

19

EXPLORACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CAVIDADES ARTIFICIALES

ACUEDUCTO SUBTERRÁNEO DE ALCALA DE GUADAÍRA y LAS MINAS DE MUNIGUA

Genaro Alvarez García, José Molina Rodriguez , J.Mª. Rodrigo Cámara , Antonio F Buendia Moreno

Sociedad Espeleológica Geos. Exploraciones e Investigaciones Subterráneas
Apartado 17071, 41080 Sevilla, (E-mail:geos@arrakis.es)

En ambos casos se trata de exploraciones encaminadas a documentar de forma sistemática las importantes obras de posible origen romano. Las distintas galerías del acueducto de Alcala de Guadaíra son de gran importancia cultural e histórica. Se trata de un importante punto de abastecimiento de agua para la ciudad de Sevilla a lo largo de los últimos milenios. Los trabajos en marcha financiados bajo convenio por el Ayuntamiento de la localidad nos han permitido cartografiar por el momento 1500 metros de galerías. Por otra parte conocemos un entramado de galerías que superan los 12.000 metros , al menos.

En el caso de las minas romanas de Munigua y bajo la dirección y estrecha colaboración con el Instituto Arqueológico Alemán (Madrid), hemos documentado un total de 13 minas con un recorrido cartografiado de 444,72 metros de galería subterránea y en el caso de la mina "N" una profundidad de - 18 metros. Estas exploraciones en ocasiones "peligrosas" ponen en evidencia la importancia de la actividad minera en la zona y en cierta manera la estratégica situación del enclave y asentamiento romano de Munigua. Con todo esto deseamos colaborar con nuestras actividades de "espeleología aplicada" al mejor conocimiento de nuestra cultura y ayudar a la ciencia en su cometido investigador.

La exploración de cavidades artificiales :

El desarrollo de la Espeleología en cavidades artificiales (en algunos lugares denominada espeleología urbana) es muy reciente , pero podemos encontrar descripciones y levantamientos cartográficos ya a principios del siglo XX e incluso anteriores. En estos trabajos se describen espacios subterráneos excavados por el hombre en distintas épocas, es decir desde la prehistoria a la actualidad. En la prehistoria el hombre excavo estos espacios con distintos usos u utilidades, como lugares de enterramientos, extracción minera o como captaciones de agua.

Como característica principal estos espacios con el paso del tiempo pueden llegar a desaparecer y en otros casos como es el del proyecto en curso. Tras cientos de años de su construcción se van transformando y tomando claros aspectos de cavidad natural, es decir crecen formaciones interiores que dan carácter de cueva en muchos casos a gran parte de las galerías en estudio. Además del concrecionamiento de techos y paredes, también podemos apreciar influencias de carácter erosivo o la presencia de rellenos acumulados a lo largo de los tiempos.

Antecedentes :

Desde hace bastantes años esta entidad científico/cultural dedicada a la espeleología, tenía interés en trabajar y explorar las denominadas galerías de Alcalá de Guardarías.

Idea de ellos hace que ya en los años 60 y 70 algunos miembros de S.E.Geos , realizaran algunas incursiones en algún tipo de galería de agua o minera en la localidad y alrededores del casco urbano.

La verdad es que a menudo el hombre olvida con cierta rapidez la presencia de estos espacios importantes para el lugar donde están ubicados. Por lo que los trabajos de Espeleología aplicadas tienen un frente donde desarrollar un trabajo serio y de importancia pues se puede recuperar como en este caso una importante obra desde época romana en la que poder estudiar aspectos de ingeniería, conocimientos hidrogeológicos de la época y que nos dejan sorprendido hoy día por su perfección en general.

Es por lo tanto importante recuperar descripciones, levantamientos cartográficos, fotografías , etc. de este tipo de espacios (galerías, minas, etc.). Para el espeleólogo encargado de estos trabajos de documentación e investigación , son exploraciones en las que su espíritu de exploración y de realizar descubrimientos , por lo que su actividades se ve recompensada con la información cultural y científica que estos lugares encienden en su oscuridad interior.

Es aquí donde nuestro colectivo dedicado a la espeleología científica y con claros fines culturales ejerce su actividad desarrollando lo que nosotros denominamos Espeleología Aplicada.

