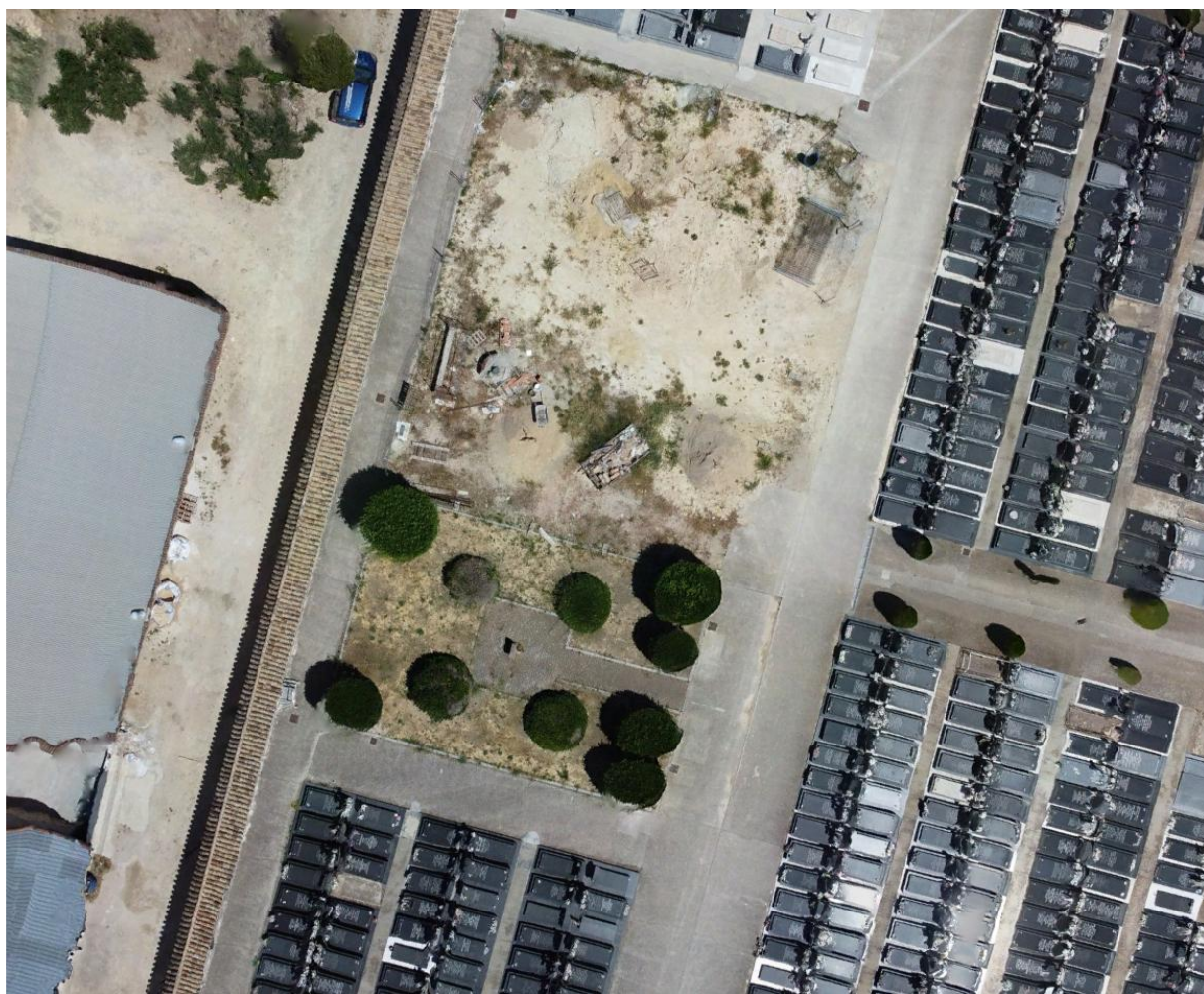


**INFORME DE PROSPECCIÓN
GEOFÍSICA AVANZADA MEDIANTE
GEORADAR (GPR) EN CEMENTERIO
MUNICIPAL DE MONTILLA,
CÓRDOBA, PARA LA DETECCIÓN
DE FOSAS DE LA GUERRA CIVIL**

MAYO 2024



CONTENIDO

1 DATOS DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....	3
1.1 MEDIOS TÉCNICOS	3
1.2 MARCO GEOLÓGICO	4
1.3 ÁREA DE ESTUDIO	4
1.4 ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS FOTOTECA.....	5
1.5 PARÁMETROS DE LOS RADARGRAMAS (antena de 400 Mhz)	6
2 ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA.....	7
2.1 DATOS OBTENIDOS POR LOS DIFERENTES SENSORES Y PROCESADO DE SOFTWARE	7
2.2 LIMITACIONES TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS	8
2.3 EQUIPO DE PROCESADO DE DATOS Y EDICIÓN DE INFORME TÉCNICO	9
3 EQUIPOS Y TOMA DE DATOS.....	10
4 FOTOGRAMETRÍA Y MODELADO 3-D – COLOR RGB.....	11
5. TERMOGRAFÍA (TIR), FOTOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (IR) Y MULTIESPECTRAL (MS) EN TERRENOS CON POSIBLES FOSAS COMUNES.....	15
5 CUADRÍCULA C-1. CEMENTERIO MUNICIPAL DE MONTILLA, CÓRDOBA. GEORADAR. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA.....	20
5.1 RADARGRAMAS LINEALES 400 MHZ. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA. DETALLE DE ZONA DE INTERÉS	21
5.2 CUADRÍCULA C-1. DETECCIÓN Y POSICIONAMIENTO ESPACIAL DE ESTRUCTURA INTERNA. RADAGRAMAS 3-D	26
5.3 FOTOCROQUIS. GEORADAR 3-D. ESTRUCTURA INTERNA. CUADRÍCULA C-1	27
5.4 CUADRÍCULA C-1. MONTILLA. GEORADAR. CONCLUSIONES GENERALES.....	28
6 FOTOCROQUIS GENERAL DE ANOMALÍAS DETECTADAS	29
7 AGRADECIMIENTOS.....	31

1 DATOS DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Prospección mediante georadar (GPR) en Cementerio Municipal de Montilla, Córdoba, con la finalidad de determinar su geomorfología interna y posible existencia de anomalías primarias asociables a enterramientos/fosas comunes o manipulaciones mecánicas o manuales en el subsuelo y su posicionamiento espacial.

- DIRECTOR DE LOS TRABAJOS GEOFÍSICOS, Luis Avial, Director Técnico de Geofísica Avanzada de FALCON HIGH TECH, S.L.
- CLIENTE: Asociación para La Recuperación de La Memoria Histórica de Aguilar de La Frontera (AREMEHISA)



Se han realizado los siguientes trabajos:

- Realización de fotogrametría (FG) por nube de puntos sobre toda la cuadrícula analizada y terrenos anexos en Color Alta Resolución 2 cm (RGB)
- Realización de análisis infrarrojo y Multiespectral sobre toda la cuadrícula analizada y terrenos anexos en Color Alta Resolución 2 cm (RGB)
- Realización de perfiles longitudinales y perpendiculares (X, Y) mediante georadar (GPR). (Malla cuadriculada 2 m de espesor)

El estudio geofísico consiste en:

- 1.- Toma de datos in situ mediante radagramas lineales / sensores infrarrojos
- 2.-Procesado de los datos recogidos en el trabajo de campo hasta una profundidad aprox. de -3,0 metros con georadar

Aviso legal:

La información contenida en este documento no ha sido verificada por terceros independientes y, por lo tanto, ni implícita ni explícitamente, se otorga garantía alguna sobre la imparcialidad, precisión, plenitud o corrección de la información que en él se expresa. Falcón High Tech, S.L., no asume responsabilidad de ningún tipo respecto de los daños o pérdidas que puedan derivarse de cualquier uso de este documento o de sus contenidos.

1.1 MEDIOS TÉCNICOS

Para la realización de los trabajos descritos se han utilizado los siguientes equipos y medios:

- Microdrone DJI Mavic mini IR
- RADAN 7.0
- Georadar GSSI Utilityscan PRO

La presente Inspección Técnica ha sido elaborada en base a los siguientes documentos:

- Manual de Calidad Técnica de FALCON HIGH TECH
- Manual de Software de Post-procesado WINGEM / SURFER 10.0
- Manual de Software de Post-procesado RADAN 7 GSSI©
- Manual de Software de Post-procesado FLIR REPORTER 8.0
- Manual de Software de Post-procesado AGISOFT PHOTOSCAN / PIX 4-D

1.2 MARCO GEOLÓGICO

Esta área se caracteriza por presentar rocas provenientes del Cretáceo, caracterizadas por presentar materiales sedimentarios. También se encuentra presencia de margas, así como calizas y materiales de composición carbonatada. Estos datos han permitido la determinación del "blanco geológico" del sedimento portante y la comparación teórica con el elemento a detectar y sus potenciales característicos de respuesta geofísica.

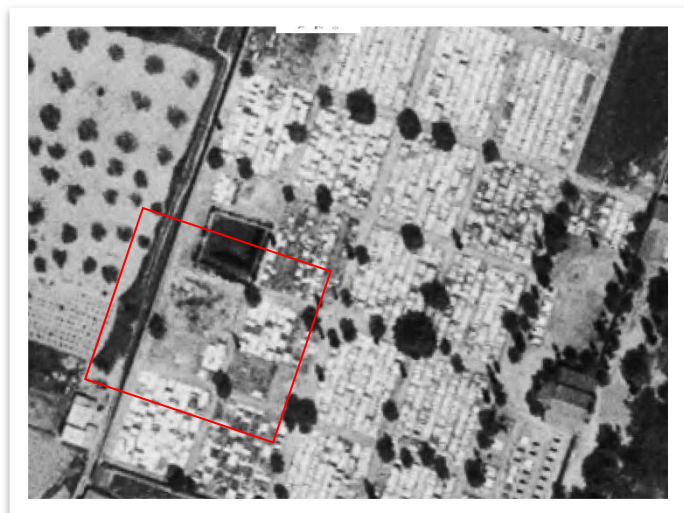
1.3 ÁREA DE ESTUDIO

Tipo III, con medio/bajo grado de humedad residual en el subsuelo. Aceptable condición para el georadar, sin interferencias de entidad por campos electromagnéticos exteriores. Constante dieléctrica general, 12. Nivel capa freática variable, en las fechas de toma de datos, mayo de 2024.



Línea roja, área analizada mediante sensores terrestres. Terreno heterogéneo, apto para prospección geofísica normalizada, se ha realizado con metodología correcta, interno y en todo el perímetro. El terreno ha sido prospectado mediante Georadar. Total terreno prospectado, 609 m2 con medios terrestres.

1.4 ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS FOTOTECA



1973



1997

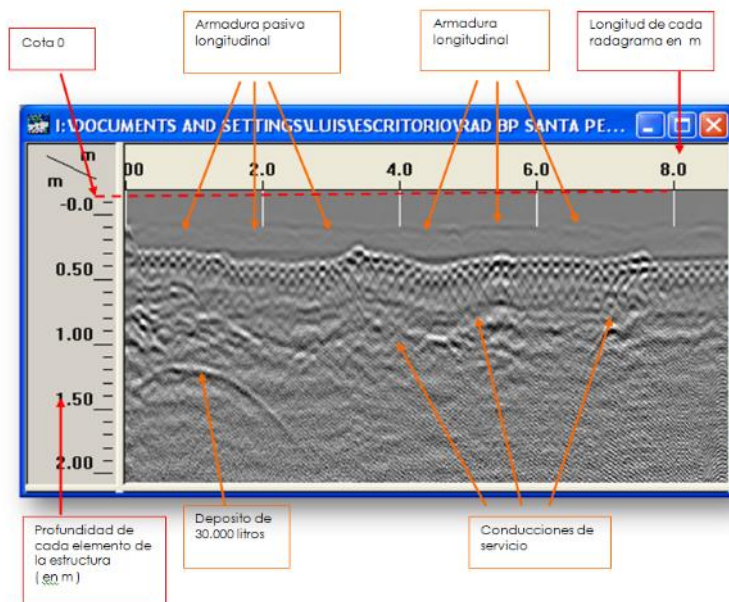


2024- Actualidad

1.5 PARÁMETROS DE LOS RADAGRAMAS (antena de 400 Mhz)

File Name = FILE____173 Channel(s) 1 Samples/Scan 512 Bits/Sample 16
Scans/Second 100 Scans/Meter 50 Meters/Mark 2
Diel Constant 14 CHANNEL 1 400MHz Position 0 nS Range 60 nS
Range Gain (dB) -20.0 20.0 49.0 Position Correction 0.725 nS
Vert IIR LP N =1 F =800 MHz Vert IIR HP N =1 F =100 MHz

RADAGRAMAS LINEALES. Ejemplo de interpretación morfológica
Nota: radagrama de un solado homigonado, sin procesar, como lo visualiza el operador.



