

AGOSTO 2024

INFORME PROSPECCIÓN GEOFÍSICA INTEGRAL EN LA CUESTA DE LOS CAPUCHINOS DE TOLEDO, MEDIANTE GEOFÍSICA AVANZADA



FALCON
HIGH TECH

ÍNDICE

1	DATOS DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	3
1.1	MEDIOS TÉCNICOS	3
1.2	GLOSARIO	4
1.3	ÁREA DE ESTUDIO	5
1.4	PARÁMETROS DE LOS RADAGRAMAS (antena de 400 Mhz y 200 Mhz)	6
1.5	PARÁMETROS DEL PERFILÓMETRO	6
2	ANTECEDENTES Y METODOLOGIA.....	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	TERMOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (TIR), FOTOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (IR) Y MULTIESPECTRAL (MS) EN TERRENOS CON POSIBLES ESTRUCTURAS Y/O PATOLOGIAS.....	12
5	ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS FOTOTECA / GOOGLE EARTH.....	13
6	TERMOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (TIR), FOTOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (IR) Y MULTIESPECTRAL (MS).....	14
6.1	SENSORES UTILIZADOS	15
6.2	RESULTADO TERMOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (TIR) EN EL ALCÁZAR DE TOLEDO	16
6.3	RESULTADO FOTOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (IR) EN EL ALCÁZAR DE TOLEDO	18
6.4	RESULTADO FOTOGRAFIA AÉREA MULTIESPECTRAL (MS) EN EL ALCÁZAR DE TOLEDO.....	19
6.5	CONCLUSIONES GENERALES SENSORES INFRARROJOS/MULTIESPECTRALES	20
6.6	FOTOCROQUIS RESUMEN DE ANOMALÍAS PATOLÓGICAS MEDIANTE SENSORES TIR-IR-MS.....	20
7	GEORADAR. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA.....	21
7.1	RADAGRAMAS LINEALES 400 MHZ. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA. DETALLE DE ZONA DE INTERÉS	22
7.2	GEORADAR 3-D. ANALISIS GEOMORFOLOGICO	25
7.3	GEORADAR. CONCLUSIONES	30
7.4	FOTOCROQUIS GENERAL DE ESTRUCTURAS DETECTADAS MEDIANTE GEORADAR. POSICIONAMIENTO ESPACIAL.	31
8	PERFILÓMETRO ELECTROMAGNÉTICO (EM) EN ALCÁZAR DE TOLEDO	32
8.1	RESULTADOS.....	32
8.2	CONCLUSIONES GENERALES PERFILÓMETRO ELECTROMAGNETICO	35
8.3	FOTOCROQUIS GENERAL DE ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA MEDIANTE PERFILÓMETRO.....	36
9	CONCLUSIONES FINALES. INFRARROJOS, MULTIESPECTRAL, GEORADAR Y PERFILÓMETRO ELECTROMAGNÉTICO EN EL ALCÁZAR DE TOLEDO.....	38
10	RECOMENDACIÓN DE SONDEOS DE VERIFICACIÓN	39
11	AGRADECIMIENTOS.....	40

1 DATOS DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Prospección geofísica mediante termografía aérea infrarroja (TIR), fotografía aérea infrarroja (IR), fotografía aérea multiespectral (MS), georadar (GPR), magnetómetro de fluxgate (MG) y perfilómetro electromagnético (EMP) en la Cuesta de los Capuchinos de Toledo, con la finalidad de definir la estructura geomorfológica del subsuelo, y determinar la posible existencia de estructuras de interés históricos, mediante métodos geofísicos de alta resolución, no intrusivos ni destructivos. Total terreno prospectado 1.172 metros cuadrados con medios aéreos y terrestres.

Supervisión y Dirección de la prospección, Iker Jimenez. Director de los trabajos geofísicos, Luis Avial, Director Técnico de Geofísica Avanzada de FALCON HIGH TECH. Director de procesado y edición, Dayana Abreu, Geofísica.