Nuestra sorpresa vino cuando el 21 de Febrero de 2001 y desde la diputación Provincial de Sevilla nos comunican que el ayuntamiento de Alcalá esta interesado en conocer si podremos investigar las galerías existentes en su población. Desde el gabinete de Cultura de diputación se facilitaron nuestros datos al ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra. Y es desde ese momento cuando se inicia la relación entre la institución Alcalaíense y nuestra entidad.

Estudios y exploraciones poco comunes

La importancia de estudiar estos espacios subterráneos de un modo sistemático , radica en que se puede reconstruir el proceso de génesis constructiva de este tipo de minería de abastecimiento de aguas y con ello se podrá recuperar y conocer por ejemplo : las distintas técnicas de excavación e investigar los fines que condujeron a la construcción originaria y a sus posibles modificaciones en el tiempo.

Explorar cavidades artificiales es como realizar un viaje al pasado. Es una experiencia que permite vivir y conocer nuevos conocimientos . El desarrollo de este tipo de galerías es generalmente horizontal. Solo como es este caso (Alcalá de Guadaíra) encontramos innumerables pozos o accesos verticales que nos conducen de manera directa al conducto principal de las galerías de agua (Mina de Agua).

METODOLOGIA de TOPOGRAFÍA ESPELEOLÓGICA EMPLEADAS

Para las topografías interiores se han utilizado los métodos de itinerario o poligonal abierta, poligonales cerradas y radiaciones. El total de metros topografiados se sitúa en 1.376 para la galería principal y 78 metros lo cartografiado en el molino subterráneo.

El grado alcanzado según la clasificación de la B. C. R. A. es en la mayoría de los casos el 5 D, existiendo algunas topografías con grado 5 C. Debe tenerse en cuenta que el norte reflejado en todos los planos de planta es siempre el Norte Magnético (año 2.002), al objeto de calcular la declinación.

La morfología de la cavidad artificial explorada hasta el momento, obliga a utilizar el método de itinerario, creándose una poligonal abierta con varias ramificaciones o poligonales secundarias. Por ahora no ha sido necesario emplear radiaciones ni triangulaciones, por el motivo anteriormente expuesto.

La estación de partida se ha ubicado en la entrada usada para el ingreso en la cavidad. Esta entrada

se halla en las instalaciones de Fibrilita, y nos permitirá obtener las coordenadas UTM de la estación de origen, con lo que todas las estaciones topográficas pasarán a tener sus respectivas coordenadas UTM absolutas.

En cada una de las bases de las lumbreras del acueducto, se han posicionado estaciones topográficas, más otras en sus verticales, con un doble objetivo:

- El primero, un mejor detalle de la planimetría,
- Y segundo, compensar los posibles errores de coordenadas de la poligonal, al corregir éstas con las obtenidas en el exterior sobre las bocas de las lumbreras, mediante GPS, fotografía aérea y/o planimetría.

En cuatro lumbreras de la zona Norte, concretamente en las estaciones topográficas 70, 73, 76 y 79, se han dado siete metros de altura como valor hipotético de las mismas, ya que el muy intenso goteo en ellas hizo imposible su medición exacta.

TRATAMIENTO INFORMÁTICO

Con la aplicación antes mencionada (Visual Topo) se consiguen las coordenadas de cada una de las estaciones topográficas (X, Y y Z), la distancia total recorrida, la distancia proyectada, los desniveles positivo, negativo y total, número de visuales e índice de verticalidad.

Así mismo se generan los gráficos base sobre los que se crearán los dibujos de los planos. Estos gráficos se exportan en formato DXF a AutoCad®, aplicación con la que se crea la mayor parte de los planos. Por último, los rótulos se componen con Corel Draw®.

La poligonal principal cuenta con 80 estaciones topográficas, 15 pertenecen a ramificaciones, y 23 están situadas en bocas de

lumbreras. El eje principal se compone de 954,42 metros, lo que representa el 69,36% del total topografiado; 160,02 m, un 11,62%, corresponden a ramificaciones; y 261,56 m, el 19,02% restante, a lumbreras.