2 ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

La prospección mediante sensores terrestres, como Georadar, demuestra que es un sistema idóneo para poder realizar la detección y posicionamiento completo, mediante esta técnica no destructiva y no intrusiva, de las posibles fosas comunes o enterramientos individuales que se encuentren en el subsuelo y la confección de un plano de situación, para que posteriormente, forenses y/o arqueólogos, interpreten estos hallazgos y los pongan en su justo valor, sirvan de guía para posteriores estudios y/o en el caso de que se interprete lo detectado altamente relevante, se planifiquen los trabajos de prospección arqueológica o forense que se consideren adecuados.

Se trata de un programa multidisciplinar e interdisciplinar. La metodología fundamental ha consistido en planificar y realizar una malla cuadrículada en coordenadas X e Y, para la prospección detallada de las zonas elegidas mediante sensores terrestres. Dada la importancia del hecho a investigar, se ha realizado la toma de datos con un espesor de malla alto, prácticamente el máximo que se puede realizar en un medio geo-morfológico tan complicado como es un terreno en zona interna de cementerio, a través de un georadar en carro provisto de odómetro y GPS.

El georadar utilizado ha sido el GSSI SIR-4000 con carro SmartCar dotado de odómetro y GPS y como material auxiliar, cinta métrica, conos de señalización y una confección de croquis fotográfico independiente de cada tramo.

Al tratarse de una inspección mediante georadar, eminentemente práctica, previa pero estrechamente unida a una interpretación específicamente técnica, y con la finalidad de mostrar que los resultados de una inspección mediante sensores terrestres, son fácilmente utilizables por profesionales ajenos a la Geofísica, obviemos las explicaciones de carácter matemático y técnico sobre su funcionamiento teórico, metodología y técnicas de post-procesado utilizadas.

La secuencia metodológicamente adecuada para este programa multidisciplinar consiste en:

- 1.- Realización de prospección geofísica terrestre de alta resolución, obteniendo datos volumétricos y espaciales.
- 2.- Verificación mediante sondeos para obtención de datos medibles en los puntos con anomalías detectados

Dada la gran densidad de radagramas obtenidos, y a efectos de evitar dispersión visual, se presentan en este Informe, en cada capítulo, solamente los radagramas más relevantes a efectos interpretativos, pero se pueden inspeccionar la totalidad y/o cada uno de ellos individualmente con su posicionamiento espacial concreto.

La intención de esta prospección geofísica es definir la estructura geomorfológica del área. Detección de cualquier parámetro anómalo en subsuelo, específicamente permite la detección de discontinuidades internas del terreno.

Se ha realizado un estudio de prospección geofísica ambiental, multidisciplinar no intrusiva y no destructiva mediante sensores terrestres, georadar, el día 17 de mayo de 2024, el cual consistió en la adquisición, procesamiento e interpretación de datos de GPR, en un área 609 m2 con medios terrestres, alrededor y dentro de las cuadrículas seleccionadas, mediante mediciones de los campos electromagnéticos y conductivos.

2.1 DATOS OBTENIDOS POR LOS DIFERENTES SENSORES Y PROCESADO DE SOFTWARE

- Fotogrametría y Modelado 3-D virtual (FG).

Mediante nube de puntos, permite la reconstrucción virtual del espacio prospectado, con alta resolución (inferior a 5 cm en RGB) y el posicionamiento espacial de cada zona, de manera remota, para planificación de actuaciones y visualización de estructuras, curvas de nivel, modelos digitales del terreno, etc.

Software de procesamiento y edición: AGISOFT PHOTOSCAN / PIX4-D

- Georadar (GPR).

Método geofísico de alta resolución, más de 20.000 puntos de información por metro lineal, permite visualizar la estructura geomorfológica y geológica del subsuelo, y el posicionamiento espacial y volumétrico de estructuras arqueológicas, siempre que tengan cierta entidad, mediante detección de cada coeficiente dieléctrico de esos elementos, hasta una cota aproximada de -4 metros de profundidad.

Software de procesamiento y edición: GSSI RADAN 7.0

- Perfilómetro (EM). **(no realizado)**

Método geofísico de media/alta resolución, es un sensor electromagnético que permite visualizar la estructura geomorfológica y geológica del subsuelo, y el posicionamiento espacial y volumétrico de elementos externos, siempre que tengan cierta entidad, mediante detección de cada coeficiente conductivo de esos elementos, hasta una cota aproximada de 10 metros de profundidad. Idóneo para superficies irregulares o con densa vegetación, ya que se porta en el aire, a unos centímetros del suelo, sin contacto.

Software de procesamiento y edición: GEO SURFER 10.0

- Magnetómetro de Cesio (MG). **(no realizado)**

Método geofísico de media/alta resolución, es un sensor electromagnético que permite visualizar la estructura geomorfológica y geológica del subsuelo, y el posicionamiento espacial y volumétrico de elementos ferromagnéticos externos, mediante detección de campo magnético local de esos elementos, hasta una cota aproximada de 50 metros de profundidad. Idóneo para superficies irregulares o con densa vegetación, ya que se porta en el aire, a unos centímetros del suelo, sin contacto.

Software de procesado y edición: MAGMAP 5.04 y GEO SURFER 10.0

2.2 LIMITACIONES TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS

- Sensores Infrarrojos aéreos (TIR-IR).

Su capacidad de penetración máxima es limitada, aproximadamente 2 metros de profundidad en un suelo medio. Pueden ser interferidos y por tanto alteradas sus lecturas, por estructuras arquitectónicas en suelo y subsuelo, cavidades con aire o agua, conducciones de servicio y tuberías con fluidos a presión o altas temperaturas o capas geológicas densas como afloraciones rocosas.

- Sensores Multiespectrales aéreos (MS).

Su capacidad de penetración máxima es limitada, aproximadamente 2 metros de profundidad en un suelo medio. Pueden ser interferidos y por tanto alteradas sus lecturas, por estructuras arquitectónicas en suelo y subsuelo, cavidades con aire o agua, conducciones de servicio y tuberías con fluidos a presión o altas temperaturas o capas geológicas densas como afloraciones rocosas.

- Georadar (GPR).

Su capacidad de penetración es limitada, aproximadamente entre 4 y 5 metros de profundidad máxima en un suelo medio, en relación a las antenas de alta resolución que se utilizan, las únicas capaces de detectar constante dieléctrica asociable a estructuras. Pueden ser interferidos y por tanto alteradas sus lecturas, por campos electromagnéticos fuertes o la presencia masiva en subsuelo de arcillas saturadas, o presencia de agua salada.

- Perfilómetro (EM). **(no realizado)**

Su capacidad de penetración es limitada, aproximadamente entre 6 y 8 metros de profundidad máxima en un suelo medio, en relación a las frecuencias de alta resolución que se utilizan, las únicas capaces de detectar constante dieléctrica asociable a elementos no geológicos o compuestos químicos exógenos. Pueden ser interferidos y por tanto alteradas sus lecturas, por campos electromagnéticos fuertes.

- Magnetómetro de Cesio (CM). **(no realizado)**

Pueden ser interferidos y por tanto alteradas sus lecturas, por campos electromagnéticos fuertes. Únicamente detecta y posiciona elementos ferromagnéticos

2.3 EQUIPO DE PROCESADO DE DATOS Y EDICIÓN DE INFORME TÉCNICO

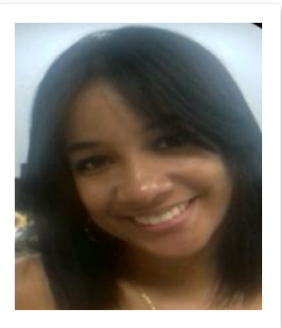
Este programa exclusivo de Geofísica Avanzada Multidisciplinar, es realizado desde hace más de 25 años para el sector, por la única empresa geofísica con integración total de todos los sistemas no intrusivos y no destructivos dentro de un mismo programa planificado interno de toma de datos específico y de análisis técnico-científico parametrizado. El equipo de procesado y análisis está dirigido por los siguientes especialistas:



D. Luis Avial Bell
Director Técnico Falcon High Tech
Especialista en georadar, sonar de barrido lateral y termografía aérea infrarroja
Medalla al Mérito Policial con distintivo blanco



D. Carlos Meneses
Director de Tecnología y Sistemas
Ingeniero de Telecomunicaciones.
Especialista en integraciones electrónicas y georadar



Dña. Dayana Abreu
Procesamiento Geofísico
Ingeniera en Geofísica, Universidad de La Habana
Máster en Geofísica, Universidad de Barcelona



D. Oscar López
Director de Electromagnetismo
Doctor en Arqueología, Universidad Complutense, Madrid
Especialista en Electromagnetismo y Máster en Georquología Universidad de Southampton, UK



D. Matias Palma
Técnico de procesado Infrarrojos y Multiespectral



D. Victor Gabari
Director de Geología
Licenciado en Geología, contaminación de suelos y aguas subterráneas
Universidad de Huelva

Procesado sensores terrestres (GPR): RADAN 7.0

3 EQUIPOS Y TOMA DE DATOS



Los equipos terrestres (georadar GPR) se utilizan manualmente, con la misma metodología de malla cuadrículada. En la fotografía adjunta se presenta el proceso de toma de datos con Georadar, modelo GSSI SIR -4000 con antena de 400 Mhz, el cual alcanza más de 20.000 puntos de información por metro cuadrado.



Como elemento auxiliar se ha utilizado un minidrone dotado de cámara infrarroja y color RGB.

4 FOTOGRAMETRÍA Y MODELADO 3-D – COLOR RGB

Número de imágenes: 38 Altitud media de vuelo: 59.5m Resolución en terreno: 1.81 cm/pix Superficie cubierta: 431.000 m² Posiciones de cámara: 38 Puntos de enlace: 13,961 Proyecciones: 154,937 Error de reproyección: 0.528 pix

Procesamiento: AGISOFT METASHAPE PRO

Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	38
Cámaras orientadas	38
Formas	
Polilíneas	5
Polígonos	121
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG:4326)
Ángulo de rotación	Guñada, cabeceo, alabeo

Nube de puntos

Puntos	13,961 de 17,231
RMS error de reproyección	0.155132 (0.528212 pix)
Error de reproyección máximo	0.467782 (8.65699 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	3.38002 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	10.9236

Parámetros de orientación

Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	10 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	512.44 MB
Tiempo de orientación	8 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	21.55 MB
Versión del programa	1.6.4.10928
Tamaño de archivo	3.25 MB

Nube de puntos densa

Puntos	6,358,188
Colores de puntos	3 bandas, uint8

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	5 minutos 57 segundos

Parámetros de generación de la nube densa

Tiempo de procesamiento	2 minutos 28 segundos
-------------------------	-----------------------

Parámetros de clasificación de puntos de terreno

Ángulo máximo (deg)	15
Distancia máxima (m)	0.2
Tamaño de célula (m)	70
Tiempo de clasificación	24 segundos
Uso de memoria durante la clasificación	242.35 MB
Versión del programa	1.6.4.10928
Tamaño de archivo	90.95 MB

Modelo

Caras	1,022,049
Vértices	511,911
Colores de vértices	3 bandas, uint8

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	5 minutos 57 segundos

Parámetros de reconstrucción

Tipo de superficie	Bajorelieve / terreno
Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Máscaras volumétricas estrictas	No
Tiempo de procesamiento	7 segundos
Uso de memoria	83.16 MB
Versión del programa	1.6.4.10928
Tamaño de archivo	23.41 MB

