

**CURSILLO PARA INICIACIÓN  
DE  
TOPOGRAFÍA ESPELEOLÓGICA  
ANTONIO FORNES 2014**



Foto: Sorbas 2013. Cueva la Vieja (Sistema R-5). Poligonal de superficie para enlazar sus 18 bocas. (Alain Thibault y A. Fornes)

El mejor complemento a la técnica

## Introducción.-

Es sencillo, en realidad mucho. Tan solo tiene que gustarte. La verdad es que decir Topografía, ya predispone a la gente a asociar esta materia con el estudio, y no con la diversión, la técnica, el apasionante sentimiento de la exploración, con el deambular por los inmensos espacios llenos de oscuridad, vislumbrando las señales que otros colocaron para poder seguir una travesía...

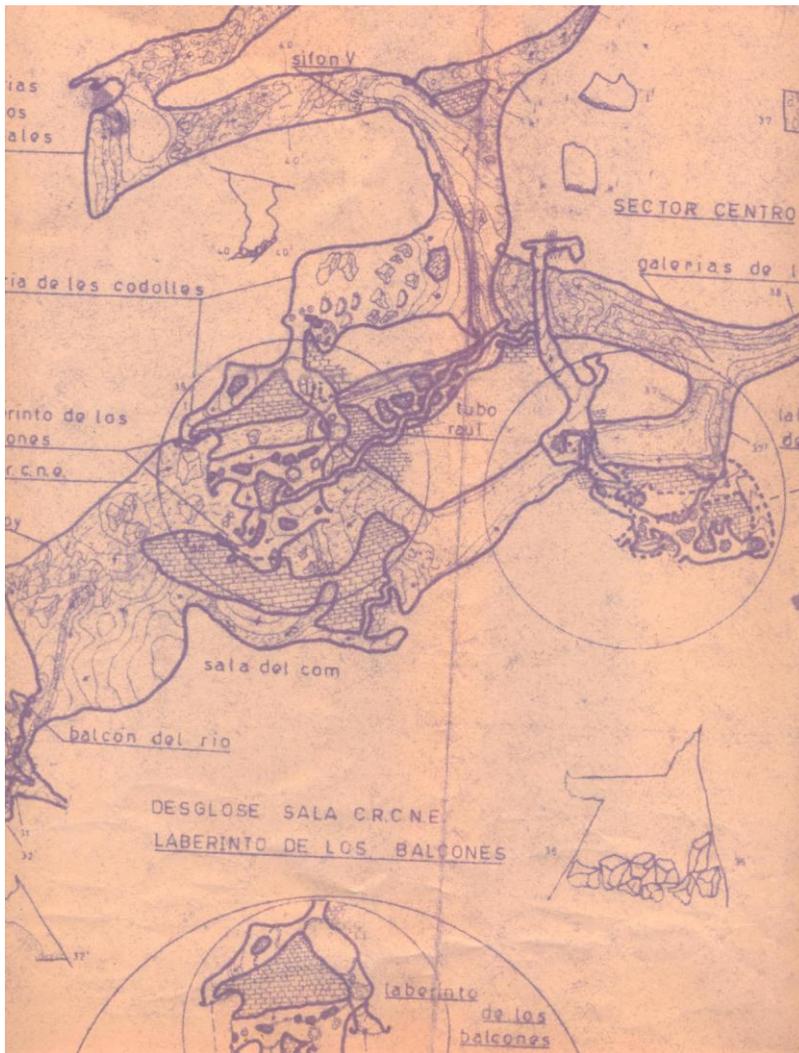
¡Pues no!, para poder progresar por una galería, pozo, salón, o laberinto con seguridad, es necesario saber dónde te encuentras, y hacia qué lugar deseas ir, sin depender de las señales que otros hayan colocado, no siempre en la dirección correcta.

El topógrafo, es el único espeleólogo que visita la cavidad hasta el último de los rincones, tomando nota de sus características, trazando el plano, ficha de instalación, describiendo su entorno, además es fácil de combinar con la exploración, porque se puede

realizar este estudio desde dentro hacia fuera, en fin, que es una buena forma de disfrutar la Espeleología, y poder constatar algo que de otra forma tan solo quedaría en mera diversión.

¿Tu deseo es pasar un curso, y saber lo que hacemos, o por el contrario deseas introducirte más en los entresijos de esta ciencia, que para ser conocida se requiere algo más que la técnica?