El total de lumbreras se eleva a treinta y cuatro. De ellas siete han sido cegadas por bóvedas de ladrillo o cualquier otro tipo de cerramiento en las inmediaciones de la galería. Cuatro son seguramente puteus romanos, de sección circular y con pequeños huecos en sus paredes para las estructuras de acceso. Se encuentran concentrados en la parte Sur del Acueducto, mientras que las lumbreras rectangulares son las predominantes en el resto del mismo. Algunas de estas lumbreras

presentan una combinación de secciones rectangulares en los extremos y circular entre ellas, debido probablemente a la diferente competencia de los materiales que atraviesan.

Galería Principal (tramo) Gasolinera-Fibralita-Zacatín

Los resultados totales obtenidos hasta el momento son los siguientes:

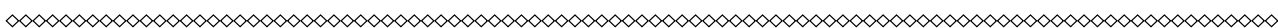
Recorrido total:	1376 m
Recorrido proyectado:	1112 m
Desnivel positivo:	22,30 m
Desnivel negativo:	-2,57 m
Desnivel total:	±24,87 m
Grado de la planimetría:	5 D
Número de estaciones:	118
Distancia media de visuales:	14,6 m
Índice de verticalidad:	0,192
Superficie de circunscripción:	175.253,01 m ²
Volumen de circunscripción:	4.355.037,3 m ³

Molino subterráneo y galerías laterales (bajo el Teatro Gutierrez de Alba)

Punto + alto	0
Punto mas bajo	-7
Desnivel	-7
Tramos	15
Desarrollo	78
Extensiones	73
Verticalidad	0,062
Número de estaciones	

Recorridos interiores Topografiados

Resultado de las dos localizaciones cartografiadas tenemos un total de : 1.454 metros de acueducto y galerías laterales subterráneas cartografiadas.



Equipos Topográficos empleados (toma de datos en campo)

Brújula Suunto Dural KB-14 360 °

Clinómetro Suunto 360 °

Cintas métricas indeformables

Jalones de Plástico (de 1 metro)

Topómetro digital HILTI (precisión 1 mn.)

Puntero Láser BMI

Jalones extensibles (4 metros)

TRABAJOS DESARROLLADOS EN GENERAL

–Labores de exploración en detalle, reconociendo lugares de difícil acceso y con peligro para los componentes del equipo de exploradores. (derrumbes, rellenos móviles, techos, pozos, etc)

–Levantamiento Cartográfico en detalle, reflejando en los planos las distintas estaciones topográficas . Se ha realizado diversos planos y formatos (ver detalle de la cartografía)

–Localización en el exterior , de algunos de los puntos de conexión con la superficie externa (lumbreras, salidas de aguas, etc.)

–Reportaje fotográfico General y en detalle de las labores de Exploración y Documentación detallada.

–Seguimiento de los trabajos campaña 2001/2003.

–Distintos fenómenos de espeleotemas (estalactitas, mantos, etc)