Modelo de teselas

Textura	3 bandas, uint8
---------	-----------------

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	5 minutos 57 segundos

Parámetros de reconstrucción

Origen de datos	Nube de puntos densa
Tamaño de tesela	256
Número de caras	Alta
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	5 minutos 41 segundos
Uso de memoria	2.12 GB
Versión del programa	1.6.4.10928
Tamaño de archivo	108.71 MB

MDE

Tamaño	2,492 x 3,435
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG:4326)

Parámetros de reconstrucción

Origen de datos	Mala
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	2 segundos
Uso de memoria	196.79 MB
Versión del programa	1.6.4.10928
Tamaño de archivo	12.38 MB

Ortomosaico

Tamaño	4,800 x 6,160
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG:4326)
Colores	3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	22 segundos
Uso de memoria	2.19 GB
Versión del programa	1.6.4.10928
Tamaño de archivo	401.48 MB

Sistema

Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	1.6.4 build 10928
OS	Windows 64 bit
RAM	31.95 GB
CPU	AMD Ryzen 7 3700X 8-Core Processor
GPU(s)	Radeon RX 580 Series (Ellesmere)



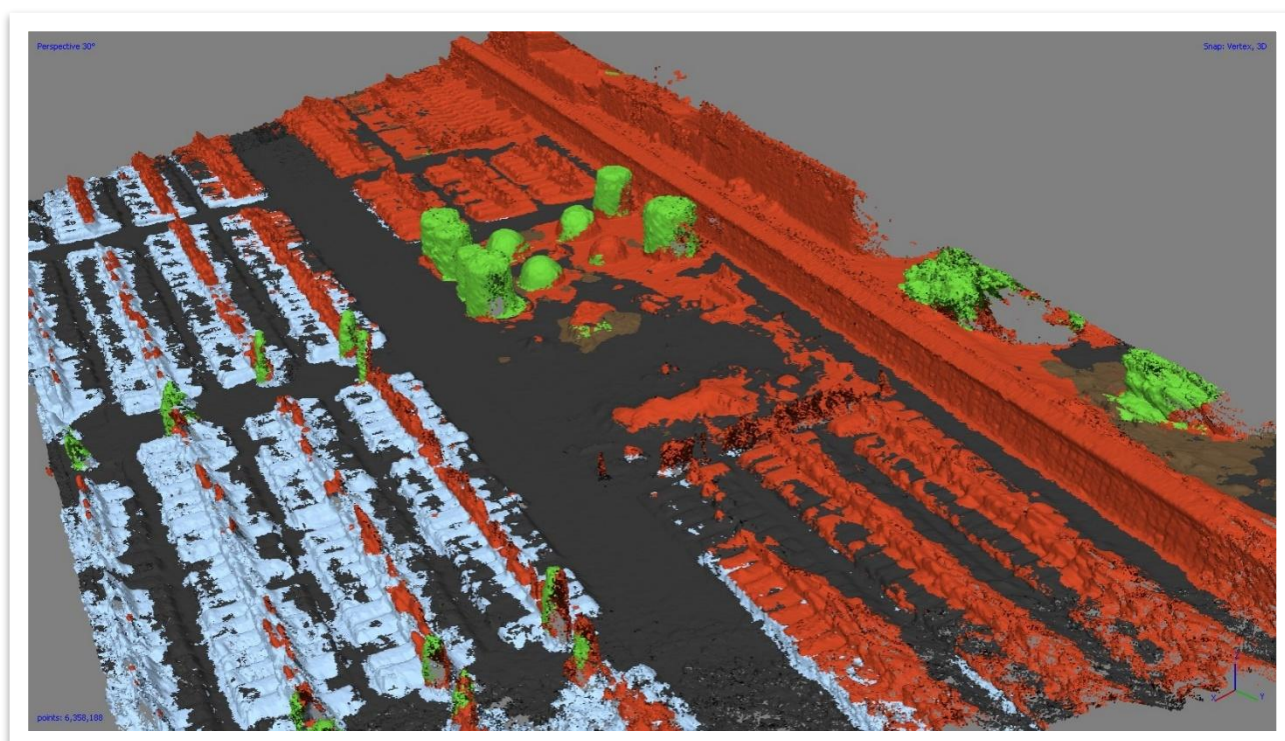
Área de la nube de puntos



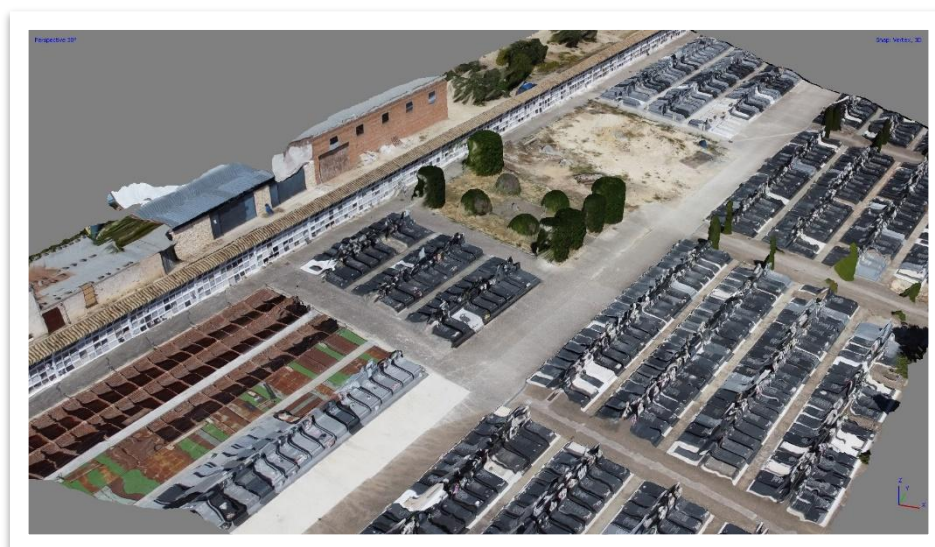
Fotografías de la nube de puntos



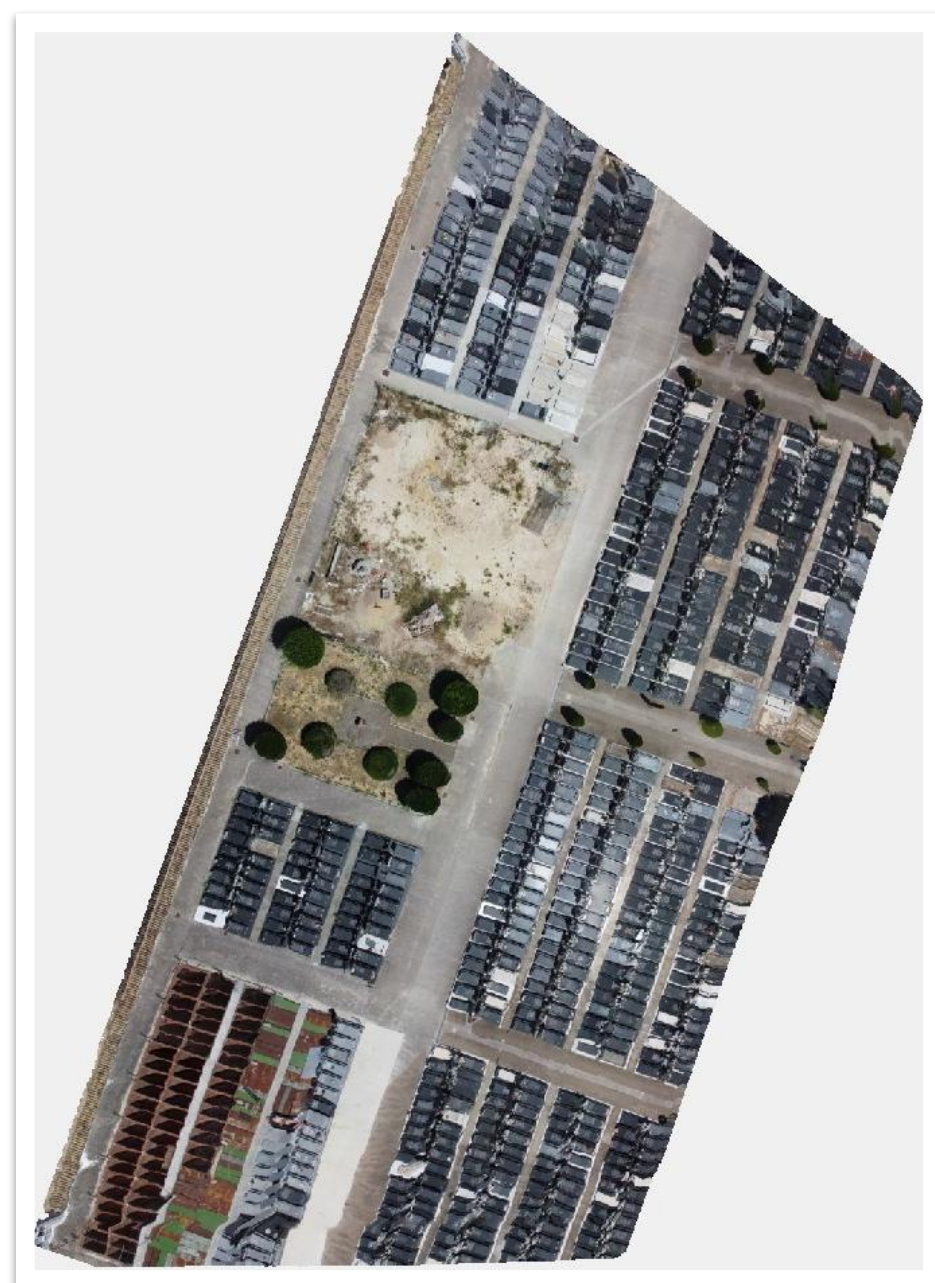
Nube de puntos



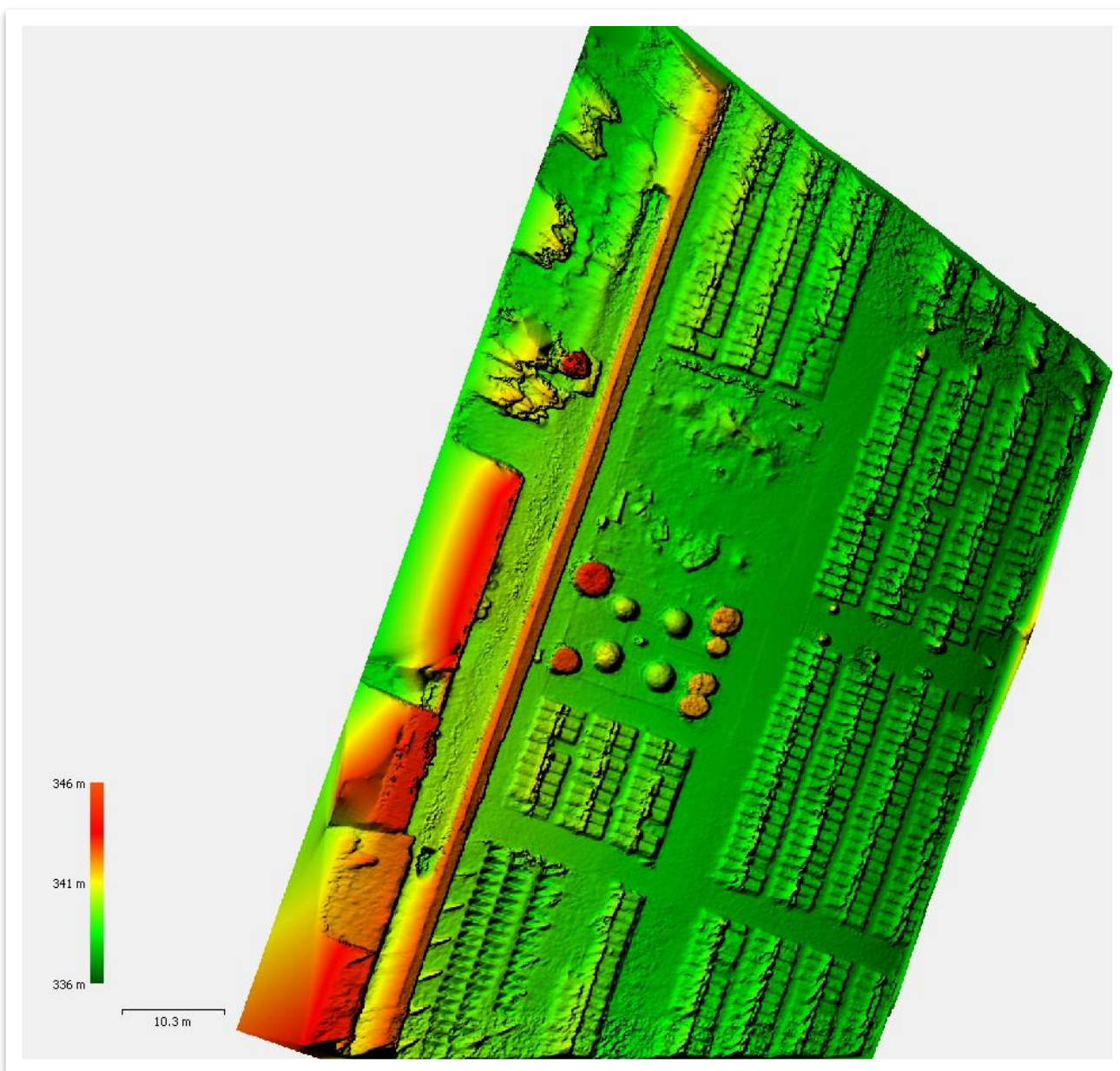
Clasificación de puntos, suelo del terreno y masa arbórea



