

RADIOLOCALIZACIÓN EN CAVIDADES Y COMUNICACIÓN DIGITAL DE TEXTO RADIOLOCATION IN CAVES AND DIGITAL TEXT COMMUNICATION

J.L. Ronda (1), E. Díez (2)

GRUPO ESPELEOLÓGICO DEL CENTRO EXCURSIONISTA DE ALICANTE
juanleronda@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo se han llevado arrastrando acumulación de errores en los trabajos de topografía y, aún más, en poligonales abiertas. Esto conlleva a realizar posteriormente correcciones. Una manera de ver si estamos bien encaminados es reflejar en superficie puntos interesantes en el curso de la poligonal mediante técnicas de radiolocalización, contrastando a su vez con replanteos de la topografía en superficie.

Con frecuencia nos surgen inquietudes a la hora de relacionar los desarrollos del curso de la cavidad como: lagos, sifones, fracturas, chimeneas, agujeros sopladores, etc., con los accidentes geográficos en superficie: fallas, dolinas, grietas y sumideros en barrancos. También nos atraen las posibles conexiones entre diferentes niveles de la cavidad, como posibles interconexiones entre cavidades adyacentes o bien dejar marcadas vías de escape por su proximidad a superficie. Todo esto implica el uso de estas técnicas radiolocalizadoras, las cuales, consisten en la introducción de un equipo emisor que, mediante otro equipo receptor, nos proporciona unos ángulos entre los mismos, tanto de rumbo como de inclinación. Estos, sumados a unas distancias tomadas en superficie y aplicando razones trigonométricas, nos dan un punto en planta con su profundidad.

Ya puestos a pedir, disponiendo de la transmisión de señal en un sentido (del emisor hacia el receptor), se pueden duplicar los equipos convirtiéndolos en emisor-receptor (transceptor) funcionando entonces en dos sentidos, con el objeto de trabajar con una señal digital que lleva una información de caracteres alfanuméricos y, al ser visualizados en un ordenador, nos da como resultado un intercomunicador digital. Cualquiera que se pare un poco a pensar, deducirá un tremendo abanico de posibilidades: coordinación de trabajos quitándonos estimaciones de tiempo, comunicación de incidencias para su pronta actuación,

replanteos de topografía en superficie en tiempo real, etc. Y si vamos un poco más allá, ya que estamos trabajando en digital, por qué en vez de mandar caracteres (en su conjunto palabras, párrafos) no mandar otra información como por ejemplo: señales analógicas de sensores (humedad, temperatura del aire y del agua, velocidad del viento, variaciones del nivel del agua, presión atmosférica, pH y conductividad eléctrica del agua, etc.), señales digitales de entradas-salidas para actuar o recibir actuaciones (niveles de boya, caudalímetro, timbre de llamada, estados de alarma, etc.), una fotografía, etc. Pero vayamos por pasos. De momento, estamos en el desarrollo del intercomunicador que está bastante avanzado y funciona. Más adelante tendremos trabajo para no aburrirnos. El avance irá en función de lo que estrujemos nuestro tiempo ya que, sólo somos dos técnicos electrónicos con proyectos que van más allá de un hobby. Son muchos años y varios los equipos realizados. Nos vemos obligados a realizar pruebas empíricas, formación autodidacta y desarrollo casero de equipos de medida y chequeo, específicos. Los equipos construidos son prototipos en continua evolución.

2. HISTORIA

A través de información cedida por el GELL (grupo espeleológico La Lastrilla) de Cantabria, de un radiogoniómetro realizado por los ingleses, en el que utilizan un receptor superheterodino, desarrollan una versión más simple de un receptor a reacción. Nosotros lo construimos y empieza entonces, un largo trecho de continuas investigaciones.

El equipo es aplicado, exclusivamente, a los trabajos realizados en la Cueva de los Chorros por la Asociación Extopocién (exploradora-topográfica-científica), de la cual somos unos de los miembros fundadores, aunque ocasionalmente lo hemos utilizado en otras cavidades. La zona de trabajo asignada a Extopocién es de 82 Km cuadrados.

