiental en general. Algunos de los trabajos más recientes o en curso son:

La aparición de espacios degradados a resultas de explotaciones industriales, mineras o extractivas es una manifestación física de cambios económicos o de la alteración del territorio a resultas de la acción humana. La reconversión de estos espacios para un nuevo uso ha evolucionado, pasando a ser un elemento de capital importancia en la planificación urbanística y su rele-

La División de Ingeniería y Servicios Empresariales de Mondragón está proporcionando cobertura a un proyecto de investigación destinado al desarrollo de conceptos y soluciones técnicas con destino a un EcoDistrito altamente innovativo en el interior de la cantera. Los objetivos del Proyecto son: el desarrollo de una propuesta arquitectónica de base; el desarrollo

Revalorización del hueco de una antigua cantera de yeso a una Innovadora bodega en Pollença, Mallorca.



El hueco excavado por una antigua cantera en Pollença (Mallorca) de yeso da paso a una nueva bodega de vinos ecológicos de alta calidad y expresión, en un paraje de especial interés paisajístico. LKS ha intervenido en el diseño previo de la bodega, en proyectos, gestión de los gremios y dirección de la obra. Además se ha encargado de la definición del proceso bodeguero la definición del diseño de maquinaria y depósitos, así como de las instalaciones industriales.

El proyecto, del arquitecto Bernd Schmahl, consta de un edificio de cuatro plantas tapado en su mayoría, dejando solo visible parte de su fachada sur-este donde se ubica el acceso y la zona administrativa y social. Esta bodega, prevista para verano de 2013 para ser utilizada en la vendimia de ese año, estará dotada de locales y equipamiento específico para la elaboración, crianza, envejecimiento y embotellado de vinos con una capacidad de elaboración de 400.000 kg de uva.



vancia es creciente como elemento reductor de la tensión por la ocupación de espacios verdes. En el caso de Euskadi, la regeneración y revalorización de canteras supone una gran oportunidad desde el punto de vista de la ordenación y de la revalorización económica del territorio, pues en muchos lugares el suelo es un bien escaso.

de la especificación de los componentes más relevantes del EcoDistrito en materias tales como: tipología de oferta de vivienda, energía, agua, saneamiento, residuos, etc. Y por último, la verificación de la factibilidad económica del EcoDistrito.

Foto izquierda. Antigua cantera acondicionada como zona de escalada. Catálogo y Directrices del Paisaje de Urola Costa (Gipuzkoa).

Foto abajo. Concierto inaugural etb3, Orquesta Sinfónica de Euskadi en cantera Duquesa-Urkulu. Propuesta de reordenación y nuevo sistema de explotación chimenea-galería para las canteras de Duquesa y Urkulu en Lastur (Gipuzkoa).



La División de Ingeniería y Servicios Empresariales de Corporación Mondragón desarrolla un proyecto de investigación para la concepción de un Eco-Distrito en la cantera de Sanjosepe.



PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN LLAVE EN MANO. LKS-BUILDINGENIA

LKS BUILDINGENIA ofrece una solución integral eficiente, innovadora y sostenible en los ámbitos de la arquitectura, ingeniería, diseño, promoción y construcción en la modalidad de llave en mano.

Tras el estudio de las necesidades concretas de los clientes se ofrece un servicio completo de diseño y construcción. Cuyas características de este servicio son:

- Una actividad técnica que permite realizar proyectos adaptados a las necesidades del cliente con soluciones innovadoras y rentables.
- Ejecución de infraestructuras, edificación e instalaciones con proveedores de alta solvencia.
- Respeto al medio ambiente, favoreciendo un desarrollo sostenible.
- Todo ello mediante una gestión integral que supone un precio cerrado.

En el ámbito de la explotación de canteras mediante chimenea y galería, la solución llave en mano tiene muchas ventajas tanto en el control económico, como en el control de la calidad y el plazo, al realizar un único contrato en el que se integra tanto la ingeniería, la construcción de la chimenea y el túnel, el movimiento de tierras, las cimentaciones, las cintas y maquinaria, las instalaciones eléctricas y de control, así como la dirección de las obras y si se desea el mantenimiento de la nueva instalación.

La grandes ventajas que se pueden destacar para el cliente radican, por ejemplo, en la concentración, en un solo contratista de todas las obligaciones inherentes y necesarias para la ejecución y total terminación de la obra, así como la responsabilidad en aquél, sobre la totalidad de la misma. Se eliminan las ya citadas "zonas de nadie" de responsabilidad entre contratistas e ingeniería redac-

tora del proyecto. Ello conlleva igualmente a que exista un solo interlocutor válido que dialogue con la entidad sobre el contrato. También se fija el plazo, su incumplimiento tiene un costo que penaliza al contratista, que de otra manera correría a cargo del cliente. El contrato llave en mano ofrece ventajas cuando integra previamente tecnología, permite la desagregación tecnológica y la asimilación de tecnología.

La experiencia de LKS Ingeniería en canteras mediante el sistema de chimenea-túnel se une a la experiencia en obras de LKS BUILDINGENIA y asesorando al cliente se elige la maquinaria, cintas y molienda más eficiente y testada integrando a dichos proveedores

y montadores en una oferta integral con la garantía de LKS y de la Corporación Mondragón.

El llave en mano es una fórmula eficaz de desarrollar de una forma controlada el sistema de explotación vertical mediante chimenea túnel. Su contratación puede realizarse en la fase de inicio, una vez que un estudio técnico juzga la viabilidad de la solución y define las principales unidades de obra y características de la nueva instalación, o bien tras la realización del proyecto de construcción donde en lugar de una dirección de obra y una contratación principal o por lotes, se opte por un sistema con menos riesgos de desvíos presupuestarios y más rápido con un único responsable. 