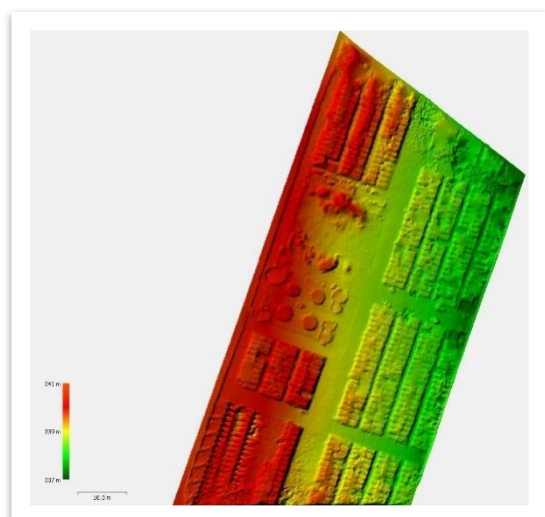
Modelo 3-D



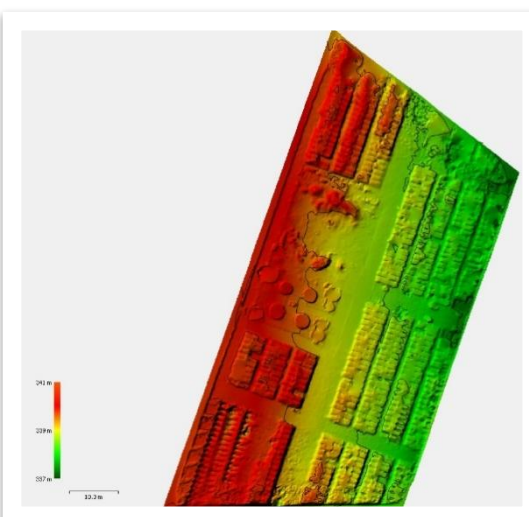
Ortomosaico del terreno a prospectar, resolución 1.81cm/píxel



Modelo Digital del Terreno (MDT)



Modelo Digital de Superficie (MDS)



Modelo Digital de Superficie sobre curvas de nivel (MDS)

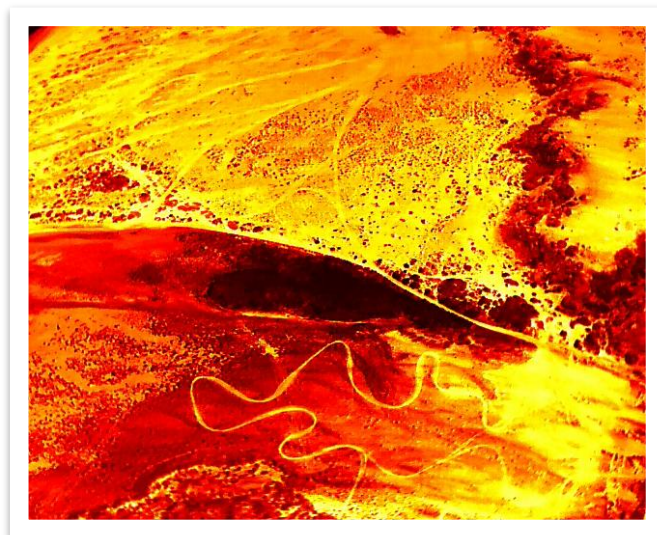
5. TERMOGRAFÍA (TIR), FOTOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (IR) Y MULTIESPECTRAL (MS) EN TERRENOS CON POSIBLES FOSAS COMUNES

La metodología consiste en la toma de una serie de fotografías aéreas mediante equipo UAV, con cámara digital infrarroja (IR), termográfica (TIR) y Multiespectral (MS), siguiendo la cuadrícula a analizar predeterminada, en unas condiciones de trabajo pre-programadas (IR, sensibilidad, emisividad, etc.) y con una orientación oblicua y cenital determinada por parámetros previos y en un horario de luz solar preconcebido, matinal en este caso concreto, para aprovechar la disipación térmica.

En cuanto a la cuadrícula analizada, este tipo de cámara infrarroja/multiespectral puede detectar cualquier anomalía en todo el espectro de banda que se encuentre bajo el paramento vertical y/o horizontal a analizar, siempre que tengan cierta entidad, las visualiza mediante contrastes de estos elementos en las capas superficiales y su disipación al hacer contacto con la atmósfera exterior. Estas alteraciones sub-superficiales normalmente no son visibles en el espectro de luz visible, pero en el infrarrojo y/o multiespectral se detectan, en determinadas circunstancias.

Diferencias térmicas/infrarrojas/multiespectrales en la cuadrícula analizada son un indicador de la existencia en el interior de diferentes estructuras geo-morfológicas (contaminación, cavidades, estructuras, agua, enterramientos, etc.), dado que el paramento actúa como recolector del calor durante el día y a partir del atardecer irradian la energía por disipación térmica al aire más frío. Al existir un estrato de diferente densidad y composición se detecta una variación en la radiación térmica del paramento en esas zonas. La presencia de humedad en superficie y/o cotas someras retrasa la disipación térmica y siempre disminuye considerablemente la temperatura detectada. En la banda multiespectral, se detectan variaciones en las capas superficiales y de vegetación por la presencia de compuestos químicos diferenciados en el subsuelo, como hidrocarburos y metales pesados.

Durante la toma de datos termográfica, la temperatura atmosférica diurna se ha mantenido en valores térmicos medios, lógicos en esta época, por lo que no existe gran diferencia de disipación térmica, lo que ha perjudicado la capacidad de diferenciación térmica de la estructura de la zona. La estructura geomorfológica de las zonas a prospectar, ha sido correcta, aunque con reflexiones de entidad de cementos, escombros y arbolado.



TERMOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (TIR), FOTOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (IR) Y MULTIESPECTRAL (MS)



División en cuadrícula aérea y escaneada mediante Fotogrametría (FG), Termografía Aérea Infrarroja (TIR), Fotografía Aérea Infrarroja (IR) y Fotografía Aérea Multiespectral (MS)

Simulación de puntos móviles aéreos de adquisición de datos para la termografía, infrarrojos y multiespectral

El área de exploración se realizó desde puntos situados dentro o frente a la zona prospectada (puntos rojos) mediante cámara termográfica FLIR VUE PRO, cámara infrarroja Canon IXUS IR y cámara multiespectral PARROT SEQUOIA. Se ha cubierto por completo todas las zonas, de manera cenital y angulada, entre 10 y 80 m de altura, con metodología y parámetros preprogramados para máxima detección de anomalías infrarrojas y multiespectrales asociables a la presencia en superficie o capas someras (hasta -1.5 m) de alteraciones, anomalías o diferente estructura geomorfológica/geológica.

TERMOGRAFÍA INFRARROJA: 18/05/2024

Mediante análisis de disipación térmica de gradiente térmico, valores de emisividad reflejada por los elementos internos, con valores de gradientes radiométricos asociables a densidad interna, cambios anómalos asociables a diferente estructura geomorfológica-geológica pero también a presencia en capas someras de agua, escombros, zanjas y cavidades. La presencia de elementos exógenos, como agua, siempre que tengan cierta entidad y únicamente en superficie o capas someras, disminuye los valores de emisividad y gradiente térmico. Los niveles de radiación solar, para calibración de los sensores, el día de la toma de datos, 18/05/2024 fueron:

RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE: 390 Wm²

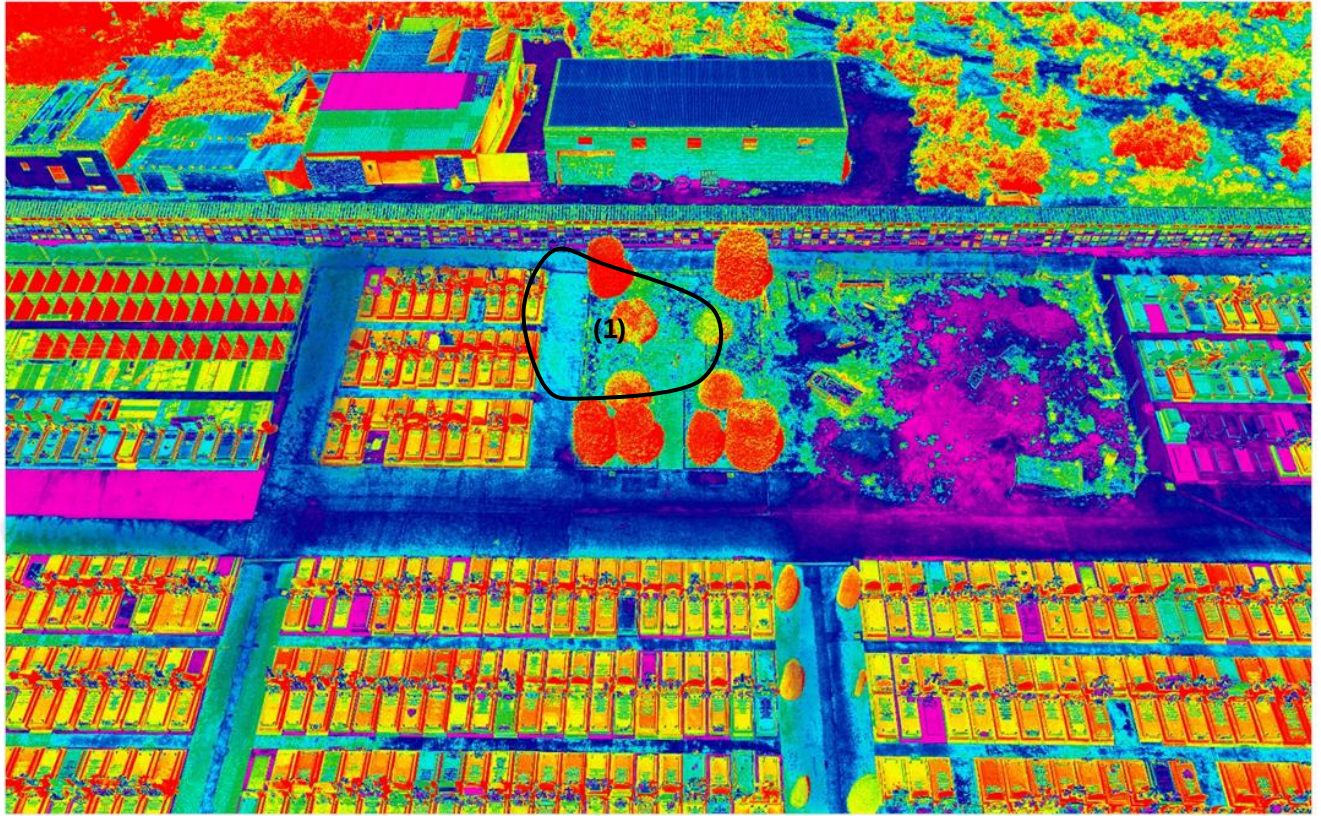
RADIACIÓN SOLAR REFLEJADA: 130 Wm²

RADIACIÓN SOLAR ABSORBIDA POR EL SUELO: 179 Wm²

INFRARROJOS EMITIDOS DESDE SUPERFICIE: 375 Wm²

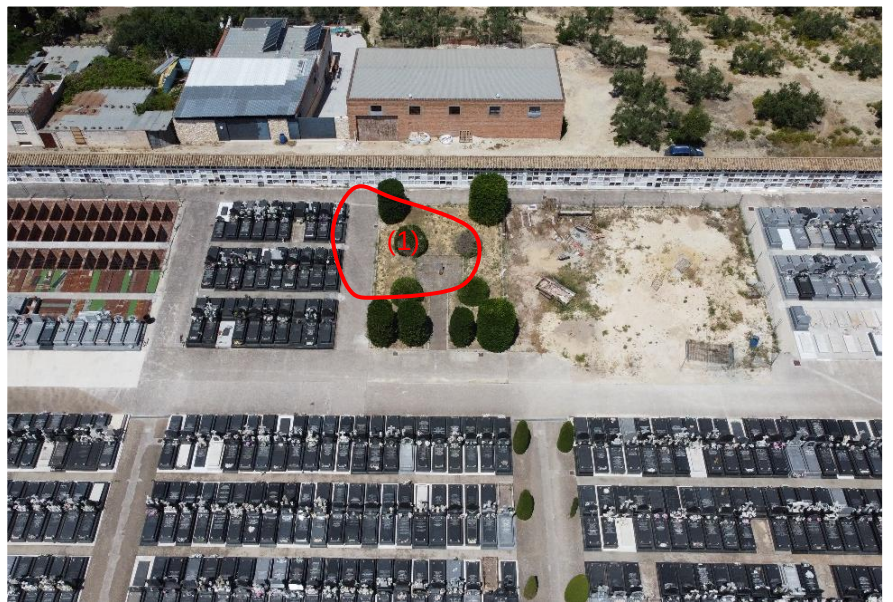
FOTOGRAFÍA INFRARROJA Y MULTIESPECTRAL: 18/05/2024

Mediante análisis de variación electroquímica de elementos superficiales, por repercusión de diferente composición interna o presencia de elementos exógenos como escombros, agua, etc. Procesado con software y algoritmos específicos. En Multiespectral, prioritario variaciones en NDVI por efectos secundarios de cambios de densidad en suelo, en capa superficial. Valores primarios Red: 39%, Grn: 36% y Blue: 29% prefijados para detectar cambios anómalos.

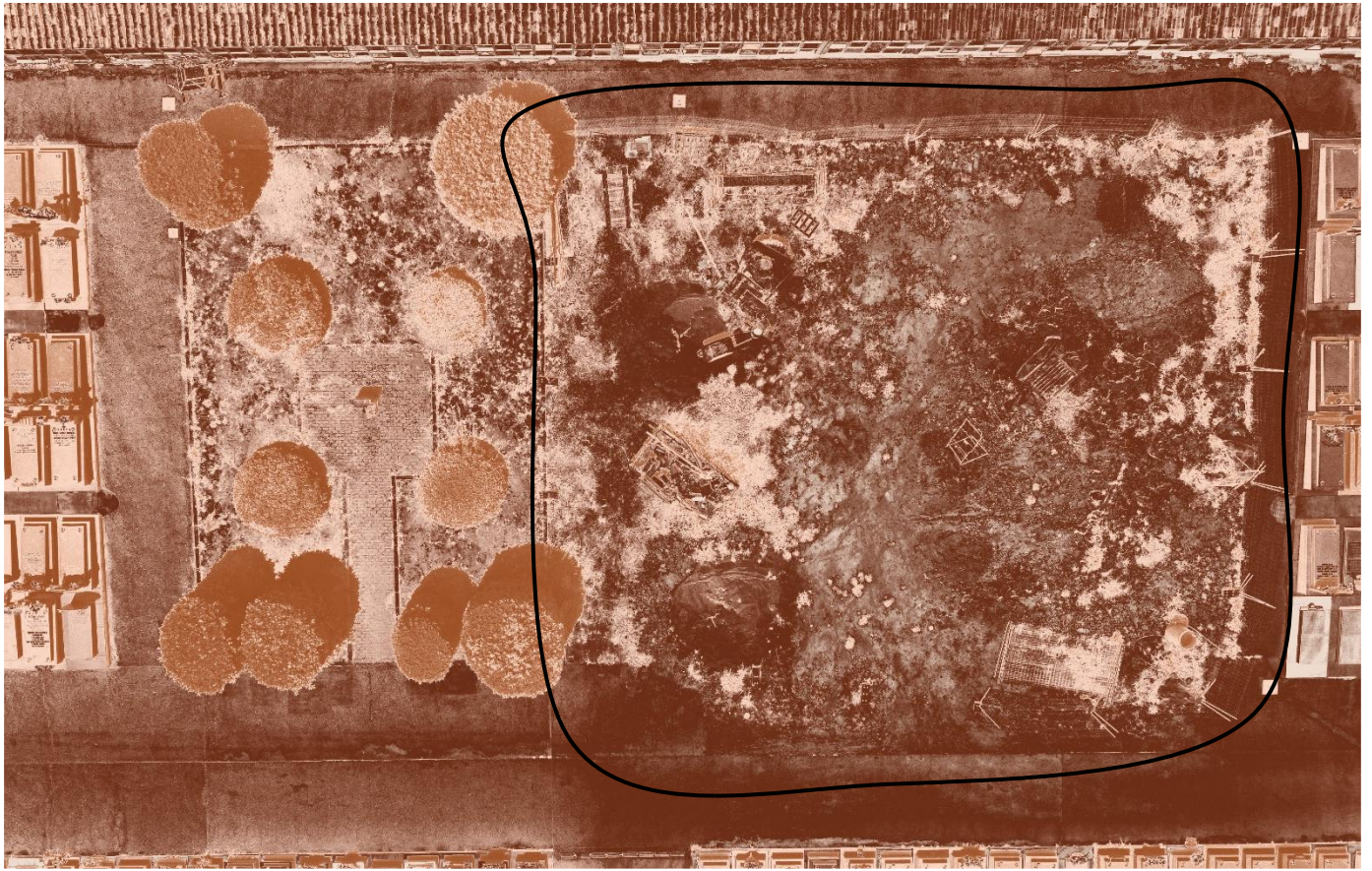


MONTILLA S005 Posición 2 C-1.-Altura, 70 m. Orientación Oblicua, -45°

Modelo: FLIR VUE PRO
Fabricante: FLIR
Lente: FOL 18
Emisividad: 0.95
Temperatura reflejada: 35,1° C
Temperatura Atmosférica: 23,0° C
Humedad relativa: 50%
Distancia: 70 m
Imagen: JPEG
Dimensiones: 3488 X 2616 píxeles
Tamaño: 2,24 MB
Resolución: 72 ppp
Fecha Toma: 18/5/2024

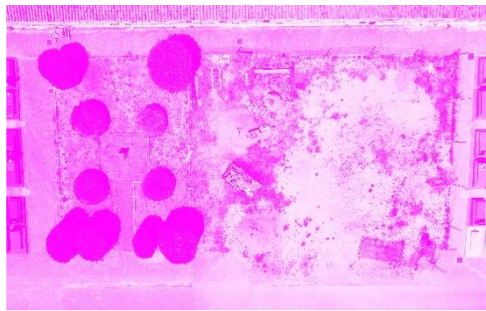


Análisis TIR: nivel térmico heterogéneo, una vez filtrados termogramas de elementos superficiales, se detectan perturbaciones radiométricas de cierta entidad con categoría negativa (1), asociables a la existencia de diferente composición electroquímica superficial en ese área, en comparación con los termogramas del resto de la zona, asociables a estructura geomorfológica de materiales de relleno externos.



MONTILLA S007 Posición 2 C-1.-Altura, 70 m. Orientación cenital, -90°

Modelo: IXUS 180 R
Fabricante: CANON Lente:
50 mm Emisividad:
Temperatura reflejada:
Temperatura Atmosférica:
22° C Humedad relativa:
50% Distancia: 120 m
Imagen: JPEG
Dimensiones: 3488 X 2616
píxeles Tamaño: 2,24 MB
Fecha Toma: 18/5/2024

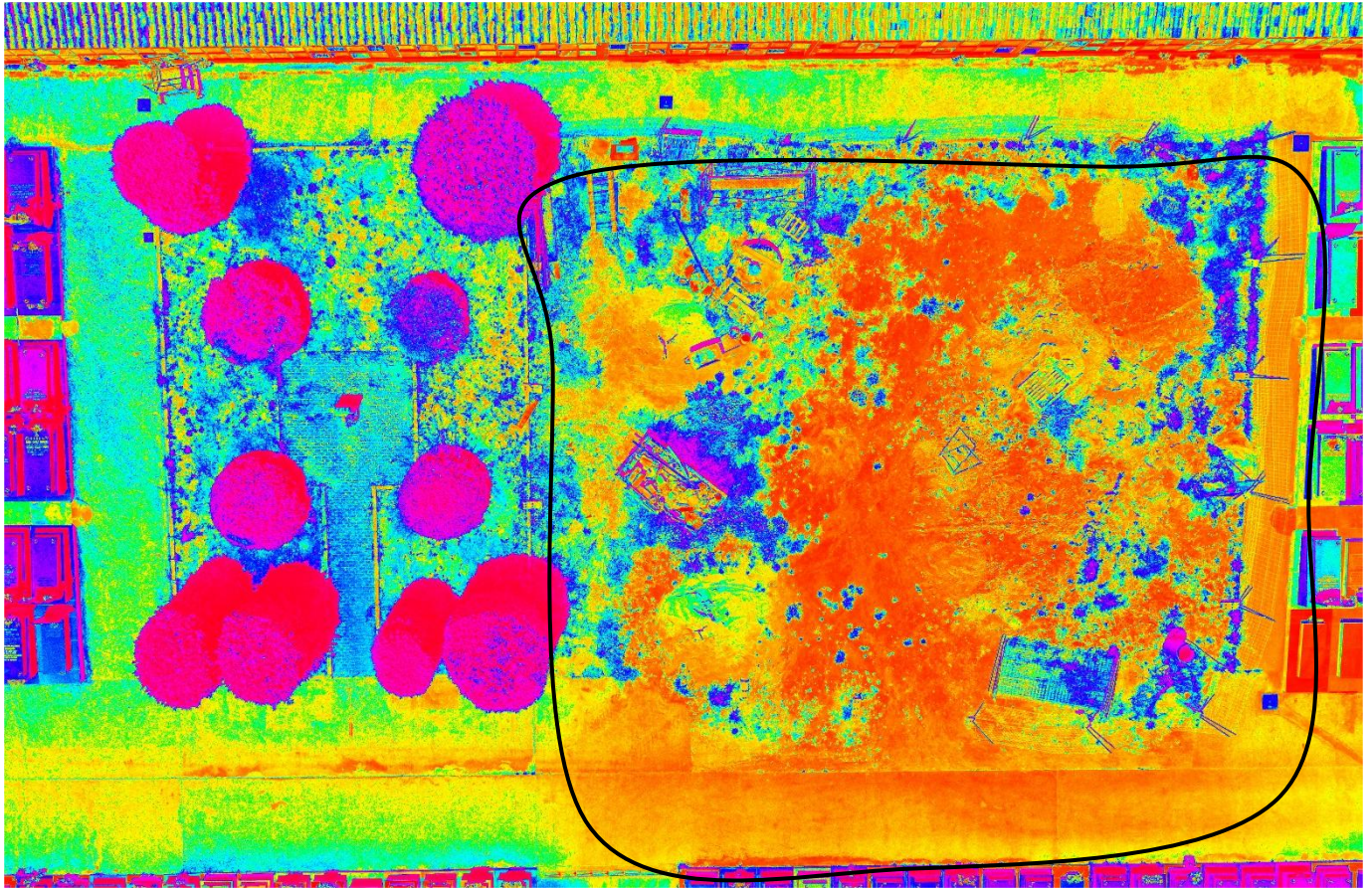


IR original, sin
procesar



RGB

Análisis IR: infrarrojo procesado para detectar cambios superficiales por alteraciones exógenas, posicionando la estructura sub y superficial de la zona, en donde se detectan contrastes superficiales de cierta entidad, asociables a presencia de compuestos electroquímicos diferenciados en varios puntos. Anomalías primarias, precisa verificación mediante sistemas terrestres de alta resolución.