–Morfología de las distintas galerías

–Modelos y formas de construcción artificial

–Distintas formas y Tipos de Espacios subterráneos

Pozos y Lumbreras

Galerías y Conducciones

Lucernarios

Huellas de picadas

–Peligros potenciales encontrados , dentro de las galerías

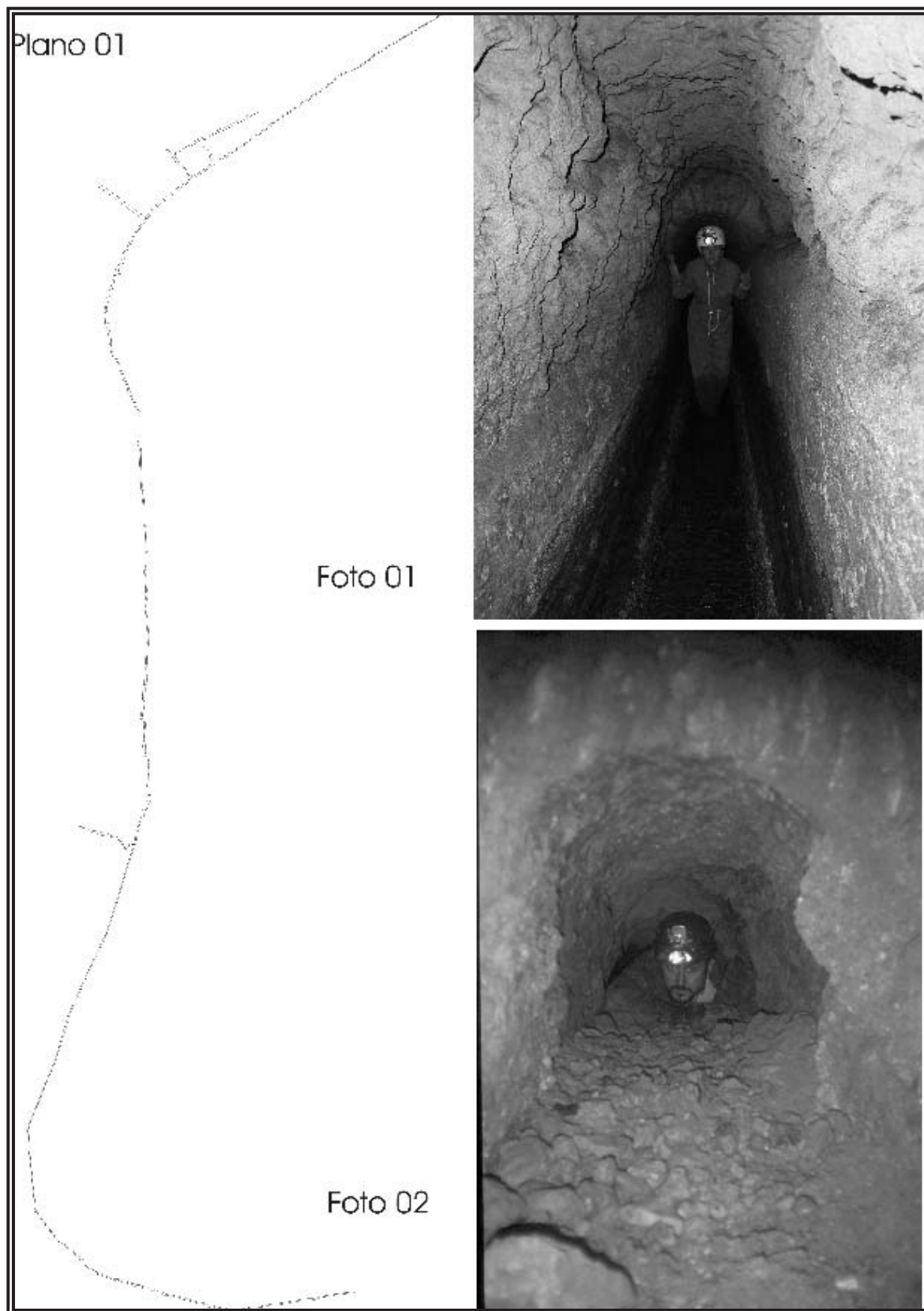
–Emanaciones de gases (acúmulos de materia orgánica)

–Concentración de infiltraciones de combustibles (gasolinera)

–Derrumbes en varios puntos del recorrido

–Tapones y contención de agua en el sector denominado “Gasolinera”

–Zonas inundadas y con falta de visibilidad en las aguas



Lamina 01: Plano 01. Sector topografiado por el momento , este recorrido supera los 1500 metros de acueducto subterráneo. Foto 01 Vista general

de la conducción artificial y en parte reforzada con ladrillos. Foto 02 Exploración en galerías laterales de menor tamaño.

INTRODUCCIÓN

Durante el verano de 1999 se exploraron algunas de las minas de este sector por miembros de la Sociedad Espeleológica Geos, acompañados de los Sres. Gobain Ovejero y Juan Aurelio Pérez. En Mayo de 2.000, se procedió a la exploración y topografía de todas las cavidades, a excepción del Manantial de las Golondrinas, que por ser época de abundantes lluvias se encontraba en parte sifonado. Durante el verano del mismo año (2000) se realizan los cálculos y los levantamientos topográficos. Prosiguiendo los trabajos de

colaboración. Realizamos varias salidas de campo , primero el 19 de Mayo de 2001 a la denominada Mina N para la toma de muestras mineralógica. En fecha posterior (26 de Mayo de 2001) realizamos la exploración , topografía y toma de imágenes en varias minas localizadas en el Sector de Puerto Cid. En dos visitas posteriores (25 de Julio y 14 de Septiembre de 2001) intentamos entrar a la mina/surgencia Golondrinas. Nos encontramos sifonado el acceso interior, dada la alta pluviometría de los últimos años.

