

## TÉCNICAS DE DOCUMENTACIÓN NO DESTRUCTIVA EN ARQUEOLOGÍA, PATRIMONIO, GEOLOGÍA Y OBRA CIVIL

### Descripción

1) **Georradar 3D**. Ofrece secciones (radargramas) y bloques 3D para detectar estructuras enterradas y no visibles en superficie. Aplicaciones: Documentación de yacimientos arqueológicos, elementos en el subsuelo y paredes de edificios, detección de infraestructuras de obra civil (tuberías, cables eléctricos) o elementos naturales enterrados.

2) **Dron**. Permite generar modelos digitales de elevaciones. Consta también de cámara para la obtención de imágenes multiespectrales. Sirve para la documentación de paisajes, monumentos, yacimientos arqueológicos, la evaluación de la erosión y otros objetivos medioambientales.

3) **Topografía de precisión** centimétrica mediante GPS. Genera cartografías en yacimientos arqueológicos, localiza catas para el desarrollo de excavaciones y georreferencia la información obtenida por Georradar y Dron.

4) **Escáner 3D** para piezas de tamaño medio y pequeño, reproducibles a cualquier escala mediante impresora 3D. Aplicable a material arqueológico/paleontológico para investigaciones y colecciones museográficas.

Todos estos procedimientos permiten obtener una documentación de gran alcance en procesos de investigación y gestión del Patrimonio sin afectar los restos estudiados. Igualmente, ofrece unas poderosas herramientas a campos como la Obra Civil, Arquitectura o Medio Ambiente.

### Cómo funciona

1) **GEORRADAR 3D**: La técnica de prospección georradar permite averiguar, de forma indirecta, la estructura del subsuelo a partir de la transmisión de impulsos electromagnéticos y de la posterior recepción de las reflexiones generadas por discontinuidades presentes en el subsuelo. En términos físicos, la técnica es sensible a todas aquellas variaciones de conductividad, permitividad eléctrica y permeabilidad magnética que pueden producirse en un medio, sean debidas bien a cambios litológicos o bien por la presencia de estructuras enterradas.

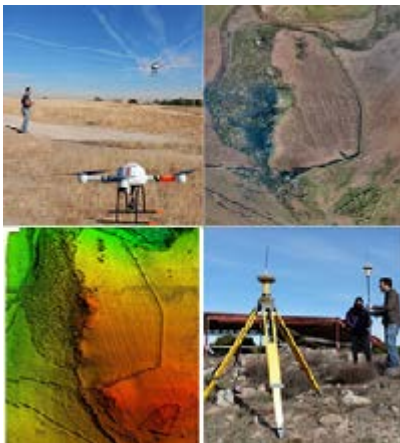
Un equipo georradar consta de una unidad de control, almacenamiento y visualización de los datos conectada a una antena que emite y recibe la señal preestablecida. La técnica consiste en la transmisión en el subsuelo de pulsos electromagnéticos de duración breve (1-4 ns) y frecuencia elevada que se propagan en profundidad con una cierta velocidad. Según la frecuencia que se usa se pueden obtener resultados de mayor o menor profundidad y de mayor o menor resolución. El equipo del CAI de Archeometría consta de dos antenas

DML de 200 y 600 MHz. La primera consta de 16 dipolos en V a 12 cm de separación lo que le confiere un ancho de barrido de 1,8 metros. Se porta en una grúa estabilizadora que le permite trabajar en terrenos rugosos y puede ser arrastrada por un vehículo convencional o por un Quad, para llegar a zonas con baja accesibilidad. La antena de 600 MHz, dispone de 12 dipolos en V a un espaciado de 8 cm lo que le confiere una anchura de barrido de 0,88 metros y alcanza una mayor resolución a menor profundidad.

Respecto a los georradars convencionales que obtienen información en 2D, la diferencia de un equipo 3D es muy grande, ya que al tener una antena multicanal con 16 dipolos, se pueden realizar secciones paralelas con muy poco espaciado y a una mayor velocidad de adquisición. Con esto se consigue una gran resolución de medida en un 3D real, invirtiendo menos tiempo. El software de procesado es el GPR SLICE V7.0 en la versión 2D y 3D. Se trata de un software diseñado para la creación de imágenes del subsuelo en 2D/3D con una amplia variedad de aplicaciones; geotecnia, ingeniería y arqueología.