MONTILLA S016 Posición 2 C-1.-Altura, 70 m. Orientación oblicua, -90°

Modelo: SEQUOIA
Fabricante: PARROT
Lente: 28 mm Red: 38%
Grn: 39%Blu: 28% Ndv: 0.15
Distancia: 90 m
Imagen: JPEG
Dimensiones: 2520 X 2432
píxeles Tamaño: 2,10 MB
Fecha Toma: 18/5/2024



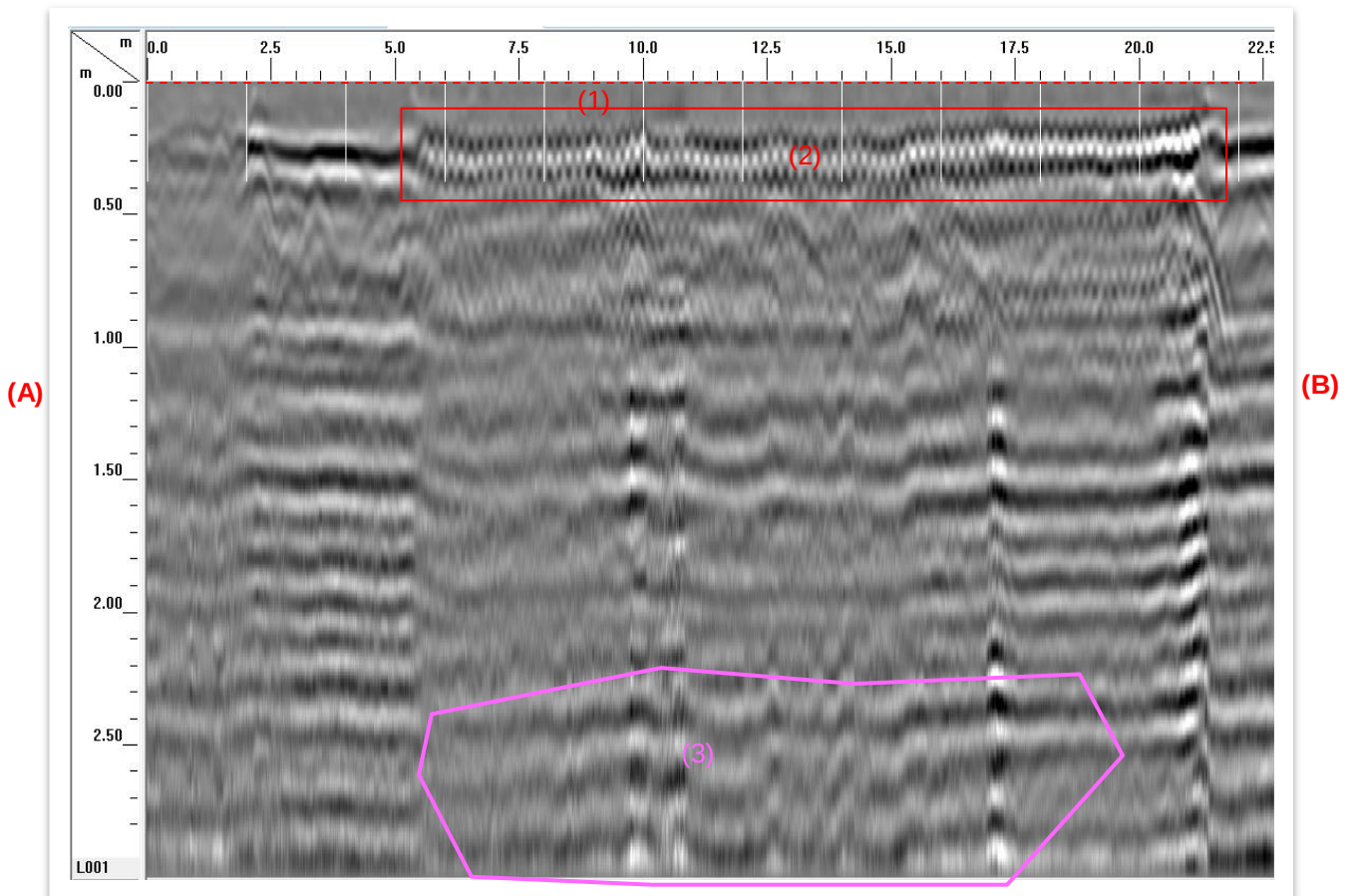
Análisis MS: banda multispectral procesada modelo NVDI para detectar cambios superficiales por composición interna diferenciada del subsuelo, posicionando la estructura de la zona, en donde se detectan contrastes superficiales de cierta entidad, asociables a cambio estratigráfico superficial con valores NVDI mínimos (0,15) lo que indica esa zona mantiene puntos con alteraciones electroquímicas generalizadas con reflejo superficial, así como diferenciación geomorfológica de contenido interno.

5 CUADRÍCULA C-1. CEMENTERIO MUNICIPAL DE MONTILLA, CÓRDOBA. GEORADAR. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA



A efectos de realizar el estudio geofísico mediante georadar, el área de prospección se delimitó de acuerdo a la cuadrícula C-1, que cubre el área solicitada, en malla de coordenadas X e Y, georadar GSSI Utilityscan con antena de alta resolución de 400 Mhz, mediante carro smartcar dotado de odómetro (contador de pasos). Se realizaron mediciones electromagnéticas para profundidades máximas de 3.00 m.

5.1 RADARGRAMAS LINEALES 400 MHZ. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA. DETALLE DE ZONA DE INTERÉS



Radargrama 937. (C-1) 3,00 m de profundidad. Coordenadas X. Antena 400 MHZ

Radargrama con punto de inicio en punto (A) y final en punto (B) con desglose de los elementos internos geomorfológicos y geológicos hasta cota aproximada de - 3,00 m de profundidad, visualizando los siguientes elementos diferenciados:

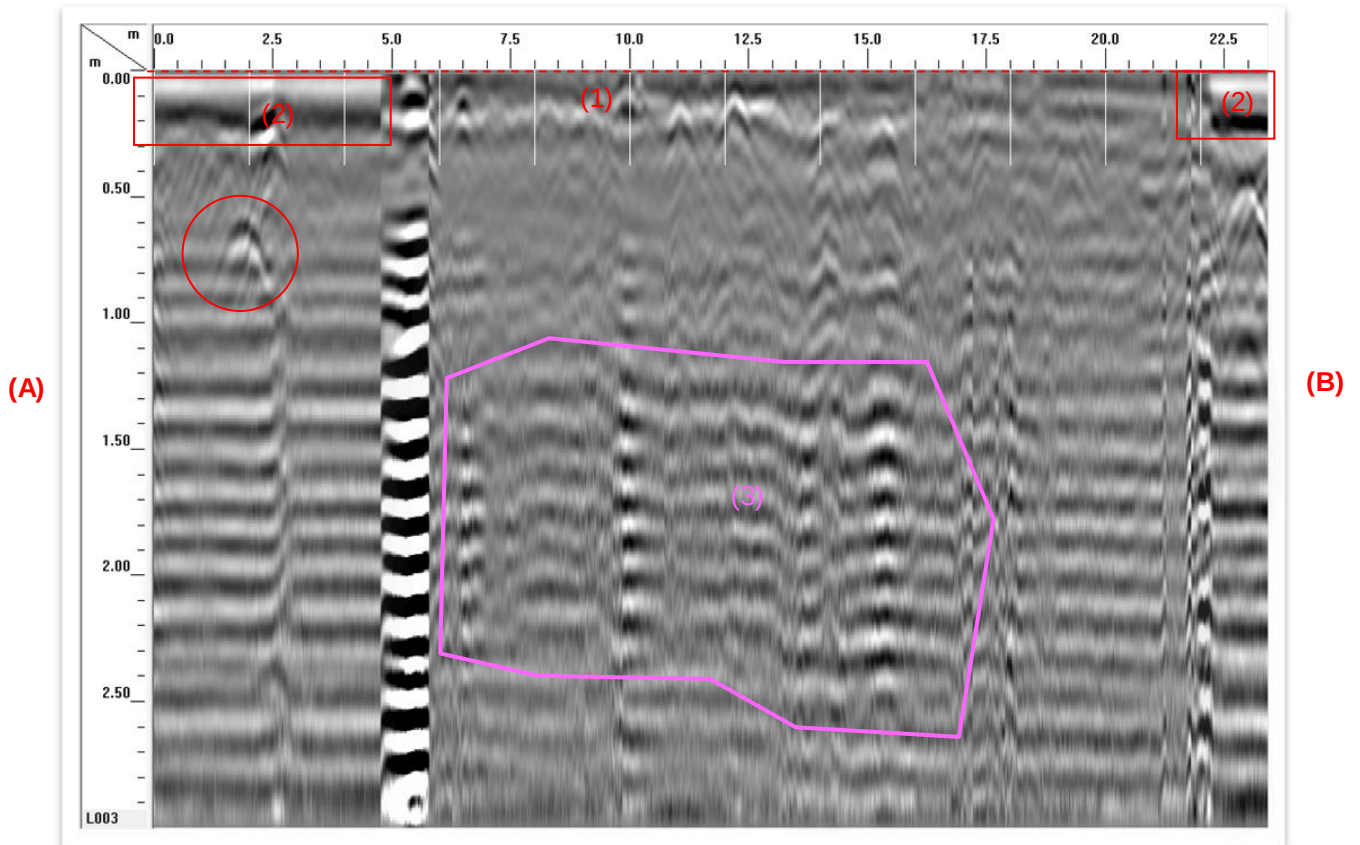
(1) Primera capa geomorfológica del terreno, con presencia completa de solado de cemento, con armadura pasiva sobredimensionada en cota -0,20 m, que apantalla en gran manera la onda radar

(2) Armadura pasiva

(3) Discontinuidad de leve entidad por apantallamiento de onda, en área central, desde cota - 2,20 m hasta -3,00 m de profundidad, 10 m de longitud, posible presencia de elementos no geológicos en el subsuelo, asociable a fosa común con material de origen osteológico o enterramientos individuales consecutivos.

