

Diseño y Ejecución de Obras Subterráneas

Tema 13. Otras obras subterráneas



Rubén Pérez Álvarez

Departamento de Transportes y Tecnología
de Proyectos y Procesos

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

TEMA 13: OTRAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

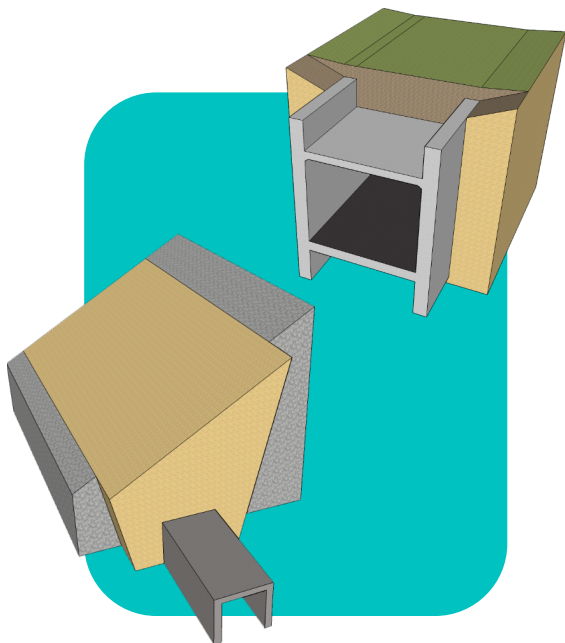
13.1. Introducción.

13.2. Falsos túneles.

13.3. Tecnología sin zanja.

13.4. Almacenamientos subterráneos.

13.5. Rehabilitación de espacios mineros.



«Sandvik MT 720 Roadheader» (© Sandvik Mining and Construction), Kelly Michals.

<https://www.flickr.com/photos/rocholt/>

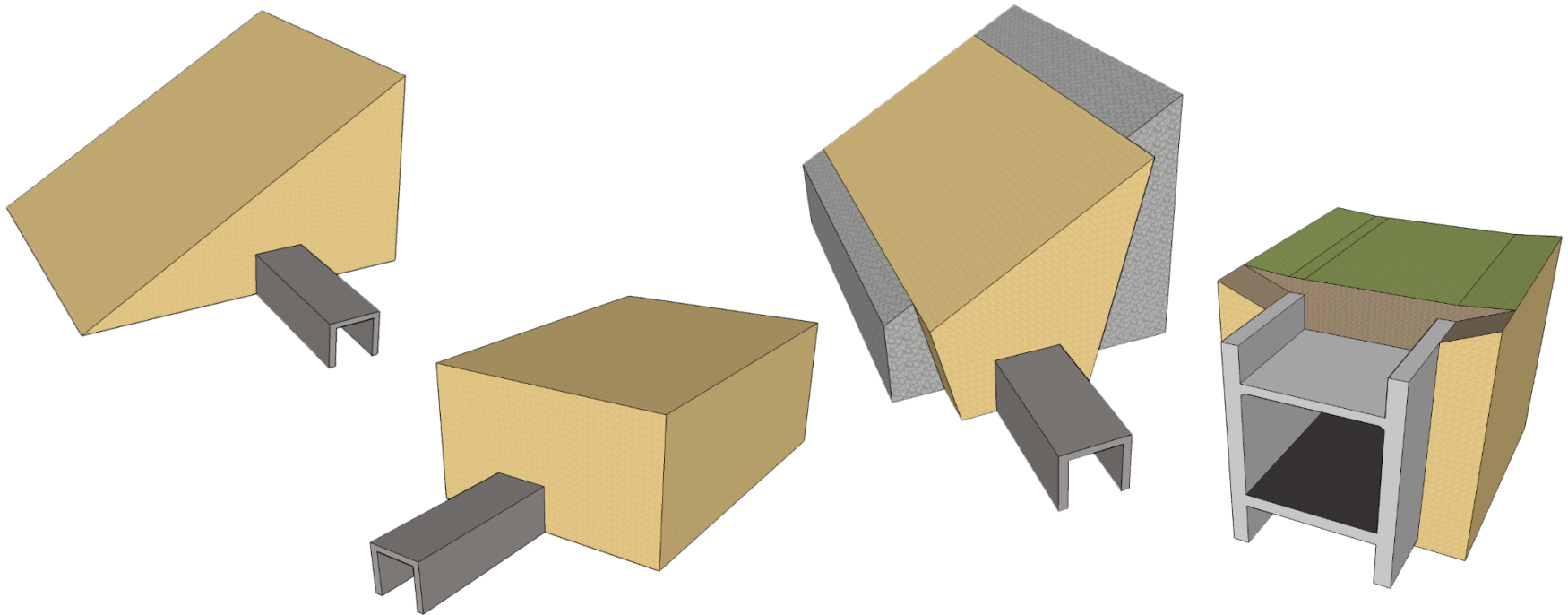
<https://flic.kr/p/5nei2u>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>