3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

En principio, definiremos la radiogoniometría como la medición de ángulos a través de ondas de radio. Y como radiolocalizador, sistema localizador a través de ondas de radio. Lo primero que hacemos, es generar esas ondas de radio a través de un

emisor que, introducimos en el interior de la cavidad. En concreto es una señal electromagnética de la cual, vamos a aprovechar su componente magnética, que atraviesa mucho más el paquete rocoso que la eléctrica, aunque la magnética decrezca con el cubo de la distancia. Seguidamente, buscamos en superficie, mediante un receptor, la posición de su antena en el que se anula la señal (la máxima señal es más ambigua) dándonos unos ángulos de apunte, que sumado a unas distancias tomadas manualmente y, aplicando razones trigonométricas, nos ubican en la vertical donde se encuentra el emisor y, su profundidad. Queda así radiolocalizado el emisor en superficie.



Figura 1. Receptor apuntando ángulos de rumbo en la Cueva de los Chorros.

3.1. PROCESO DE LA TOMA DE DATOS

3.1.1. ubicación en planta

Una vez el emisor empieza a transmitir, con la antena receptora en posición vertical, buscamos el ángulo de apunte que es un rumbo determinado, trazando una recta. Al desplazarnos perpendicularmente, volvemos a tomar otro rumbo que dará otra

recta. Ambas se cortarán en un punto, que llamamos "tierra cero". Si volvemos a trazar una tercera recta, difícilmente coincidirá con el punto, originándose lo que llamamos "triángulo de error". Su baricentro será pues, el punto medio de "tierra cero". Queda reflejado en la figura 2.

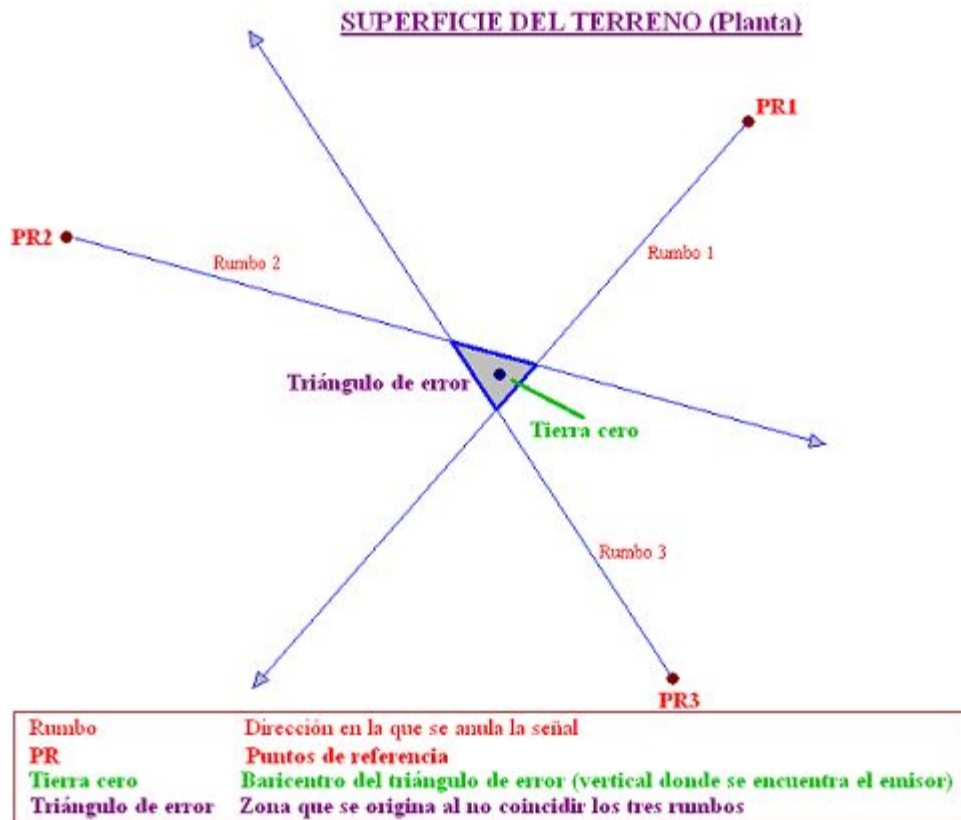


Figura 2. Representación de "tierra cero" en la toma de datos.

3.1.2. profundidad

Retirándonos una distancia de "tierra cero", creamos un punto llamado "punto de referencia". Con la antena en posición horizontal mirando desde PR a "tierra cero", tomamos el ángulo de apunte (señal nula) que es la inclinación. Con un ángulo y un lado de un triángulo rectángulo, podemos ya sacar el resto, aplicando razones trigonométricas. Lo vemos gráficamente en la figura 3.