*Georradar 3D Stream X con antenas de 200 y 600 MHz. Detección de estructuras subterráneas en el yacimiento de El Castillón (Ciudad Real).*



*DRON MD4-1000 y GPS TOPCON GR-5. Fotogrametría y Modelo Digital de Elevaciones en el yacimiento de Llerena (Badajoz).*

2) **DRON**. El Dron o UAV está diseñado para realizar tareas de campo como documentación, coordinación, exploración, prospección, comunicación, inspección y observación. Destaca por su gran capacidad de carga permitiendo

montar cámaras profesionales para grabación FULL HD, otros de los aspectos destacables de este equipo es la amplia autonomía así como el poder volar en condiciones atmosféricas adversas. Con un peso aproximado de 4,3 Kg, puede transportar hasta 1,2 Kg. Su autonomía máxima de vuelo es de 50 minutos y la temperatura de actividad se

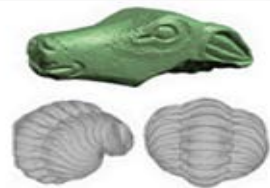


## Universidad Complutense de Madrid

Vicerrectorado de Transferencia del Conocimiento y Emprendimiento  
Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)

encuentra entre  $-20^{\circ}$  y  $+45^{\circ}\text{C}$ , siendo su máxima altura de vuelo de 500m. Sus modos de vuelo son RC, GPS y Waypoints y soporta vientos de hasta 10-13 m/s. Hasta el momento se ha empleado en la documentación de yacimientos arqueológicos mediante ortofotos y modelos digitales de elevaciones, así como en el estudio medioambiental de procesos erosivos aplicando la cámara multispectral.

**3) Sistema GNSS.** Estos sistemas de navegación se basan en satélites emisores de radiofrecuencias, que proporcionan un marco de referencia espacio-temporal con cobertura global de forma continua en cualquier lugar de la Tierra, y disponible para cualquier número de usuario. Nuestra base es un GPS diferencial modelo TOPCON GR-5, conectado a la red satelital de esta empresa. Este equipo cuenta con una antena móvil y otra fija que permite realizar la corrección diferencial en tiempo real. Permite realizar topografías a escala centimétrica de yacimientos arqueológicos o lugares de interés. Igualmente, se emplea en combinación con el Georradar y el Dron para georreferenciar sus recorridos y los puntos de referencia de las ortofotografías.



*Escáner aplicado a la Iglesia de Santiago en Sigüenza. Escáner de luz estructurada aplicado a una escultura ibérica de caliza y un fósil de trilobites.*

**4) Escáneres 3D.** El CAI de Arqueometría cuenta con dos modelos. Uno de ellos es un escáner de luz estructurada modelo DAVID SLS2. Permite el escaneo de objetos de tamaño medio y pequeño con una gran precisión. Está compuesto por un proyector de video LED, cámara con lentes y raíl deslizante para la cámara. Se han realizado escaneados de numerosas piezas arqueológicas y de colecciones de fósiles en el ámbito de la Paleontología. Estos escaneos ofrecen la posibilidad de reproducir las piezas mediante una impresora 3D con todos sus detalles y a la escala elegida. Su empleo se centra en la documentación detallada y la reproducción de objetos para investigación y gestión de colecciones y museos. También se cuenta con un escáner láser para edificaciones o estructuras de gran tamaño.

### Ventajas

El CAI de Arqueometría ofrece una serie de soluciones combinadas que afectan a todos los pasos correspondientes a las actividades desarrolladas sobre el Patrimonio Arqueológico: localización y documentación de yacimientos desde plataformas aéreas, aplicación del Georradar 3D para detectar estructuras enterradas y escaneado 3D de las piezas que forman parte de colecciones y museos. Todo esto es de vital importancia para:

- La Administración, de la que dependen toda la gestión y las acciones relacionadas con el Patrimonio, y que con la aplicación de estas tecnologías puede acumular información de primera calidad sobre los lugares que son objeto de protección y estudio. Asimismo, los resultados obtenidos tienen una alta proyección social, ya que los visitantes de yacimientos o museos comprenderán el valor de la aplicación de nuevas tecnologías, lo que supone otras formas de "ver" y valorar el patrimonio enterrado, favoreciéndose así su conservación.
- Los Proyectos y grupos de investigación, que pueden documentar tanto los lugares en estudio como sus entornos y las piezas de interés a través del nivel aéreo, subterráneo, superficial y escaneado de objetos en 3D.
- Las empresas privadas de arqueología y obra civil, que precisan de un conocimiento de los lugares en estudio y sobre todo de las estructuras enterradas, para orientar sus ulteriores trabajos de excavación, reparaciones, etc.

### ¿Dónde se ha desarrollado?

Las tecnologías [del CAI de Arqueometría](#) se han aplicado a varios yacimientos arqueológicos con un éxito considerable. Recientemente se han realizado servicios tanto para Proyectos de Investigación como para la Administración y las Empresas Privadas de Arqueología.

### Y además

[El equipo del CAI de Arqueometría](#) trabaja dentro de parámetros habituales de la investigación. La aplicación de sus equipos se realiza desde el conocimiento de su funcionamiento y posibilidades, manteniéndose siempre al día en el desarrollo de los equipos. Aunque el tiempo es un factor a tener en cuenta y se procura una máxima rapidez en el trabajo, esto nunca lleva a la precipitación o la trivialización del producto entregado a investigadores y clientes. Asimismo, todo encargo lleva una valoración previa realista, que asegura la viabilidad del empleo de las herramientas, descartándose a priori los encargos que no van a poder ser correctamente satisfechos.

### Investigadora responsable

Teresa Chapa Brunet: [tchapa@ucm.es](mailto:tchapa@ucm.es)

Departamento: CAI Arqueometría y Análisis Arqueológico