○ Tuberías y conducciones de servicio





Radargrama 939. (C-1) 3,00 m de profundidad. Coordenadas X. Antena 400 MHZ

Radargrama con punto de inicio en punto (A) y final en punto (B) con desglose de los elementos internos geomorfológicos y geológicos hasta cota aproximada de - 3,00 m de profundidad, visualizando los siguientes elementos diferenciados:

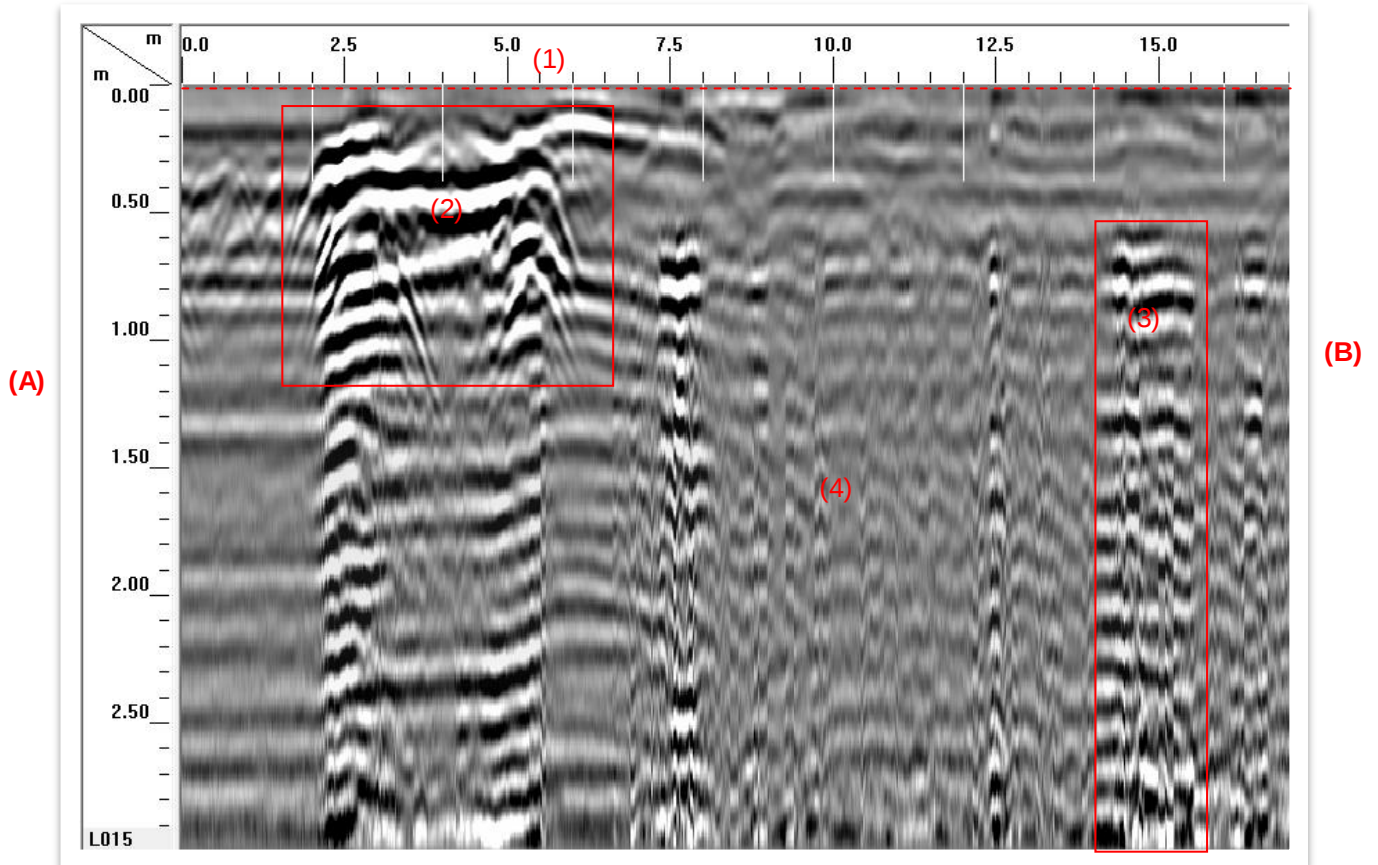
(1) Primera capa geomorfológica del terreno, con presencia de terreno estable y continuo.

(2) áreas de solado cementadas, inicial y final

(3) Discontinuidad de entidad en área central, desde cota - 1,20 m hasta -2,50 m de profundidad, 12 m de longitud, probable presencia de elementos no geológicos en el subsuelo, asociable a fosa común con material de origen osteológico o enterramientos individuales consecutivos.

 Tuberías y conducciones de servicio



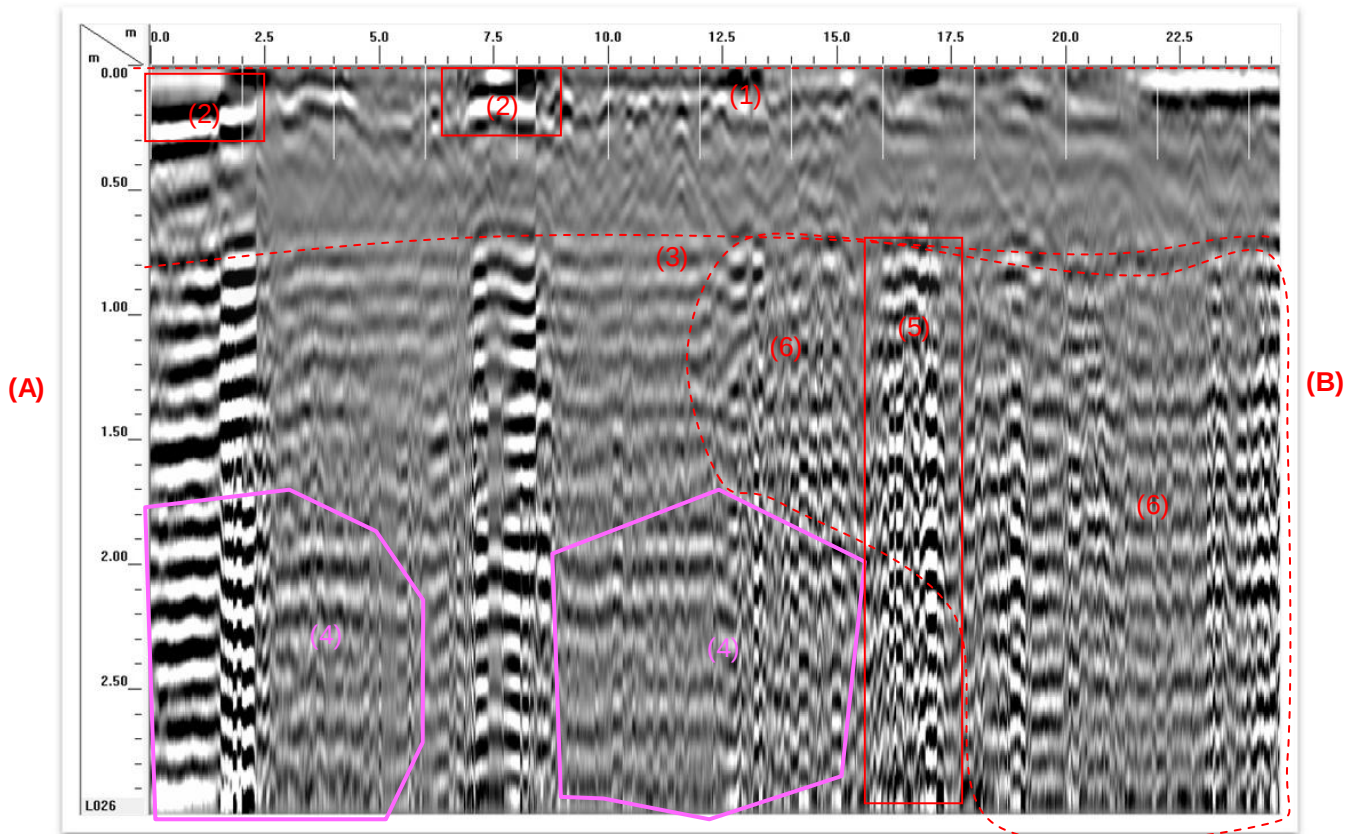


Radargrama 951. (C-1) 3,00 m de profundidad. Coordenadas Y. Antena 400 MHZ

Radargrama con punto de inicio en punto (A) y final en punto (B) con desglose de los elementos internos geomorfológicos y geológicos hasta cota aproximada de - 3,00 m de profundidad, visualizando los siguientes elementos diferenciados:

- (1) Primera capa geomorfológica del terreno, con presencia de terreno estable y continuo, zona inicial cementada.
- (2) Estructura hormigonada de gran densidad a 0.4 m de profundidad, 5 m de longitud
- (3) Paramento vertical de cierta densidad, desde 0.5 m de profundidad hasta fin de radio de acción de onda radar
- (4) materiales de relleno artificiales aportados externamente, sin estratigrafía geológica.

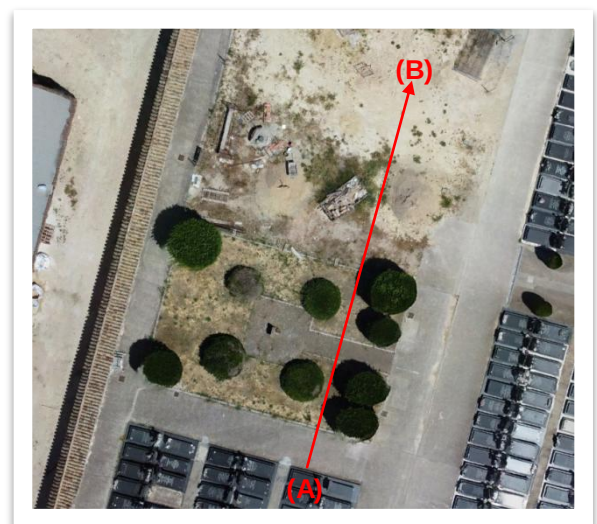


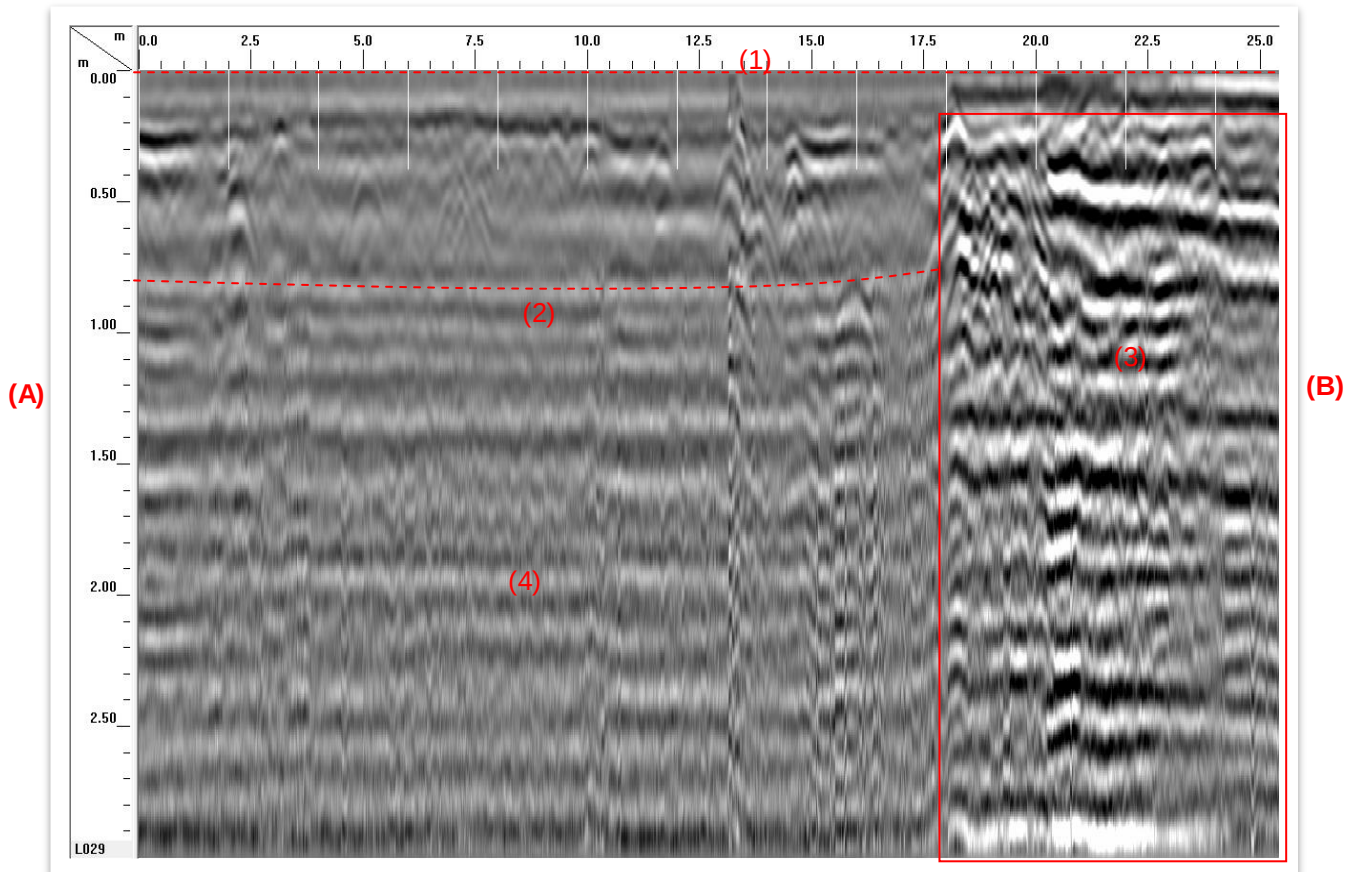


Radargrama 962. (C-1) 3,00 m de profundidad. Coordenadas X. Antena 400 MHZ

Radargrama con punto de inicio en punto (A) y final en punto (B) con desglose de los elementos internos geomorfológicos y geológicos hasta cota aproximada de - 3,00 m de profundidad, visualizando los siguientes elementos diferenciados:

- (1) Primera capa geomorfológica del terreno, con presencia de terreno estable y continuo.
- (2) áreas de solado cementadas, inicial y central.
- (3) estrato denso en cota -0,80, probable cota de suelo original.
- (4) Discontinuidad de entidad en área inicial y central, desde cota - 1,80 m hasta -3,00 m de profundidad, 5 m y 7,5 de longitud, probable presencia de elementos no geológicos en el subsuelo, asociable a fosa común con material de origen osteológico o enterramientos individuales consecutivos.
- (5) Paramento vertical denso.
- (6) materiales de relleno tipo escombros, aportados externamente, sin estratigrafía geológica.