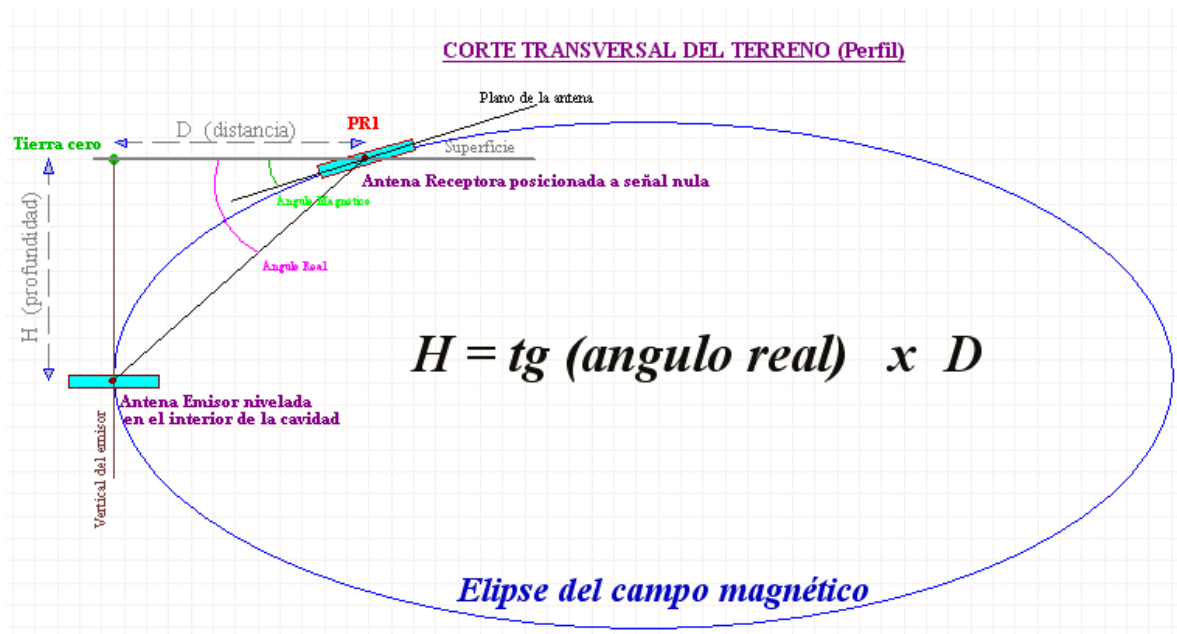


Figura 3. Representación de la profundidad en la toma de datos.

Para cada punto de referencia nos da una profundidad, pudiendo realizar una media de todas ellas. Es necesaria una conversión antes de realizar los cálculos, ya que el ángulo de inclinación tomado por la antena α , corresponde a la elipse del campo magnético, siendo necesario calcular el ángulo real β (formado por recta entre antenas y horizontal), aplicando la fórmula $\beta = \cot \alpha - \frac{2}{3 \tan \alpha \mp \sqrt{9 \tan^2 \alpha + 8}}$ ($\pm$ es + si α es +, y es – si α es -). Puede ser más práctico utilizar el ábaco representado en la figura 4.

4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO ACTUAL

El equipo utilizado actualmente consta de dos aparatos; un emisor, normalmente introducido en cavidad y, un receptor que se mueve por superficie.

4.1. EQUIPO EMISOR

Consta de tres bloques principales: antena, caja contenedora y batería. Está representado en la figura 5a y 5b.