METODOLOGIA

A fin de tener relacionadas espacialmente todas las planimetrías, se realizó una poligonal exterior que une todas las estaciones topográficas primarias de cada una de las minas. Esta poligonal exterior está compuesta por 19 tramos, derivados de 16 estaciones. Suma un total de 365 metros de desarrollo, 360 en proyección y 10,03 de desnivel (+8,64/-1,39). Con las tres poligonales cerradas que se han construido, se ha calculado un error máximo total del 12,26% (cálculos hechos con la aplicación informática Visual Topo ®).

Para las topografías interiores se han utilizado los métodos de itinerario o poligonal abierta,

poligonales cerradas y radiaciones. El total de metros topografiados se sitúa en 321, de los que un tercio aproximadamente (138) corresponden a la Mina N.

El grado alcanzado según la clasificación de la B. C. R. A. es en la mayoría de los casos el 5 D, existiendo algunas topografías con grado 5 C y un croquis (ver cuadro de datos espeleométricos). Debe tenerse en cuenta que el norte reflejado en todos los planos de planta es siempre el Norte magnético (año 2.000), al objeto de calcular la declinación.

Minas localizadas y exploradas entre 1999 y 2002

Sector La Pepa

Mina A, B-D,C-F, E,G-H,J-K-L,M,N,Ñ,Q

Datos generales de interés:

Minas exploradas 10

Bocas localizadas 16 (algunas en comunicación con otras entradas)

(pendiente el sistema minero inundado en la Primavera-Las Golondrinas)

Recorridos Topografiados :

Poligonal externa (localización bocas)

Desarrollo Total 365 metros

Desarrollo Proyectado 360 metros

Desnivel + 9 , - 1 , + - 10

Recorridos Interiores:

Desarrollo Total 322, 35 metros

Desarrollo Proyectado 266, 15 metros

Recorridos Externos e Internos Topografiados :

Desarrollo Total : 686 metros

Desarrollo Proyectado : 611 metros

Sector Puerto Cid

METODOLOGIA y DESCRIPCIÓN

Partiendo de una arqueta de sondeo geológico, cuyas coordenadas UTM son conocidas (Sr. Gobain), hicimos una poligonal exterior desde dicha arqueta, compuesta por dos itinerarios a las bocas de las minas A y B. Desde esta última, con una estación topográfica en el desmuestre marcado como 49, se hicieron varias radiaciones a varias bocas de la Mina B. La Mina C quedó fuera de esta poligonal exterior debido a su distancia a la arqueta de sondeo. Esta poligonal externa tiene 8 puntos topográficos y suma 127,31 m. Añadidos a los 122,37 m pertenecientes a los recorridos de topografía subterránea, hemos manejado 249,68 m.

De las estaciones situadas en las diversas bocas, partieron los itinerarios subterráneos, que en todos

los casos han contado con poligonales abiertas con algún que otro ramal secundario (caso de la Mina C), o radiaciones (piso superior de la Mina B). En esta, además, se hizo una poligonal cerrada (o bucle) en una de sus entradas (B3), que sirvió para compensar errores.

Los planos de las tres minas tienen un grado 5 C, según la B.C.R.A.. Las hojas concernientes a las minas A y C tienen una escala 1:50, mientras que la Mina B está a escala 1:100. Todos los nortes se refieren al Norte magnético para el año 2.001, lo que ha de tenerse en cuenta a la hora de realizar cálculos con las coordenadas de las estaciones topográficas. La equidistancia entre curvas de nivel es de 1 m.

La instrumentación necesaria para el trabajo de campo fue la siguiente:

- Medidor láser marca Hilti, modelo PD 25 (precisión ± 3 mm a los 100 m.)
- Brújula marca Suunto (precisión $\pm 0,5^\circ$ sexagesimal)
- Clinómetro marca Suunto (precisión $\pm 0,5^\circ$ sexagesimal)
- 2 jalones desmontables de 2 metros (de material plástico para evitar derivaciones en la brújula)
- Cinta métrica indeformable (para medidas auxiliares)

Los datos recogidos fueron procesados en PC, bajo las aplicaciones topográficas Visual Topo® y Topowin®. Con ellas se obtuvieron las coordenadas de las estaciones, recorridos y desniveles. Así mismo se obtuvo la impresión digital de las poligonales y sus puntos, completándose los contornos a mano alzada.