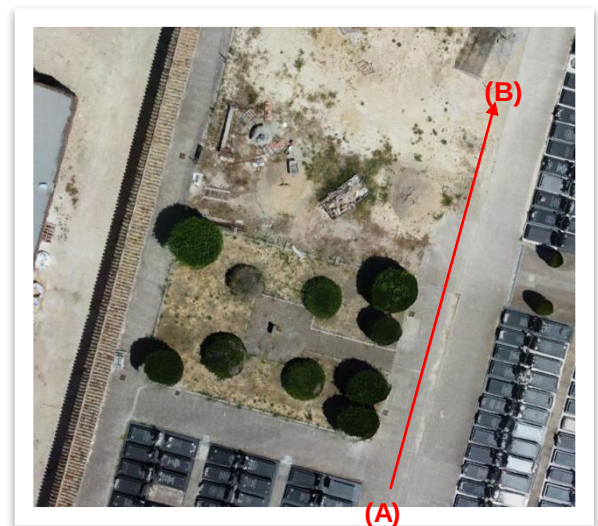




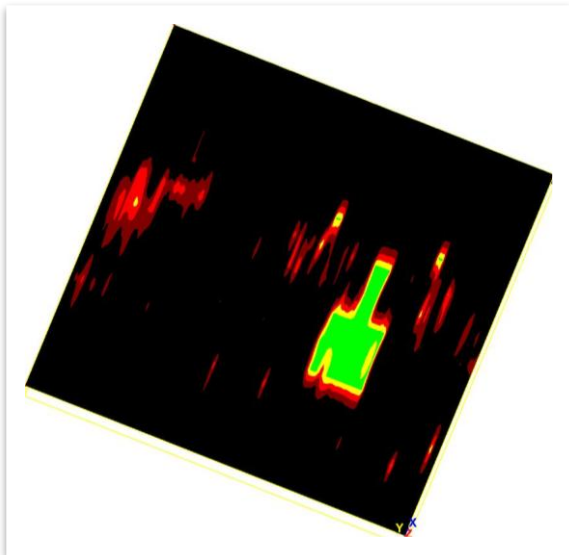
Radargrama 965. (C-1) 3,00 m de profundidad. Coordenadas X. Antena 400 MHZ

Radargrama con punto de inicio en punto (A) y final en punto (B) con desglose de los elementos internos geomorfológicos y geológicos hasta cota aproximada de - 3,00 m de profundidad, visualizando los siguientes elementos diferenciados:

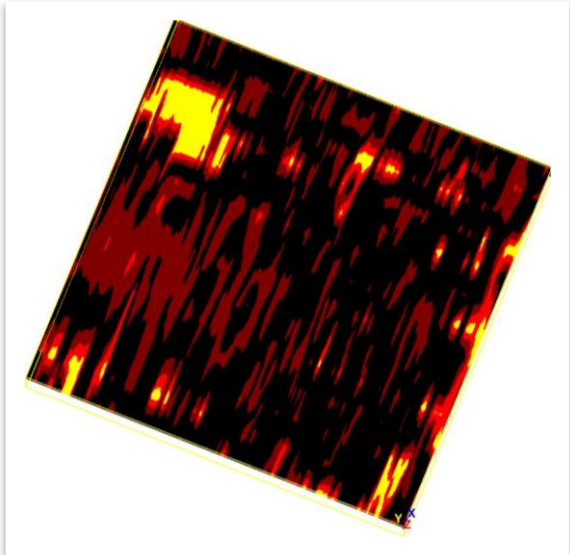
- (1) Primera capa geomorfológica del terreno, con presencia completa de solado de cemento.
- (2) Estrato denso en cota -0,80, probable cota de suelo original.
- (3) Discontinuidad de entidad en área final, desde cota - 0,40 m hasta -3,00 m de profundidad, 7,5 m de longitud, estructura densa hormigonada.
- (4) Subsuelo geológico inalterado, sin reflexiones electromagnéticas asociables a enterramientos o fosas comunes.



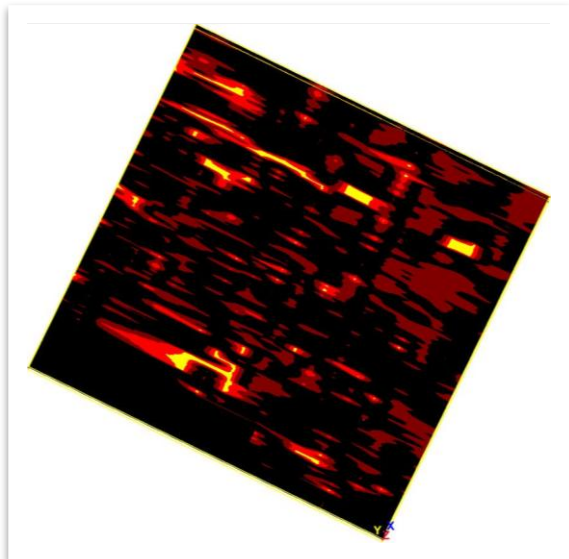
5.2 CUADRÍCULA C-1. DETECCIÓN Y POSICIONAMIENTO ESPACIAL DE ESTRUCTURA INTERNA. RADAGRAMAS 3-D



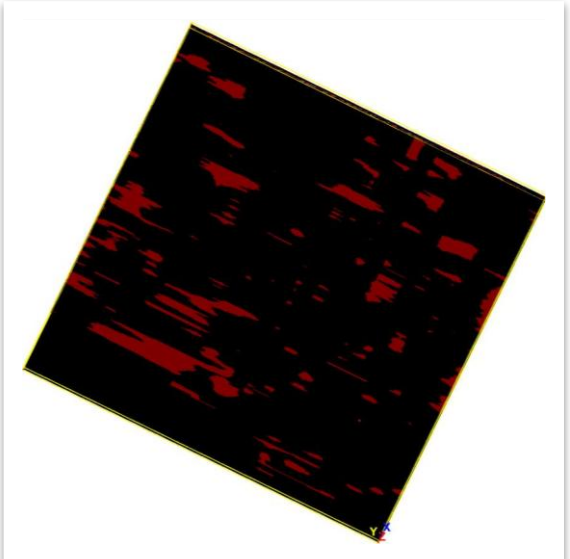
Cota 0 m



Cota 0,5 m



Cota 1,0 m



Cota 2,0 m

5.3 FOTOCROQUIS. GEORADAR 3-D. ESTRUCTURA INTERNA. CUADRÍCULA C-1



Representación 3-D de discontinuidad en subsuelo. Cota -0.5 m. Detección de constante dieléctrica asociable a presencia de material somero de densidad diferenciada (amarillo). La antena de 400 Mhz ha penetrado únicamente hasta 3,00 m de profundidad.

5.4 CUADRÍCULA C-1. MONTILLA. GEORADAR. CONCLUSIONES GENERALES

El georadar es concluyente en que existe una estructura de subsuelo definida, hasta cota analizada de -3,00 m de profundidad, diferenciada según zonas, formada en una parte por sedimentos arenosos, áridos y cementos y en otra por materiales de relleno con elevado grado de heterogeneidad. **Compacidad del terreno media, con algunas zonas de densidad disminuida por posible presencia de manipulaciones mecánicas o manuales del subsuelo.**

Se detectan también en algunas zonas presencia de armaduras pasivas que apantallan la señal del georadar. **Es posible detectar zonas con discontinuidad de entidad de reflectores, asociado a la presencia de posible diferenciación geomorfológica, por manipulación manual o mecánica del subsuelo, principalmente en un dos áreas del terreno prospectado.** (Ver Fotocroquis)

Los datos de mayor relevancia obtenidos por el georadar son la constatación de **detección de constante dieléctrica asociable a posible presencia de manipulación manual o mecánica del subsuelo y dos áreas de límites difusos asociables a enterramientos individuales consecutivos, más que constatación nítida de existencia de fosa común multiindividual. Número de individuos enterrados en estas fosas no cuantificable pero no masivas.**

En la mayor parte del terreno analizado existen reflexiones de menor entidad y profundidad más somera asociables a otros posibles enterramientos individuales generalizados, algunos con restos de ataúdes.

La antena de 400 Mhz por las características geológicas del terreno ha penetrado únicamente hasta 3m de profundidad, probablemente existan enterramientos a profundidades mayores, se recomienda realizar los sondeos de verificación arqueológicos o forenses hasta al menos cota -3,5 m.

6 FOTOCROQUIS GENERAL DE ANOMALÍAS DETECTADAS



Áreas con anomalías (GPR) de media/baja entidad asociables a geomorfología interna diferenciada, por probable manipulación manual del subsuelo, asociable a presencia de fosa común de baja densidad interna, con enterramientos consecutivos, desde cota -1.5 m, hasta cota aprox. de -3.0 m de profundidad, prospección realizada únicamente hasta cota máxima -3,00 m de profundidad.

 Áreas prospectadas mediante georadar

 Áreas con anomalías electromagnéticas de baja/media entidad asociables a manipulación mecánica o manual del subsuelo y probable existencia de fosa común

 Áreas con anomalías electromagnéticas de baja entidad asociables a manipulación mecánica o manual del subsuelo y probable existencia de enterramientos dispersos

 Áreas con anomalías electromagnéticas de baja entidad asociables a manipulación mecánica o manual del subsuelo y probable existencia de enterramientos dispersos



Áreas con anomalías (GPR) de alta entidad asociables a geomorfología interna diferenciada, por presencia de estructuras artificiales, prospección realizada únicamente hasta cota máxima -3,00 m de profundidad.

 Áreas prospectadas mediante georadar

 Tuberías y conducciones de servicio

 Estructura homigonada

7 AGRADECIMIENTOS

La colaboración y ayuda recibida por parte de AREMEHISA (ASOCIACION PARA LA RECUPERACIÓN DE LA MEMORIA HISTÓRICA DE AGUILAR DE LA FRONTERA CÓRDOBA) para la realización de esta prospección mediante Geofísica Avanzada ha sido fundamental para el correcto desarrollo de los mismos.

	Confeccionado	Revisado	Aprobado
Firma			
Nombre	Dayana Abreu	Oscar López	Luis Avial
Titulación	Ingeniera Geofísica	Doctor en Arqueología	Director Técnico Falcon High Tech
Fecha	02/6/2024	04/6/2024	07/6/2024

Madrid, a 7 de junio de 2024



Firmado: Luis Avial Bell
DIRECTOR GEOFISICA AVANZADA