CONVERSIÓN ÁNGULO MAGNÉTICO A REAL

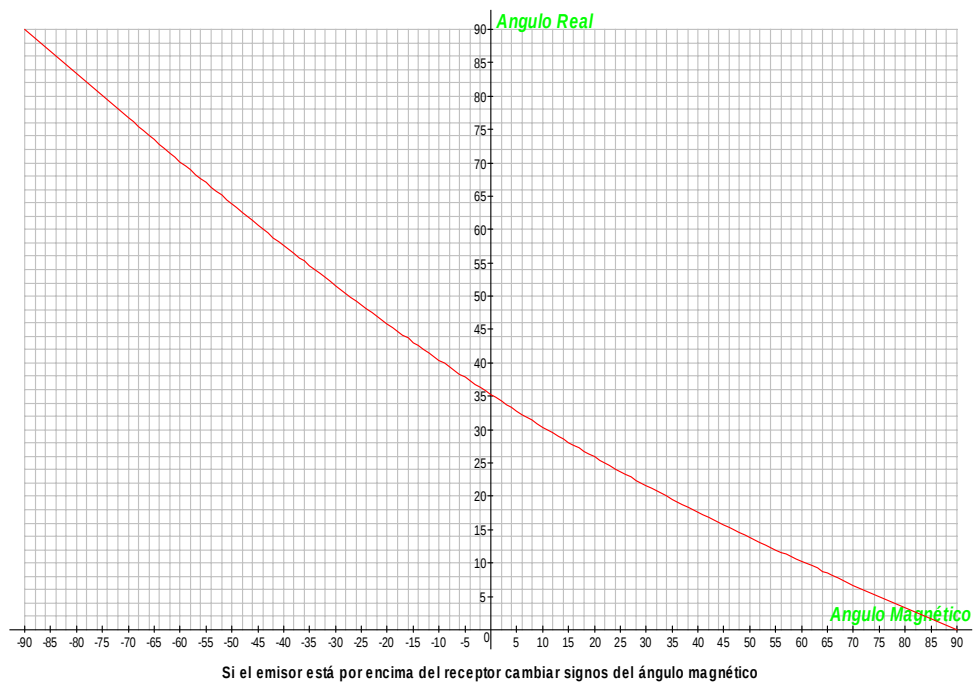


Figura 4. Gráfica de conversión de ángulos

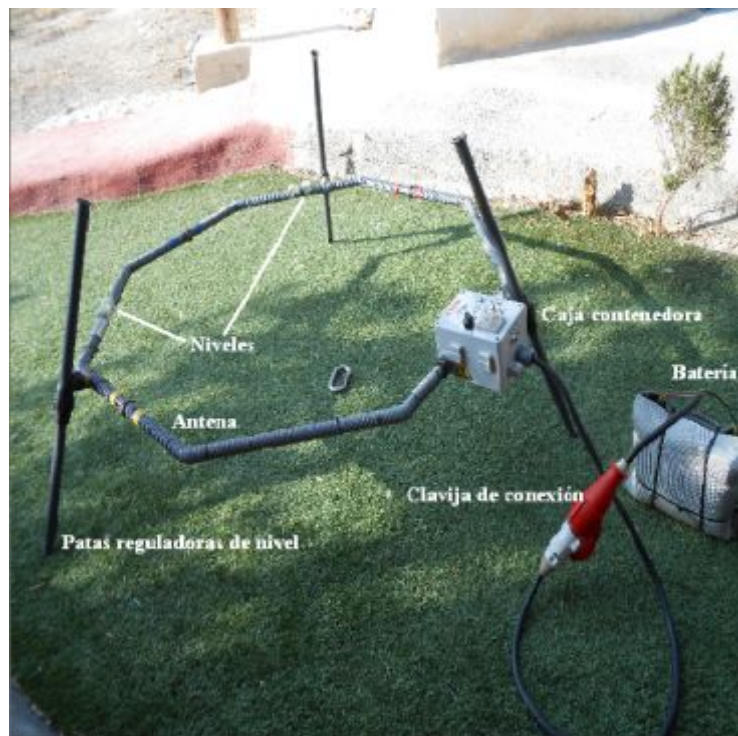


Figura 5a. Descripción del emisor.



Figura 5b. Emisor desmontado para su transporte.

4.1.1. antena

Es una espira octogonal de un metro cuadrado de superficie de tubería de cobre de 22 mm de diámetro y 1 mm de espesor, cubierta por una funda plástica. Es desmontable en cuatro partes mediante tuercas de unión de latón. Las soldaduras de los accesorios de unión están hechas con estaño-plata. Lleva consigo tres puntos para insertar patas reguladoras de nivel de PVC de 70 cm y, a su vez, dos niveles de burbuja que nivelan los dos ejes del plano de la antena. Incorpora un testigo luminoso que verifica su correcta emisión. Tiene un momento magnético de 70 amperios por metro cuadrado.

4.1.2. caja contenedora

Aquí está ubicada toda la electrónica y parte del circuito resonante. Tiene tres conexiones: cable de alimentación, antena y cable conexión a PC (sólo si se utiliza como intercomunicador). Hay una botonera, la cual, hace versátil el funcionamiento del emisor, pudiendo manejar múltiples sistemas de transmisión y modulación, incluyendo una regulación de potencia (1-100%).