Como conclusión a la asignatura se expondrán algunos aspectos fundamentales relativos a los falsos túneles, la aplicación de la perforación horizontal dirigida y los almacenamientos subterráneos. Se presentarán igualmente algunas de las alternativas asociadas a la rehabilitación de espacios mineros, con especial atención a los subterráneos, dado el carácter temporal del aprovechamiento extractivo del terreno, y la necesidad de aportar un valor añadido en la rehabilitación, con nuevos usos para el mismo. Se adjuntan igualmente enlaces a material complementario que se considera de especial interés.

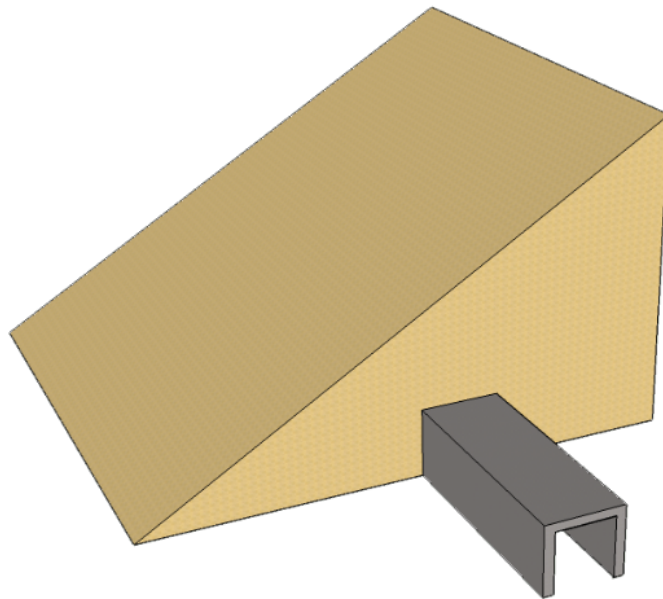
Interés de los falsos túneles

Variante de ejecución de túnel, en contraposición a los excavados en mina, consistente en la aplicación de técnicas a cielo abierto. La adopción de esta variante se deriva de la superficialidad de los posibles trazados, donde la aplicación de la metodología cut and cover puede resultar adecuada, o la reducción de riesgos por la menor competencia superficial de los terrenos. En ocasiones la ejecución de falsos túneles se deriva de la necesidad de ofrecer amparo frente a la posible caída de rocas, o incluso se plantean como alternativa para la minimización de los impactos visuales en los emboquilles, ejecutándose con el fin de ofrecer una transición hasta el túnel real excavado en mina, que permita tender el talud y suavizarlo.