Nada más alejado de mi interés que separar estas dos materias que siempre han estado ligadas, y que de un tiempo a esta parte por diversos motivos ajenos a los espeleólogos se han separado, sin darnos cuenta que para poder practicar Espeleología, técnica y exploración, son imprescindibles tener amplias nociones del resto de las materias que la componen.



Planta parcial del complejo de Piscarciano (Burgos) donde se aprecian dos laberintos  
Topografía realizada los años 1971, 72 y 73

## 1.- TOPOGRAFÍA ESPELEOLÓGICA.

La Topografía Espeleológica es en síntesis la ciencia que estudia la forma de representar a escala una cavidad subterránea. Para su desarrollo (2 D) se puede realizar en tres partes complementarias que se denominan; Planta (vista superior), Alzado (vista lateral o corte longitudinal) y Secciones (cortes transversales). También existen otras formas tridimensionales empleando diferentes sistemas de perspectivas (Caballera, Isométrica y Axonométrica).

### 1.1- Planta.

Se define como la representación del piso de la cavidad. En la planta se encontrarán representados todos los detalles morfológicos, así como la situación de los alzados y las secciones. También podrá contener los datos numéricos que fuesen necesarios, así como la orientación y las curvas de nivel.

### 1.2- Alzado.

Alzado o corte longitudinal es la representación del perfil de la cavidad. Podríamos diferenciar dos tipos de alzado: el alzado desarrollado y el alzado proyectado.

#### 1.2.1- Alzado Desarrollado.

Es la representación vertical de la cavidad pasando por el eje de la misma.

#### 1.2.2- Alzado Proyectado.

Es la representación vertical de la cavidad, proyectando las cotas sobre una línea llamada línea de proyección, estimada previamente.

### 1.3- Secciones.

Las Secciones o Cortes Transversales son la representación perpendicular al alzado de la silueta de la cavidad, y deberán indicar los cambios importantes en el tamaño, dirección u otras características morfológicas, además de la posición con respecto a la planta.

## 2.- APARAROS DE MEDICIÓN.

Para realizar todas las mediciones necesarias, se pueden utilizar varios aparatos:

#### **Brújula:**

Para medir ángulos horizontales desde un punto a otros con respecto al Norte Magnético. Tiene que ser de alta precisión, ( $\frac{1}{2}^{\circ}$ ) y lectura directa.

#### **Nivel topográfico:**

Para medir ángulos horizontales con precisión. Posee visor, nivel y limbo móvil (No utiliza brújula)

#### **Clinómetro:**

Para medir ángulos verticales, servirá para saber los desniveles, y en algunos casos

altura de techos. Este aparato también se encuentra en el mercado, de lectura directa y precisión de  $\frac{1}{2}^\circ$ .

**Medidor láser:**

Para medir distancias. Este aparato se encuentra en el mercado, es de alta precisión, y el más adecuado para medir techos, muy versátil, y combinado con el clinómetro se pueden realizar multitud de tomas de datos. Existen en el mercado distanciómetros con clinómetro digital incorporado de excelente versatilidad.

**Cinta métrica:**

Se utiliza para medir distancias, sus características imprescindibles, son; ser indeformable, de lectura clara, aconsejándose la de 20 ó 25m. Siempre es conveniente tener un flexómetro de 5 metros como complemento.

**Receptor G.P.S. de campo:**

Para situar la boca, o realizar todas las situaciones de puntos en superficie que se estime necesario.

**Altímetro:**

Se utiliza como complemento en el caso de no disponer de G.P.S., para junto con la brújula situar un punto en superficie.

### 3.- SISTEMAS DE TOPOGRAFÍA.

#### 3.1- Radial.

Después de utilizar diversos sistemas, se ha llegado a la conclusión de que para la inmensa mayoría de las cavidades es el más fiable, dependiendo el nivel de precisión casi exclusivamente de la calidad de los instrumentos utilizados, y de la capacidad de apreciación del topógrafo.

Se trata de situarse en el centro de la sala o galería y tomar mediciones de orientación, desnivel y distancia hacia las paredes, entrantes, salientes, comienzos de otras galerías, pozos, cursos de agua u otros detalles importantes. Cuantos más radiales se tracen, mayor precisión se obtendrá. Tres croquis con las anotaciones pertinentes ayudarán a tomar los datos numéricos y de dibujo necesarios para poder plasmar en el papel a escala la representación de la cavidad.

Existen tabletas programadas que pueden absorber la totalidad de los datos, y posteriormente ser volcados a cualquier programa de topografía espeleológica. No obstante por lo menos para los dibujos de croquis es recomendable un cuaderno de campo.