DESCRIPCION

Mina A (Puerto Cid) :

Recorrido topografiado: 18,67 m.

Desnivel: 1,24 (+0,05/-1,19)

Situada a 26,80 m al Este de la arqueta de sondeo geológico. En el exterior de la entrada se puede apreciar un corte semicircular del farallón rocoso, que en otro tiempo pudo pertenecer al interior de

la mina. Una vez dentro, se abre una depresión que ocupa la mayor parte del suelo de la zona central, de entre 70 y 80 cm de profundidad, y con algún agua almacenada.

Mina B (Puerto Cid):

Recorrido topografiado: 79,41 m.

Desnivel: -9,33 m.

Es la mayor de estas tres minas, alineando hasta seis bocas a lo largo de su trayecto. Se dispone en dos sectores bien diferenciados. El primero es un piso entre los -2,04 y los -4,43 m. En su parte Sur es de forma irregular, y con el suelo inclinado hacia el Noroeste. En su parte norte, desde una pequeña cámara se abren tres “culatones” en diferentes direcciones. Hay un “culatón” más, de cota superior a estos, que presenta una chimenea rellena de bloques, muy posiblemente de modo antrópico.

El segundo sector va desde los -3,34 hasta los -9,33 m. (máximo desnivel), y se corresponde con una “galería” casi recta, y de muy irregulares contornos y alturas (desde 45 cm a 5 m). En su parte central, donde los volúmenes son mayores, hay un notable acúmulo en el suelo de clastos y de bloques, algunos de un porte considerable. En este tramo aparecieron algunos fragmentos de cerámica medieval y una rodillera de corcho (pieza circular de unos 25 cm. Ø).

Mina C (Puerto Cid):

Recorrido topografiado: 24,29 m.

Desnivel: -5,30 m (+3,05/-2,25). No están incluidos los 14 m de batimetría del pozo inundado.

La más meridional de estas obras presenta dos entradas bien distintas. La primera de ellas es un pozo de sección rectangular, datable en el siglo XVIII, e inundado hasta 4,20 m. de la superficie. Dos sondeos realizados en este pozo nos han dado batimetrías de 12 y 14 m respectivamente.

La segunda entrada, se abre a modo de “trinchera”, rectilínea y continuada en una galería descendente. Esta galería llega a una zona inundada, existiendo a la derecha lo que parece ser un “culatón”; sin embargo la batimetría aquí va aumentando, y supera los dos metros en el extremo. Hacia la izquierda, franqueando una bóveda, se llega al pozo del siglo XVIII.

Desde la trinchera de entrada se abre otra galería, hacia el Sureste. Tras un pequeño resalte aparece un “culatón” a la derecha; hacia el frente la galería se inunda, siendo la batimetría superior a un metro. En la fecha indicada se apreciaba claramente como el agua había salido recientemente (y en no poca cantidad) por la trinchera, lo que supone una subida del nivel con respecto al actual de 114 cm. No en vano, hemos "rebautizado" esta mina como “Drenaje” y “Desagüe”.

Para la completa toma de datos, y debido a la profundidad del agua antes mencionada, nos fue necesario hacer uso de un bote neumático, a fin de poder establecer las estaciones topográficas de las zonas inundadas.

Equipos espeleológicos empleados

Equipos autónomos , personales de Iluminación y protección (carburo y eléctrico)

- Monos integrales , botas de goma , arneses, cabos de anclaje, etc
- Cuerdas dinámicas y estáticas de 9 y 10 mm
- Escalerillas metálicas con cable de acero y peldaños de aluminio
- Sistemas de anclaje artificiales (cintas planas , clavijas , empotradores)
- Mosquetones variados (según necesidades)
- Mascarillas de protección respiratoria 3M 8710 E

Equipos Topográficos empleados (toma de datos en campo)