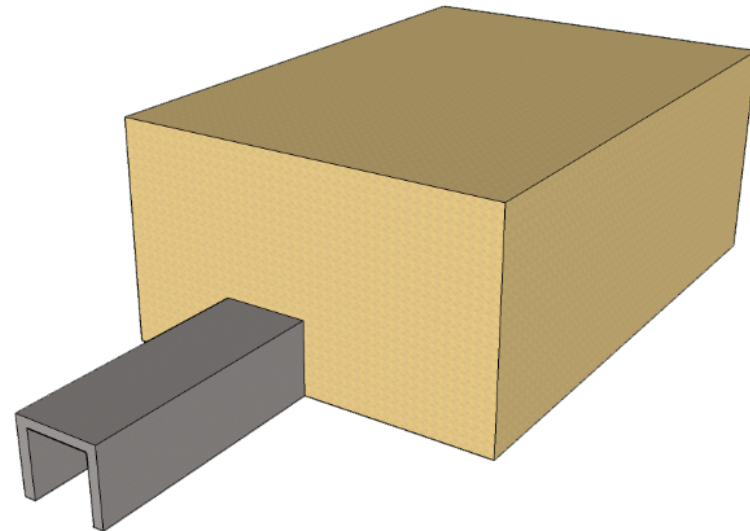


Clasificación general

Tal como se recogió en el Tema 1 de la presenta asignatura, los falsos túneles pueden clasificarse en las siguientes variantes:



BAJO TERRAPLÉN



En este caso se plantea la ejecución de la estructura, para posteriormente proceder al relleno. La disposición y compresión sucesiva de las tongadas constituyentes del terraplén, que encontrarán la oposición del falso túnel ya existente, ocasionan un comportamiento inverso al recogido en los túneles reales (incremento de la presión en la zona de clave, constituyendo un **arco de supercarga**).

Tipos y características

Clasificación general

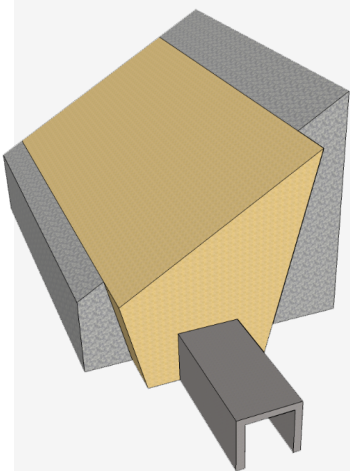
Tal como se recogió en el Tema 1 de la presenta asignatura, los falsos túneles pueden clasificarse en las siguientes variantes:

TÚNELES REALES (EN MINA)

FALSO TÚNEL

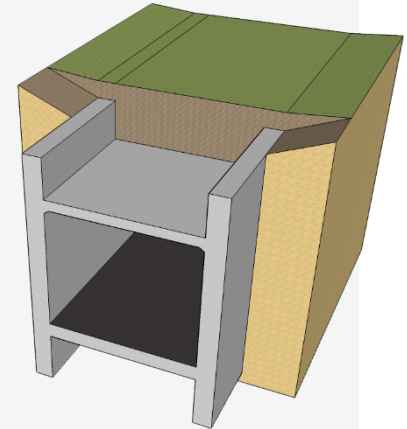
**CORTE Y RELLENO
(CUT AND COVER)**

**CON SISTEMAS DE
CONTENCIÓN LATERAL**



El sistema de corte y relleno implica la retirada de materiales, ejecución de la estructura, y recubrimiento posterior con relleno. Son frecuentes en obras desarrolladas fuera de núcleos urbanos, donde el desmante previo es posible.

La alternativa basada en la ejecución previa de pantallas suele aplicarse en núcleos urbanos. Dichos sistemas de contención lateral buscan garantizar la no afección de la ejecución de la obra al entorno.



TIPOS PRINCIPALES DE PANTALLAS

- 🔧 Pantallas continuas de hormigón armado.
- 🔧 Pantallas de pilotes.
- 🔧 Pantallas de micropilotes.
- 🔧 Pantallas de tablestacas.

FASES DE TRABAJO CON PANTALLAS

- 🔧 Ejecución de las pantallas.
- 🔧 Excavación.
- 🔧 Ejecución de la bóveda.
- 🔧 Excavación en mina bajo la losa.
- 🔧 Ejecución de la solera.