#### 3.2- Triangulación.

Tomando como base el sistema radial y basándose en que el triángulo, que es la única figura geométrica indeformable, se trata de tomar mediciones de distancia, orientación y desnivel entre los extremos de los radiales, con lo que se obtiene una serie de triángulos con un punto común: la estación central. A mayor cantidad de triángulos, mucha mayor precisión.

Este sistema es bastante más laborioso que el anterior y no se obtiene proporcionalmente mucha mayor precisión, por lo que se utiliza exclusivamente cuando el trabajo a realizar requiere máxima exactitud, o bien no funciona la brújula y no se dispone de nivel. En este caso se puede obtener el plano de la cavidad, pero sin orientación. Por supuesto en estos casos lo más fiable es la estación total.

#### **4.- TOPOGRAFIANDO UNA CAVIDAD.**

Se puede utilizar preferentemente el sistema radial, calculando el equipo de espeleólogos de apoyo necesario, en principio dos sería suficiente, dónde se tiene que medir, cómo se anotará en el bloc y cómo se pasará posteriormente a papel milimetrado. De todas formas, antes de empezar a topografiar, lo primero que debe hacerse, es situar la boca, encabezando los datos con fecha, lugar y componentes.

Si se dispone de un programa de topografía, habrá que adecuarse a los requerimientos del mismo.

##### **4.1-Como situar la boca.**

Para situar un punto en un plano, no se tiene más que encender el G.P.S., y fijar las coordenadas, procurando anotarlas también en el bloc de campo, indicando datum, huso y precisión. En caso de coordenadas geográficas, sus datos correspondientes.

Si no se dispone de este aparato, simplemente con la hoja del topográfico y una brújula, se tendrán que localizar tres o más puntos periféricos, tomando rumbos desde la misma boca a éstos, y luego en casa, trazando los radiales con los ángulos que se tomaron en el campo, en un papel transparente, se hacen coincidir sobre el plano con los puntos ya conocidos, y el vértice será el lugar donde se encuentra la boca.

##### **4.2-Equipo Humano.**

Estará compuesto por dos espeleólogos: Topógrafo y Ayudante. No obstante, sabido es que el equipo mínimo para entrar a una cavidad de cierta importancia es de tres personas. Puesto que en Topografía es de gran ayuda tener a disposición del Topógrafo un Fotógrafo que vaya fotografiando las secciones más representativas y los espeleotemas más a resaltar y que además pueda colaborar con él en las lecturas de desniveles, techos, y realizar la descripción.

Es aconsejable antes de comenzar la topografía de una cavidad, conocerla completamente por lo que en muchos casos, sobre todo en las verticales, conviene comenzar a topografiar desde el fondo hacia el exterior.

En grandes sistemas subterráneos, pueden trabajar varios equipos de topógrafos simultánea o sucesivamente (algunas topografías han costado años en completarse). Es conveniente como ya se ha mencionado, que el Topógrafo conozca en lo posible la cavidad, e imprescindible en el caso de varios equipos de topógrafos, que se contrasten previamente los aparatos de medición.

### 4.3-Hoja de Anotaciones.

Sin duda, existe una Hoja de Anotaciones diferente para cada topógrafo, pero se puede sugerir la más escueta, puesto que el resto de los datos a añadir se deducen de los básicos, para reflejarlos posteriormente.

La primera sugerencia es que en vez de utilizar una hoja de anotaciones predeterminada, se utilice un bloc de papel cuadriculado con tapas de cartulina, de tamaño cuartilla o formato A5 (unos 155 X 215 mm.), que permite ser manejado con facilidad y escamoteado entre la ropa, si es necesario para pasar una angostura o atravesar un pozo.

Se han utilizado tamaños más pequeños y han resultado escasos, y tamaños más grandes se hacen difíciles de transportar. En cuanto al grosor, unas 80 páginas pueden ser suficientes; más podrían ser demasiadas.

En el caso de utilizar un programa para pasar los datos por ordenador, convendrá adecuar la hoja de anotaciones al programa según lo requiera.

Existen tabletas programadas de varios tipos, donde se insertan los datos, y se puede ir viendo el trazado en el instante, ya es utilizada con asiduidad por algunos grupos, obteniéndose buenos rendimientos.