4.1.3. batería

La alimentación es una batería de plomo-ácido estanca de 12V 17Ah cubierta de esponja, con un tramo de manguera con una clavija estanca. La autonomía se

estima en 7 horas a máxima potencia.

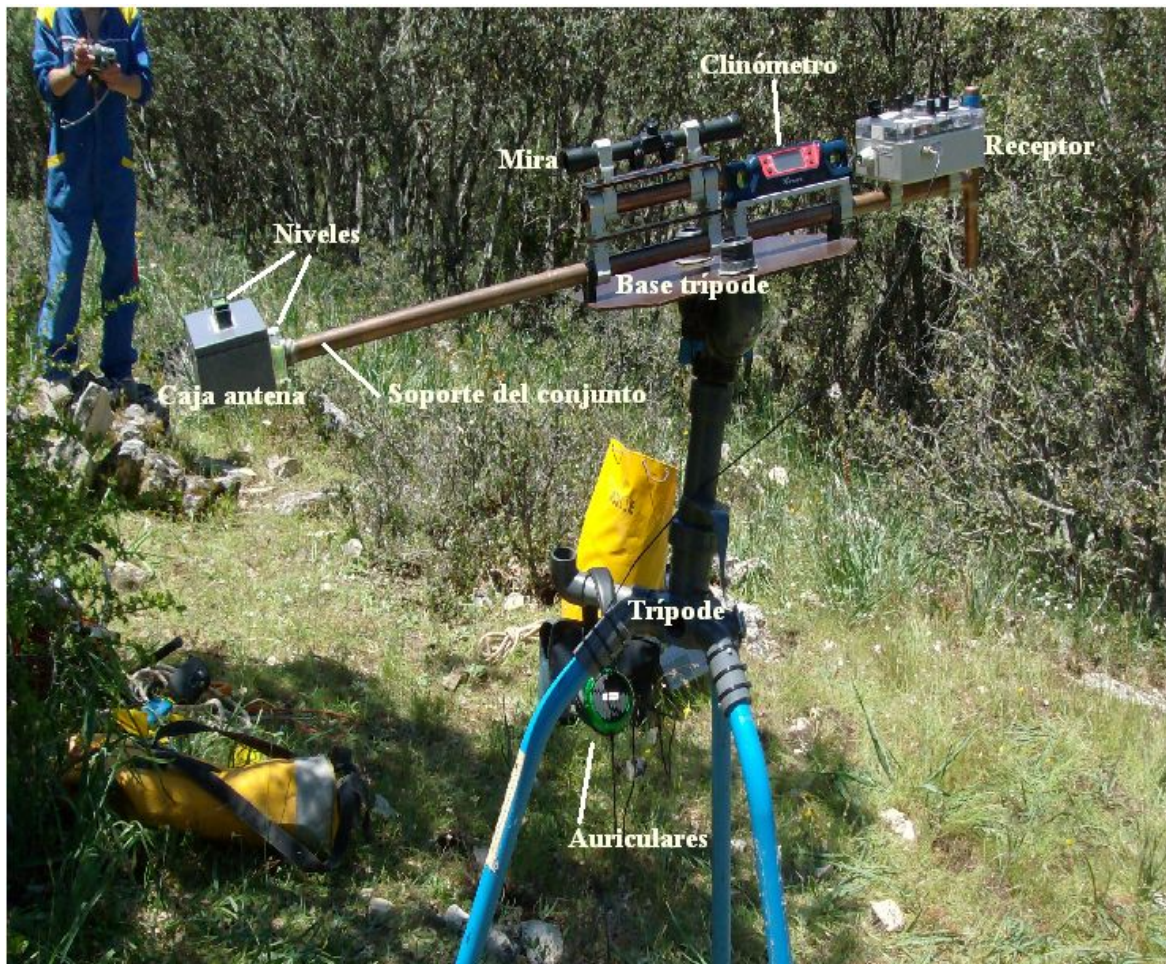


Figura 6a. Descripción del equipo receptor.

4.2. EQUIPO RECEPTOR

Consta de tres boques: receptor, trípode y auriculares. Está representado en la figura 6a.

4.2.1. receptor

Consta de cinco partes: antena, soporte del conjunto, clinómetro digital, caja contenedora y mira.