Tipos y características

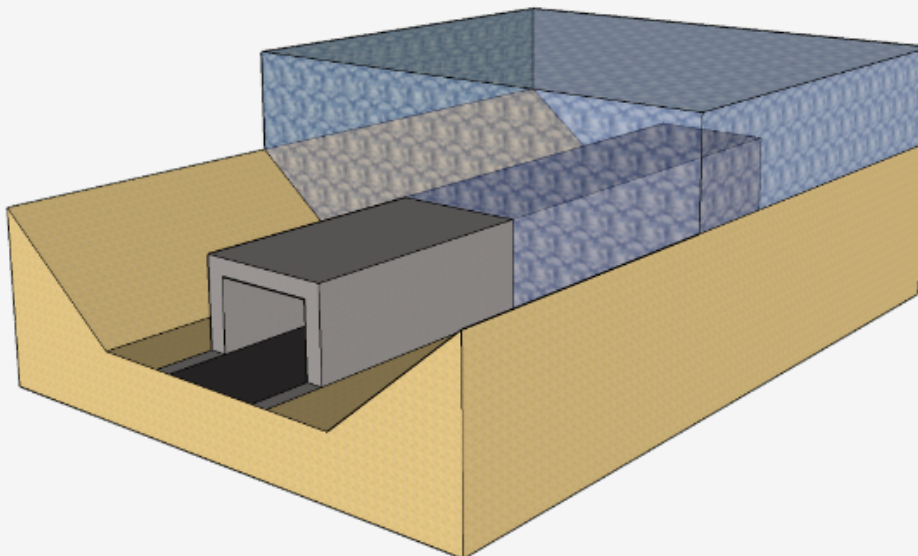
Clasificación general

Tal como se recogió en el Tema 1 de la presenta asignatura, los falsos túneles pueden clasificarse en las siguientes variantes:



SUMERGIDOS

Túnel poco típico en el país, desarrollado en base a preformas de hormigón que se construyen en tierra y se colocan sobre el fondo, sin enterrar.



La Perforación dirigida horizontal ha adquirido una creciente importancia en núcleos urbanos, dotadas de gran número de conducciones en el subsuelo asociadas a distintos servicios, dado que evitan la realización de zanjas a cielo abierto o la obvia destrucción del pavimento. Resulta de gran utilidad si han de atravesarse carreteras, vías férreas o ríos. Esta tecnología permite dirigir perforaciones de hasta 400 metros de longitud, si bien como es obvio deberá conocerse de forma adecuada el terreno que deba perforarse, y la distribución de las conducciones ya dispuestas. Los estudios in-situ y el empleo de aparatos detectores de cableado resultan de vital importancia a tal fin.

VARIANTES

PDH grande (PDHg):

Habitualmente empleada en el paso de ríos, con longitudes superiores a 1500 m y diámetros de tubería superiores a 1,2 m.

<https://www.youtube.com/watch?v=-fRDQSOT4pQ>

PDH pequeña (PDHp):

Equipos empleados para la instalación de tuberías de más de 25 mm (hasta por lo general 50 cm) de diámetro y unos 275 m de longitud.

PDH mediana (PDm):

Empleadas para la perforaciones de conducciones de pequeño diámetro, entre 5 y 20 cm, hasta profundidades de por lo general 4,5 m, si bien determinados equipos permiten alcanzar los 9 m de profundidad, y longitudes de 180 m. El procedimiento implica la ejecución de un sondeo piloto de pequeño diámetro, con corte mecánico y/o fluido inyectado, para posteriormente arrastrar la tubería a lo largo del sondeo con un dispositivo de sostenimiento.

Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas. TÍTULO IV Regulación de los aprovechamientos de recursos de la sección B.
CAPÍTULO PRIMERO. DE LOS RECURSOS

ARTÍCULO 23

3. «Se entiende por estructura subterránea todo depósito geológico, natural o artificial producido como consecuencia de actividades reguladas por esta Ley, cuyas características permitan retener naturalmente y en profundidad cualquier producto o residuo que en él se vierta o inyecte».

SECCIÓN 3. ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS

ARTÍCULO 34

1. «Cualquier persona natural o jurídica que reúna las condiciones exigidas en el Título VIII podrá obtener autorización para utilizar una estructura subterránea. Con este fin deberá presentar la solicitud correspondiente en la Delegación Provincial del Ministerio de Industria, aportando, además de los documentos que señale el Reglamento de esta Ley, un proyecto que justifique la conveniencia de dicha utilización, así como la designación del perímetro de protección que se considere necesario».
2. «Si la Delegación estima insuficientemente conocida la estructura, podrá autorizar al peticionario para que realice los trabajos o labores necesarias para el reconocimiento de la misma dentro de un plazo no superior a dos años y con arreglo a un proyecto que ella misma aceptará o, en otro caso, hará que se modifique. Terminado el reconocimiento previo o expira el plazo concedido, el peticionario deberá presentar en los seis meses siguientes el proyecto de utilización de la estructura».

Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas. TÍTULO IV Regulación de los aprovechamientos de recursos de la sección B.
CAPÍTULO PRIMERO. DE LOS RECURSOS

SECCIÓN 3. ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS

ARTÍCULO 34

3. «Determinado sobre el terreno el perímetro de protección, la Delegación Provincial comprobará la conveniencia de la utilización solicitada, elevando el expediente, previa información pública, con la propuesta que proceda, a la Dirección General de Minas, que, con los informes del Instituto Geológico y Minero, del Consejo Superior del Ministerio de Industria y de la Comisión Interministerial del Medio Ambiente, autorizará, en su caso, la utilización por un plazo inicial adecuado al proyecto y a la estructura y prorrogable por uno o más períodos hasta un máximo de noventa años. Podrá imponer las condiciones que estime oportunas dentro de una racional utilización y exigir al peticionario la constitución de una fianza en la forma y plazo que fije el Reglamento de esta Ley».
4. «La estructura se considerará recurso extinguido, quedando sin efecto la autorización de su aprovechamiento, al agotarse la capacidad de almacenamiento, si se usa para residuos, o por variar las condiciones que la definen como tal estructura subterránea».
5. «El Gobierno podrá declarar no utilizables determinadas estructuras por razones de interés público a propuesta conjunta del Departamento o Departamentos interesados y del de Industria».

Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas. TÍTULO IV Regulación de los aprovechamientos de recursos de la sección B.
CAPÍTULO PRIMERO. DE LOS RECURSOS

SECCIÓN 3. ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS

ARTÍCULO 35

1. «La autorización para aprovechar una o varias estructuras geológicas confiere a su titular el derecho a impedir que se realice en el perímetro de protección que haya sido fijado cualquier clase de trabajos o actividades que puedan perjudicar el normal aprovechamiento de las mismas, siendo de aplicación lo dispuesto en el artículo 28 de la presente Ley en cuanto a realización de trabajos subterráneos o a modificación o ampliación del sistema de aprovechamiento de las instalaciones inicialmente aprobadas».
2. «Es igualmente de aplicación lo que prescribe el artículo 29, sobre indemnizaciones por lesión a derechos de terceros».


Tipos y características

R.G.N.B.S.M. ITC 06.0.04. Almacenamientos subterráneos

PROYECTO

«Toda persona natural o jurídica que pretenda obtener la autorización para utilizar una estructura subterránea natural o creada artificialmente para el almacenamiento de productos, ha de presentar un programa de estudios y trabajos conducentes a demostrar la viabilidad técnica del proyecto en el emplazamiento seleccionado, ante la autoridad minera competente.

Una vez realizados los estudios pertinentes y demostrada la viabilidad técnica de la obra proyectada, la persona natural o jurídica solicitante ha de presentar un proyecto para su aprobación, en el que figure:

- 
- **Estudio de viabilidad técnica.**
 - **Cálculo de los volúmenes de roca a mover.**
 - **Tecnología de la voladura, excavación y evacuación de escombros, indicando el sistema de excavación por bancadas, túneles de acceso, maquinaria empleada, ubicación de la estructura, escombreras (o explotación secundaria del escombros), instalaciones complementarias, etc.**
 - **Medidas preventivas de seguridad e higiene en el trabajo.**
 - **Influencia en el medio ambiente.**
 - **Director facultativo de los trabajos».**

Tipos y características

R.G.N.B.S.M. ITC 06.0.04. Almacenamientos subterráneos

PROYECTO

«El dimensionado de las cavernas, separación entre cavidades, macizos de protección y mantenimiento del nivel freático, vendrán claramente especificados en el proyecto, y serán fijados por el interesado, basándose en un estudio detallado de las características geológicas y geomecánicas del emplazamiento, y manteniéndose dentro de un amplio margen de seguridad. En cualquier caso, el nivel del techo de cavidad estará situado a cinco metros, como mínimo, del nivel freático, por debajo del mismo.

Toda modificación que suponga variación importante del proyecto primitivo precisará la aprobación expresa».