Se han realizado los siguientes trabajos técnicos y científicos:

- Termografía Aérea Infrarroja (TIR), Fotografía Aérea Infrarroja (IR) y Fotografía Aérea Multiespectral (MS) sobre toda la cuadrícula analizada y terrenos anexos
- Realización de perfiles longitudinales y perpendiculares (X, Y) mediante georadar (GPR). (Malla cuadrículada 1 m de espesor)
- Realización de perfiles longitudinales y perpendiculares (X, Y) mediante perfilómetro electromagnético (EMP). (Malla cuadrículada 1 m de espesor)
- Realización de perfiles longitudinales y perpendiculares (X, Y) mediante magnetómetro de fluxgate (MG). (Malla cuadrículada 1 m de espesor)

El estudio geofísico consiste en:

- 1.- Toma de datos in situ mediante radagramas lineales / perfiles electromagnéticos/ termogramas/ infrarrojos/ multiespectrales / magnetogramas
- 2.-Procesado de los datos recogidos en el trabajo de campo hasta una profundidad aprox. de -2.0 metros con sensores aéreos, -5.0 metros con georadar y -9 metros con perfilómetro y magnetómetro

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 expresan. Falcon 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:

- Cámara multiespectral PARROT SEQUOIA
- Microdrone DJI Phantom IV RTK
- Microdrone DJI Enterprise Dual
- Georadar GSSI SIR-4000 con antena de 400 Mhz y 200 Mhz
- RADAN 7.0
- Cámara infrarroja Canon IXUS IR
- Perfilómetro electromagnético GSSI EMP-400
- Magnetómetro de fluxgate SENSYS MagWalk

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 RADAN 7.0 GSSI©
- Manual de Software de Post-procesado FLIR REPORTER 8.0
- Manual de Software de Post-procesado WINGEM / SURFER 10.0
- Manual de Software de Post-procesado MagMap5.04
- Manual de Software de Post-procesado MagDrone Tools

1.2 GLOSARIO

- **Fotografía aérea Infrarroja (IR: MidInfrared):** Banda de Frecuencia, 1550-1750 nm. Infrarrojo cercano al espectro visible, de alta sensibilidad, permite inspeccionar grandes superficies de manera muy rápida, posicionando cambios en la densidad superficial no visible, atribuibles a manipulación mecánica o manual del subsuelo, y presencia somera de compuestos químicos exógenos hasta una cota aproximada de -2 metros de profundidad.
- **Fotografía aérea Multiespectral (MS: Multispectral):** Banda de Frecuencia, 450-900 nm. Infrarrojo cercano al espectro visible, de alta sensibilidad, permite inspeccionar grandes superficies de manera muy rápida, posicionando cambios en la densidad superficial no visible, atribuibles a manipulación mecánica o manual del subsuelo, y presencia somera de compuestos químicos exógenos hasta una cota aproximada de -2 metros de profundidad.
- **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.
- **Geoquímica:** La Geoquímica estudia la composición y dinámica de los elementos químicos en la Tierra así como también su distribución y movilidad (migración) entre las diferentes esferas geoquímicas que la conforman: Hidrósfera, Atmósfera, Biósfera y Geósfera. Los muestreos geoquímicos superficiales de suelos, aguas, sedimentos de corriente, nos permiten identificar los principales procesos geológicos - geoquímicos actuantes en la porción de la corteza terrestre que estemos estudiando, a través de la determinación de la abundancia absoluta y relativa de los elementos químicos.
- **Georadar (GPR: Ground Penetrating Radar):** 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 afecciones y plumas de contaminación, siempre que tengan cierta entidad, mediante detección de cada coeficiente dieléctrico de esos elementos, hasta una cota aproximada de -4 metros de profundidad.
- **Perfilómetro (EMP: Electromagnetics profiler):** 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 afecciones y plumas de contaminación, 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 con densa vegetación, ya que se porta en el aire, a un metro del suelo, sin contacto.
- **PPM: Partes por millones.** Una unidad de medida de concentración que mide la cantidad de unidades de sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.
- **Termografía aérea Infrarroja (TIR: Termal Infrared):** Banda de Frecuencia, 10400-12500 nm. Mediante valoración de la emisión radiométrica desde la superficie y subsuelo a la atmosfera, a través de algoritmos de disipación térmica, permite la detección de plumas de contaminación en subsuelo máximo hasta -2 metros de profundidad, y el posicionamiento espacial de anomalías geomorfológicas someras, por diferente composición y densidad interna. En horario predeterminado, idóneo al amanecer y anochecer. Se trata siempre de anomalías primarias, difusas, que deben ser verificadas o descartadas por otros sistemas.