4.2.1.1. antena

Consta de una varilla de ferrita (10 x 100 mm) bobinada y sintonizada a 38.400 Hz y, un ancho de banda de 200 Hz, alojada en un contenedor de PVC (155x90x60 mm), el cual, tiene dos mandos reguladores; uno de ajuste fino de sintonía y, otro atenuador de señal de radiofrecuencia. Incorpora dos niveles que trabajan en

ángulos verticales y horizontales.

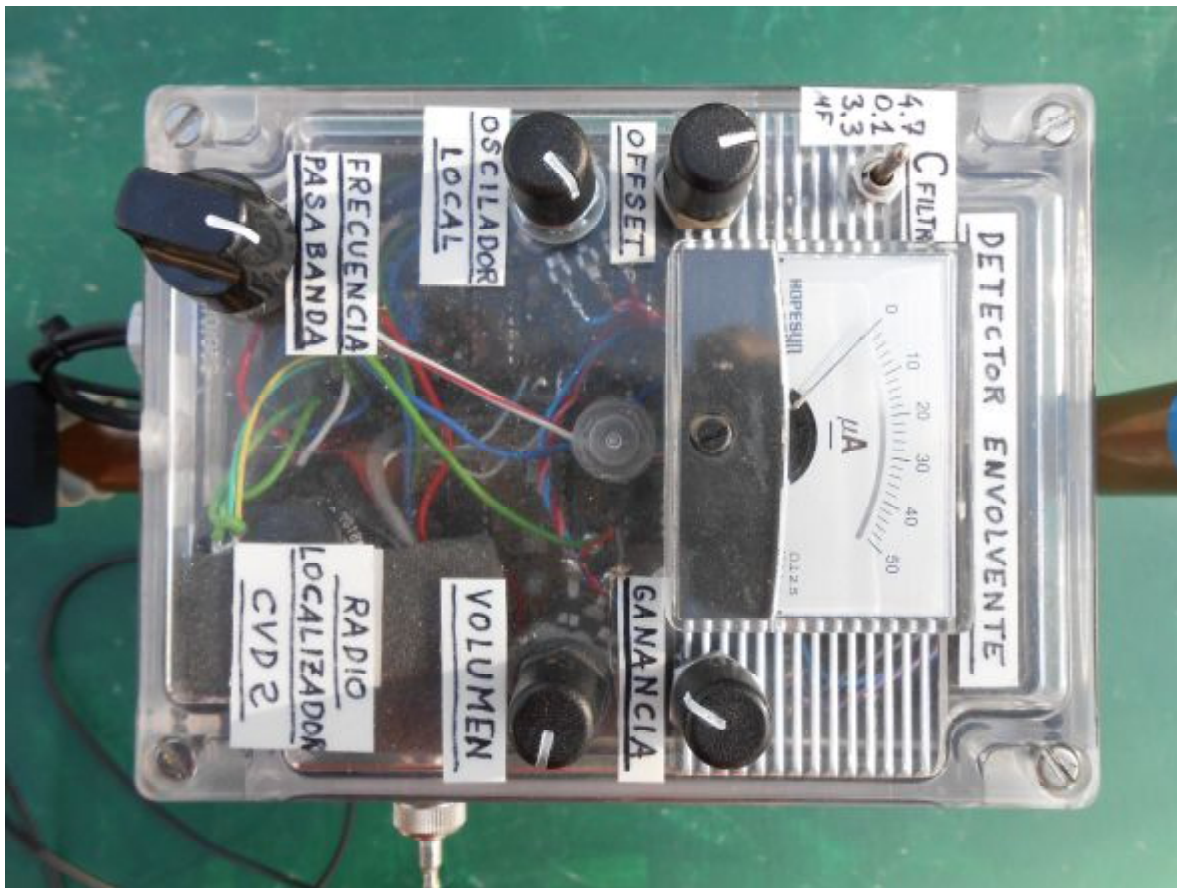


Figura 6b. Caja contenedora del receptor.

4.2.1.2. soporte del conjunto

Es una tubería de cobre de 22 mm de diámetro de 1.12 m de longitud, en la que en sus extremos se encuentra, por un lado la caja de la antena, y por el otro un tramo transversal de tubería de 0.22 m del mismo diámetro. Por el interior viaja el cable de la antena hasta la caja contenedora. A la tubería van adheridos, mediante abrazaderas móviles, clinómetro, caja contenedora y mira.

4.2.1.3. clinómetro digital

Es el X-KRAFT 9401. Sus datos técnicos son:

Alimentación: dos pilas de 1.5V AAA.

Duración estimada de 12h. con pilas alcalinas.