#### 4.3.1-Como anotar los datos.

En puntos anteriores se ha referido que la medición se efectuará de estación a estación o de estación a radiales, pero... ¿qué es una estación? Pues estación es el punto desde donde se toma una medición, por lo tanto el lugar donde está situado el Topógrafo. Y ¿qué es una radial? pues la medición desde una estación a una pared o a otro punto. Para anotar las lecturas de brújula, cinta o láser y clinómetro en la Hoja de Anotaciones, se suele utilizar la parte izquierda del bloc indicando en primer lugar la estación desde donde se efectúan las mediciones, y en segundo lugar, hacia el punto donde se han realizado, ejemplo:

Estación	A punto	Brújula	Clinómetro	Distancia	Techo
1	2	82 °	+12 °	27,52 m.	6 m.
1	3	112 °	0 °	12,4 m.	7,35 m.

Horizontalmente y en la misma línea se anotan las lecturas de brújula, clinómetro y distancia, dejando una casilla para la medida de techo. También se pueden añadir dos casillas más para indicar distancia a la derecha é izquierda. El resto de la hoja sirve para dibujar los croquis.

#### 4.3.2- Dónde es conveniente medir.

Habrá que situarse en el centro de la boca de entrada. Si se ha decidido comenzar la topografía desde el fondo, el criterio es el mismo, hay que posicionarse también en el centro de la galería más profunda, desde donde se pueda medir y ver el fondo.

Se tomarán los anchos y se anotarán (previamente se traza la silueta de la planta). Si el espacio a topografiar es un salón, se tomarán medidas, ángulos horizontales, y verticales a las distintas sinuosidades de las paredes. Coincidiendo con la línea que se estime para trazar el perfil, se tomarán datos de distancia y ángulo vertical en diferentes puntos de techo y piso, que servirán para trazar el perfil. Distancia al techo de la estación y en todas las sucesivas. (Con el medidor láser, se toman los techos directamente). El Ayudante irá recorriendo el perímetro dando lecturas de todos los entrantes y salientes, hasta completar la circunferencia del salón. También se situarán las bocas de las posibles galerías que se encuentren para seguir las topografiando posteriormente.

Teniendo las medidas de piso y alturas en cada estación, se puede dibujar el croquis de alzado, haciéndolo coincidir con los radiales correspondientes así como alguna sección, sobre todo en el centro del salón, y donde varíe notablemente la morfología.

#### 4.3.3- Como topografiar una sima.

En primer lugar se topografía la planta de la boca, arrancando a ser posible de la cabecera. Posteriormente se mide la primera caída hasta el fraccionamiento, comprobando el desnivel. Si es absolutamente vertical, la anotación será  $-90^\circ$ , pero en el caso de que exista algún desplazamiento de la vertical, hay que tomar orientación y desnivel, además de la distancia. Cuando se llega a alguna planta pisable, la topografía será igual que si fuese una cueva horizontal, tomando como estación la nueva cabecera en caso de que siga descendiendo el pozo. El proceso es sistemático, salvo que surja algún problema topográfico.

#### 4.3.4- ¿Cómo se mide el ancho de un pozo?

Con el medidor laser.

En caso de no disponer de distanciómetro, al descender con la cinta métrica enganchada, desde el punto anterior se toma una medida exacta y se anota en el croquis; por ejemplo: a 10 m. Desde este punto se toma un desnivel con el clinómetro a un punto inferior en la pared opuesta (este desnivel es negativo y el punto hay que tenerlo bien claro). Después se sigue descendiendo algún metro por debajo del punto en cuestión, averiguando la distancia, que también hay que anotar en el croquis, tomando desde este nuevo punto lectura de desnivel al punto de la pared opuesta que se había visualizado anteriormente. De esta manera, se tiene a saber: un segmento vertical bien acotado, y desde ambos extremos del

segmento, dos ángulos a un punto inaccesible de la pared opuesta. Por convergencia de ángulos, hallaremos la cota de anchura del pozo.

#### 4.3.5- ¿Cómo se mide un punto inaccesible en la boca de un pozo?

Se sitúan dos puntos distantes dentro del radial de la topografía, midiendo el segmento. Desde ambos extremos se toman sendas lecturas de brújula al punto inaccesible en cuestión, lo que nos dará un segmento en planta y dos ángulos. Por convergencia de ángulos horizontales se obtendrá la medida del punto inaccesible. (Con el medidor láser se puede tomar la lectura directamente).

#### 4.4- Algunos datos a tener en cuenta.

Aunque ya se ha indicado en puntos anteriores, es conveniente recalcar y ampliar algunos detalles de vital importancia, como pueden ser la forma de medir un techo, pequeños errores a subsanar, o como trazar curvas de nivel partiendo del alzado desarrollado.