EXCAVACIÓN

«Periódicamente durante la fase de excavación se efectuarán reconocimientos geológicos de detalle, con el fin de detectar cualquier situación no prevista en el proyecto, y que, caso de producirse, se comunicaría inmediatamente a la autoridad minera competente, tomándose a la vez las medidas oportunas para evitar cualquier riesgo para personas y medio ambiente.

La maquinaria y el trabajo de excavación se ajustará a la reglamentación correspondiente al trabajo de interior».

Tipos y características

R.G.N.B.S.M. ITC 06.0.04. Almacenamientos subterráneos

ACCESOS

«Todos los accesos a las excavaciones estarán en buenas condiciones de seguridad. Alrededor de la labor de acceso debe haber una zona de protección de 20 metros por fuera de las paredes laterales de la misma y paralela al trazado de ésta. En cualquier caso, el macizo rocoso de protección, por encima del techo de la labor de acceso, tiene que ser siempre de, al menos, 5 metros de espesor».

Clasificación general

La **ITC MIE SM 13.0.01** caracteriza el proyecto a presentar para la solicitud de un abandono definitivo de labores subterráneas, en el que se deberán recoger las medidas de seguridad y todos aquellos datos que se requieran para conocer los posibles riesgos derivados del cierre. En caso de que el concesionario abandonase la explotación sin permiso expreso, la Administración puede adoptar las medidas requeridas para garantizar la salvaguarda de los intereses de terceros. Los gastos derivados de las mismas serán repercutidos al explotador, pudiendo además aplicarse sanciones.

El artículo 5 del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas dispone que en caso de cesar las labores, **la autoridad competente no admitirá la renuncia o caducidad del título en tanto no se haya ejecutado el plan de restauración.** En el artículo 15 se indica que incluido en el plan de restauración, el concesionario debe presentar un anteproyecto del cierre definitivo de las labores, en el que se justifique las medidas adoptadas y previstas en materia de seguridad. Una vez autorizado el proyecto, las medidas aprobadas deberán ser aplicadas y, habiendo concluido los trabajos, la entidad concesionaria debe comunicarlo a la Administración, procediendo a solicitar la autorización de abandono definitivo. El abandono será efectivo en el plazo de un año, habiendo de recurrir a un organismo de control que certifique que las condiciones de los terrenos e instalaciones no revisten riesgo. En cualquier caso la autorización de abandono no elimina la responsabilidad de la entidad explotadora con relación a las condiciones de la autorización o a otras obligaciones de índole legal.

Alternativas para la rehabilitación de espacios mineros

EXPLORACIONES Y ALTERNATIVAS PARA SU REHABILITACIÓN

Explotaciones subterráneas	Almacenes de combustibles, reservas de agua, centros de experimentación, parques geomíneros y museos.
Graveras	Reservas ecológicas, embalses deportivos, reservas de agua.
Canteras y cortas	Adecuación para aplicaciones agrícolas y forestales, reservas naturales, áreas de recreo, zonas verdes, aparcamientos, zonas industriales, vertederos controlados.

«Aplicaciones de terrenos afectados por actividades mineras tras los procesos de rehabilitación». Fuente: Mata Cabrera, F. (2003): «Interacción paisajística de los proyectos mineros. Patrimonio Geológico y Minero y Desarrollo Regional». Instituto Geológico y Minero de España. 609 pp.



Ejemplo de puesta en valor del patrimonio minero:
Cueva El Soplao, descubierta por los trabajos en el Grupo Minero La Florida.

Lectura de ampliación recomendada: Fernández Rubio, R. (Ed.). Rehabilitación de espacios mineros. Experiencia española. Conama 9°. http://sig.urbanismosevilla.org/Sevilla.art/SevLab/r006ES1_files/MIN_final.pdf