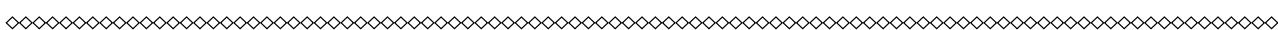
Brújula Suunto Dural KB-14 360 °

Clinómetro Suunto 360 °

Cintas métricas indeformables

Jalones de Plástico (de 1 metro)

Medidor Laser HILTI, mod : PD 25



Bibliografía

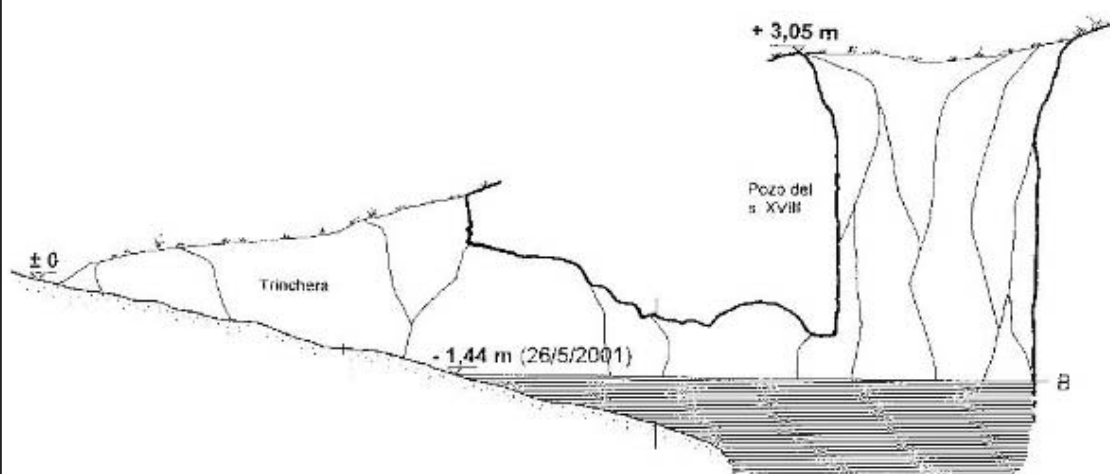
- Orígenes e Historia de Alcalá de Guadaíra de D. Francisco García Rivero
Edita : Ayuntamiento de Alcala de Guadaíra
Fecha : 1997
- El Último Siglo de la Sevilla Islámica (1147-1248) " El Abastecimiento de Agua , por Magdalena Valor Piechotta y Vicente Romero Gutiérrez.
- Tratado de Arquitectura Hispano-Musulmana I El Agua de D.Basilio Pavon Maldonado.
- Cavernas y Simas de España de D.Gabriel Puig y Larraz
Est. Tip. De la Viuda é Hijos de M. Tello - MADRID.
- Trabajos varios de índole general encontrados en Internet.
- Recortes de prensa local y provincial en referencia directa a las galerías.
- El Agua en Sevilla (Ayuntamiento de Sevilla y EMASESA) (varios autores)
- Ediciones Guadalquivir-Sevilla.
- Memorias Históricas de la Villa de Alcalá de Guadaíra de D.Leandro José de Flores.
- Actas del Primer Congreso Internacional de Subterranología.
Société Belge de Recherche et d'Etude des Souterrains (SO.BE.R.E.S.)
- Actas y Memorias del Congreso Internacional de Arqueología e Historia del Mundo Subterráneo (MONS (Bélgica)
Société Belge de Recherche et d'Etude des Souterrains (SO.BE.R.E.S.)
- Boletín Nº 51 de Sociedad Belga de Reconocimientos y Estudios Subterráneos
Société Belge de Recherche et d'Etude des Souterrains (SO.BE.R.E.S.)
Diciembre 2001.
- Boletín Nº 52 de Sociedad Belga de Reconocimientos y Estudios Subterráneos
Société Belge de Recherche et d'Etude des Souterrains (SO.BE.R.E.S.)
Abril 2002



Foto 01



Foto 02



Plano 01

Lamina 02: Compuesta por. *Foto 01* Parte externa de La Pepa , trabajos de levantamiento de la poligonal externa.*Foto 02* Interior de la Mina N, sección característica de este tipo de mina romana

Plano 01. Observamos la morfología de trinchera y un pozo vertical del Siglo XVIII inundado. Ejemplo de uno de los levantamientos topográficos realizados.