Rango de temperatura óptima para su funcionamiento: 0 a 40 grados centígrados.

Precisión tubos ± 0.043 (nivel o aplomo).

Precisión pantalla digital ± 0.1 grado todos los ángulos.

4.2.1.4. caja contenedora

Es una caja estanca de 155x90x60 mm que, incorpora la alimentación (4x pila 1.5V LR6), circuitos impresos modulares, botonera de mando, conexiones externas de antena y auriculares e, instrumento de aguja. La botonera consta de: puesta en marcha, control de volumen de los auriculares, ajustes del instrumento de aguja (puesta a cero, ganancia y filtro), ajuste fino de frecuencia del filtro pasabanda y, ajuste de frecuencia del oscilador local (figura 6b).

4.2.1.5. mira

Es una mira de rifle de 4x20 mm.

4.2.2. trípode

Es realizado en PVC, con tres patas regulables y una base que regula finamente las dos inclinaciones del plano. Tiene dos abrazaderas de acople rápido para anclar el soporte del conjunto.

4.2.3. auriculares

Son los VELLMAN HPD25 con 20 ohmios de impedancia. Son ajustables y envuelven el pabellón auditivo.



Figura 7. Posición cómoda sin trípode, para la aproximación a la zona de "tierra cero".

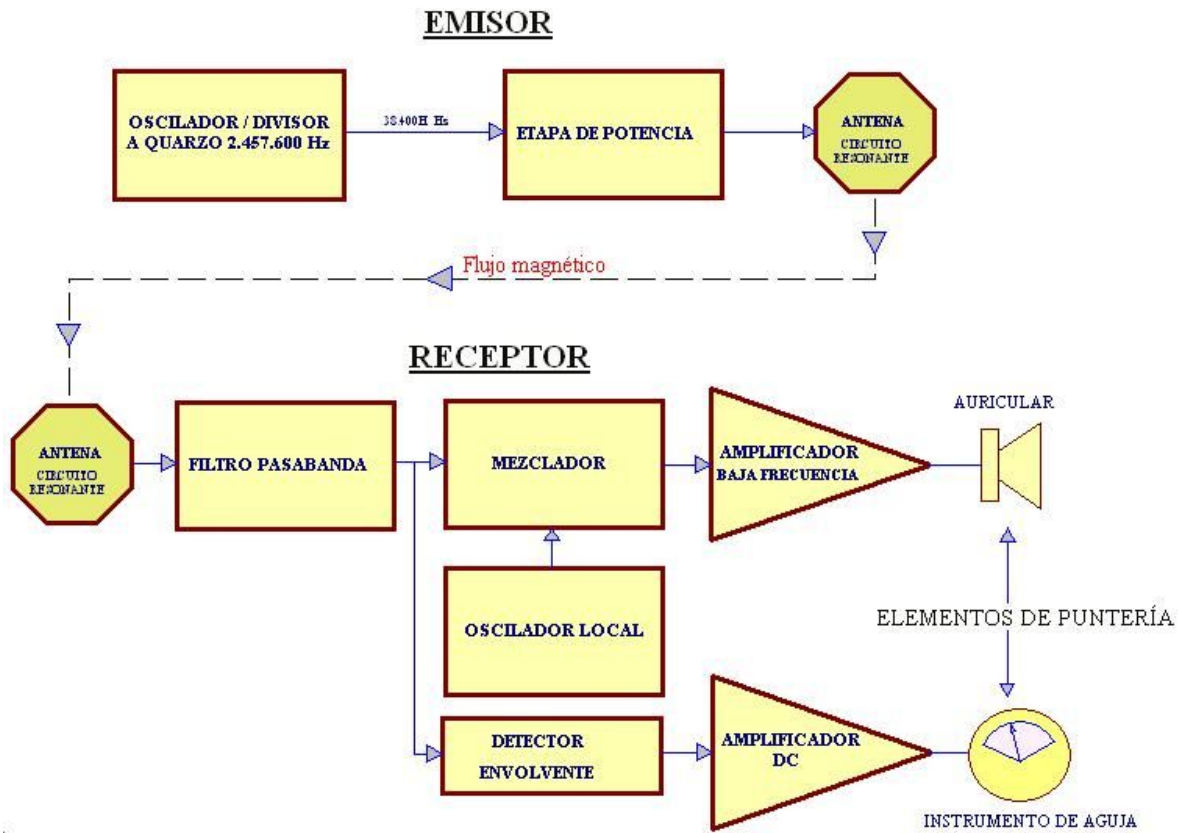


Figura 8. Esquema de bloques del equipo emisor y receptor.