Puesta en valor del patrimonio minero

SUSTANCIA	AÑO	PAÍS	BIEN PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD
Sílex	2000	Bélgica	Minas neolíticas de Spiennes (Mons)
Sal	1978	Polonia	Minas de Wieliczka
	1982	Francia	Salina real de Arc-et-Senan
	1996	Austria	Paisaje cultural de Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut
Nitrato sódico	2005	Chile	Salitreras de Humberstone y Santa Laura
Carbón	2000	Reino Unido	Paisaje industrial de Blaenavon
	2001	Alemania	Complejo industrial de Zollverein (Essen)
Diamantes	1999	Brasil	Centro histórico de diamantina
Hierro	1986	Reino Unido	Ironbridge Gorge
	1993	Suecia	Ferrería de Engelsberg
	1994	Alemania	Siderúrgica de Völklingen
Cobre	1980	Noruega	Roros
	2001	Suecia	Gran montaña de cobre de Falun
	2006	Chile	Campamento minero de Sewell
Oro	1980	Brasil	Ouro Preto
	1997	España	Las Médulas
Plata	1987	Bolivia	Ciudad de Potosí
	1988	México	Centro histórico de Guanajuato y minas
	1993	Eslovaquia	Baska Stiavnica
	1993	México	Centro histórico de Zacatecas
	1995	Rep. Checa	Kutna Hora
Oro, Estaño y Arsénico	2006	Reino Unido	Paisaje minero de Cornwall y West Devon
Plata, Cobre, Plomo y Zinc	1992	Alemania	Minas de Rammelsberg y ciudad histórica de Goslar

«Bienes Patrimonio de la Humanidad de carácter minero». Modificado de Carvajal Gómez, D.J. & González Martínez, A. (2008): «Patrimonio minero y lugares declarados patrimonio mundial Mining Heritage and World Heritage Sites». Libro de Actas del IX Congreso Internacional Sobre Patrimonio Geológico y Minero. Ed. Restrepo Martínez, C., Mata-Perelló, J.M. & CulTurAndorra. Universidad Politécnica de Cataluña. Manresa. 459 pp.

Puesta en valor del patrimonio minero

FACTORES INCIDENTES EN LA EL APROVECHAMIENTO MUSEÍSTICO DE INSTALACIONES MINERAS	
Idoneidad del enclave y el entorno	Inventariado de elementos de interés
	Consideración de la regulación legal de las instalaciones
	Acceso a vías de comunicación
	Estudio de impacto ambiental (considerando la incidencia del público visitante).
Estado de las instalaciones	Grado de deterioro de las instalaciones
	Determinación de actuaciones prioritarias en base al presupuesto
Generación de itinerarios complementarios	Análisis de las posibilidades de generación de recorridos alternativos en la comarca
	Búsqueda de apoyo y consenso con los municipios implicados
	Búsqueda de individualización del proyecto frente a alternativas similares
Estudio del público demandante	3ª edad, escolares, familias, asociaciones
Promoción	En prensa, envío de correos a centros y asociaciones de los objetivos demográficos anteriormente señalados, acuerdos con la Administración Pública.

Factores a considerar en la planificación de un aprovechamiento museístico de antiguas instalaciones mineras (Martín Aparicio y Puche Riart, 2008).

Fuente: Martín Aparicio, A. & Puche Riart, O. (2000): «Recuperación de minas e instalaciones mineras antiguas». Temas Geológico-Mineros, 31, pp. 491-507. Instituto Geológico y Minero de España.

La ejecución de este tipo de proyectos requiere en primer lugar una visita pormenorizada de personal experto en minería, durante la cual se procederá a listar todas las estructuras y labores a rehabilitar, debiendo examinar las alternativas existentes a tal fin. En base a dicha relación de elementos a considerar y alternativas, ha de redactarse el proyecto de rehabilitación (conformado habitualmente por Memoria, Planos, Prescripciones Técnicas Particulares, Presupuesto y Estudio Básico de Seguridad y Salud), debiendo presentar como principal objetivo la garantía de que las visitas se desarrollen en condiciones de seguridad. Abundando en este aspecto, cabe señalar que con anterioridad a la puesta en marcha es pertinente la elaboración de un plan de Seguridad.

Fuente: Luengo, J. & Muñoz, A. (2008): «Tramitación administrativa de actuaciones en Patrimonio Minero». Libro de Actas del IX Congreso Internacional Sobre Patrimonio Geológico y Minero. Ed. Restrepo Martínez, C., Mata-Perelló, J.M. & CulTurAndorra. Universidad Politécnica de Cataluña. Manresa. 459 pp.