##### 4.4.1- Como medir un techo.

Estando situados en una estación (1). Aprovechando la medida a la siguiente estación y su desnivel (2), el Ayudante nos dará la lectura de clinómetro hasta la vertical de nuestra estación.

El punto de la vertical en el techo se puede obtener empleando una linterna tubular de haz concentrado que tomaremos por el foco dejando colgar el cuerpo para que haga de plomada y se mantenga de la forma más vertical posible. El punto de luz proyectado en el techo dará la vertical aproximada al punto en cuestión cuya lectura deberá tomar el Ayudante. Luego solamente habrá que añadir la altura del Topógrafo desde sus ojos al piso. Actualmente los medidores por láser del tipo profesional permiten leer techos con precisiones de  $\pm 0,3\text{m/m}$ .

##### 4.4.2- Pequeños errores a subsanar.

Habrà que diferenciar dos clases de errores: el puntual y el sistemático. Los errores puntuales, siendo a tener en cuenta, pueden influir poco en la topografía, pero los errores sistemáticos son peligrosos porque se suman y pueden finalmente distorsionar notablemente el resultado del trabajo.

Como errores puntuales podemos enumerar los siguientes:

- No medir un radial en el punto más profundo, sino donde podemos llegar sin agacharnos; o sea: que la cavidad continúe algunos metros, pero con techo muy bajo. La medida se ha de hacer siempre al punto accesible más distante.
- En algún caso el Topógrafo está de pie y el Ayudante está agachado, midiendo en el suelo (o al revés). Esto es incorrecto porque la medición hemos dicho que hay que hacerla paralela al suelo. Este caso carece de importancia si no es entre estaciones.
- No hemos de situar una estación en la pared, porque en la siguiente estación nos resultará imposible situar al Topógrafo en el punto correcto (detrás de la pared).

- Tomar una medición con la cinta no suficientemente tensa, o tocando alguna esquina o formación que evite el que esta se mantenga recta. Existen muchos más errores puntuales, difíciles de enumerar en su totalidad, pero estos son los más frecuentes.

Los errores sistemáticos son más importantes, por lo que hay que tenerlos muy en cuenta. Veamos algunos de los más comunes:

- Atención a la progresión numérica de la brújula, que al ser a la inversa de lo que la lógica indicaría, nos puede llevar a graves errores de lectura.
- El llevar sujeto el extremo de la cinta métrica al arnés por medio de un mosquetón, hay que tener en cuenta que el centímetro 0 debe de estar justo en la vertical de la estación, y que como se dijo anteriormente, no todas las cintas métricas tienen el origen en el mismo sitio. Aunque parezca no tener importancia, 5 centímetros de más en una topografía con 150 ó 200 estaciones, en cada una de las cuales, este error puede hacer que la diferencia sea de 10 metros de recorrido a la cavidad.
- La proximidad del carburero (o del compañero) puede distorsionar la medición de la brújula. También las gafas si son de montura metálica o cualquier otro objeto ferromagnético, y más aún si es magnético. (Ojo a algunos elementos de iluminación con leds).
- En los pozos y simas, si se desestima el posible desplazamiento de la verticalidad en planta de los fraccionamientos, y por lo tanto el desnivel en ángulo vertical, se estará trabajando de forma incorrecta.

#### 5-. ¿Para qué sirve la topografía?

Además de ser imprescindible para realizar cualquier trabajo en una cavidad, convendría enumerar algunas de las utilidades de la topografía:

- Para visitar cualquier cueva o sima de cierta dificultad.
- Al catalogar una cavidad.
- Si se quiere hacer una excavación arqueológica.
- Como complemento a cualquier obra en superficie que esté situada sobre una cueva.
- Para realizar cualquier estudio geológico, biológico etc.

***Un buen espeleólogo, si tiene que explorar cavidades subterráneas de cierto nivel, no tendrá más remedio que dominar esta técnica, si desea salir airoso de sus incursiones, o contrariamente dependerá siempre de otros mejor dotados, o ceñirse exclusivamente a travesías bien marcadas, y rogar para no equivocarse de itinerario.***

***La exploración de nuevas zonas vírgenes, requiere siempre de especialistas en topografía, para poder reflejar en las memorias de la exploración los resultados obtenidos.***

***De ti depende el llegar a ser un espeleólogo de élite, o un simple visitante de simas y cavernas.***

***Con mis mejores deseos***

***Toni Fornes***