Figura 9. Laboratorio funcionando de madrugada que, es lo habitual.



Figura 10. Enrique a la espera de conexión del emisor (antiguo receptor).



Figura 11. Juan Leandro rastreando zona estimada de "tierra cero" (antiguo receptor).



Figura 12. Realizando pruebas en la sima de la Yenca (Tous – Valencia).



Figura 13. Emisor sumergible listo para el paso de sifón y preparativos de los espeleobuceadores.



Figura 14. Ayudantes en las primeras pruebas con antenas de grandes dimensiones.

5. PROYECTO EN CURSO DE UN TRANSCÉPTOR DIGITAL

El equipo radiolocalizador consta de un módulo emisor y otro receptor que, durante algún tiempo se utilizó la comunicación morse, teniendo a disposición tres posibles códigos automáticos: emisión, últimos 10 minutos y emergencia. Una emisión corta era el “punto” y una larga era la “raya”. Esta comunicación era en un sentido.

Debido a que las actividades realizadas son de gran envergadura se ve interesante disponer de un sistema intercomunicador para poder coordinar trabajos, como objetivo principal. Otras utilidades no menos importantes están descritas al principio del artículo.

Al utilizar una baja frecuencia (LF) para poder penetrar mejor en el paquete rocoso, nos complica bastante el poder transmitir señales de audio (voz). Es otro proyecto paralelo en el que estamos trabajando. Así pues, hemos visto más factible el utilizar transmisión digital, o sea, “unos” y “ceros”. Para ello, seleccionamos una frecuencia para el “uno” y otra ligeramente desplazada para el “cero”. Éste tipo de modulación se le denomina FSK (modulación por desplazamiento de frecuencia). El equipo emisor actual ya lo lleva incorporado y, estamos trabajando en el equipo receptor que ya sería otro distinto.

Para poder traducir los “unos” y los “ceros” a palabras elegimos, en principio, un mini PC portátil con Windows XP que, a través de un puerto USB mediante un

conversor (USB a RS-232) tenemos las señales de Tx (emisión) y Rx (recepción). Mediante el protocolo RS-232 con caracteres ASCII codificamos y decodificamos la información digital.

De esta forma conseguimos establecer una comunicación inalámbrica entre dos PCs a través del paquete rocoso mediante caracteres alfanuméricos (letras minúsculas, mayúsculas, números, signos, espacios, etc). La gran ventaja de manejar un ordenador es disponer de: fecha/hora del mensaje recibido/enviado, histórico de la comunicación, confirmación de que el mensaje ha sido bien recibido mediante acuse de recibo y, de lo contrario, se envía de nuevo un número máximo de reintentos, también como baliza para volver a utilizarlo como radiolocalizador. Hemos realizado pruebas de enviar comandos en vez de caracteres que, para el caso es lo mismo y, así poder leer señales analógicas de sensores y realizar actuaciones mediante activación de salidas de relés. De esta manera se puede realizar alguna automatización prescindiendo de radiooperadores y ordenadores.

La rapidez de la comunicación es de 300 bits por segundo. Es una velocidad muy baja, necesaria para que quepa en el estrecho ancho de banda de la antena. Esto implica que para transmitir un párrafo de 100 letras y/o números (incluidos espacios y signos), conlleva un tiempo de 3.3 segundos. Tampoco es para desesperarse.

Un compañero informático nos ha realizado el software para el PC que realiza el envío y recepción de palabras que se han escrito y palabras que van a ser recibidas con el correspondiente acuse de recibo y demás utilidades que le vamos demandando, según nuestra necesidad.

Más adelante puede que se sustituya el PC por una CPU con teclado y display, todo en un recipiente estanco, ya que el manejo del PC en un ambiente hostil es, de todos sabido, muy delicado. Estamos planteando también el uso de repetidores para manejar grandes distancias.

Esperamos de nuestro colectivo que, los trabajos realizados sean de utilidad, tanto directamente como para desarrollos de otros equipos similares, ya que el esfuerzo de tantos años debe servir para algo más que satisfacción personal. Estamos abiertos a todo tipo de sugerencias, comentarios y críticas constructivas. Más adelante esperamos brindar documentación técnica. No es un equipo que pretendamos comercializar.