1.3 ÁREA DE ESTUDIO

Tipo II, de aceptable condición para el georadar, en general correcta para el perfilómetro, sin interferencias de entidad por campos electromagnéticos exteriores. Deficiente para el magnetómetro. En general de aceptable condición para los infrarrojos y multiespectrales por la morfología adecuada de los terrenos. Estructura geomorfológica del terreno homogénea. Humedad residual media. Las tomas aéreas se han realizado con metodología adecuada (horario matinal, altura, posicionamiento, etc.). Constante dieléctrica general, 11.

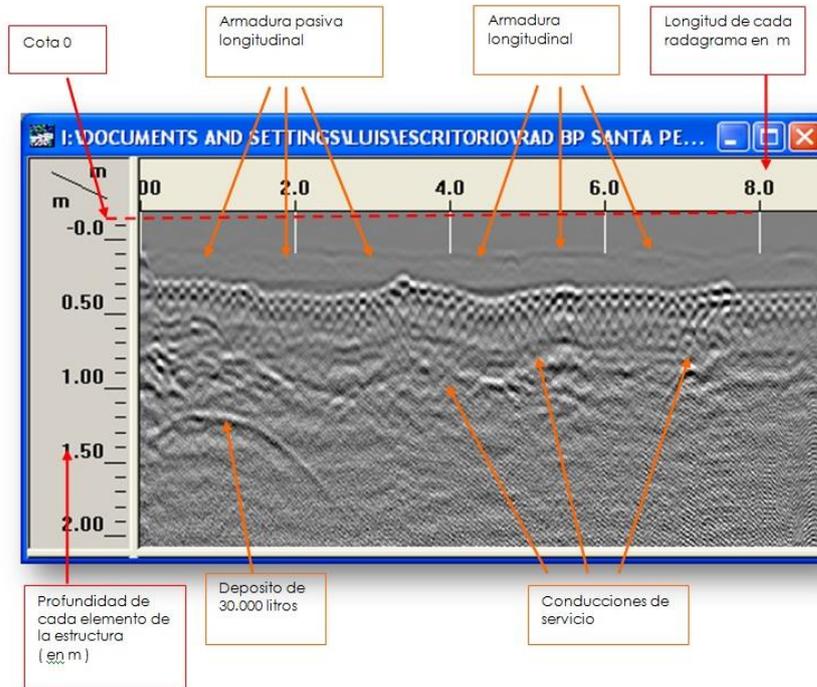


Línea roja perimetral área analizada mediante sensores aéreos, georadar, magnetómetro y perfilómetro. Terreno cuasi homogéneo, apto para prospección geofísica normalizada, se ha realizado con metodología correcta, interno y en todo el perímetro, mediante georadar, magnetómetro y perfilómetro. El terreno ha sido prospectado mediante sensores aéreos infrarrojos/multiespectrales y manualmente con carro radar, magnetómetro y perfilómetro multifrecuencia.

1.4 PARÁMETROS DE LOS RADAGRAMAS (antena de 400 Mhz y 200 Mhz)

File Name = FILE___173 Channel(s) 1 Samples/Scan 512 Bits/Sample 16
 Scans/Second 100 Scans/Meter 50 Meters/Mark 2
 Dielectric Constant 9 CHANNEL 1 400MHz Position 0 nS Range 40 nS
 Range Gain (dB) -20.0 20.0 49.0 Position Correction 0.725 nS
 Vertical IIR LP N=1 F=800 MHz Vertical IIR HP N=1 F=100 MHz

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



1.5 PARÁMETROS DEL PERFILÓMETRO

Multifrecuencia, en este caso, 16.000 Hz, 7.000 Hz, y 1.000 Hz

D-GPS multicanal

2 ANTECEDENTES Y METODOLOGIA

El propósito del presente estudio es lograr la detección y posicionamiento completo mediante técnicas no destructivas y no intrusivas como sensores aéreos infrarrojos y multiespectrales, georadar, magnetómetro y perfilómetro de las posibles estructuras con valor que se encuentren en superficie o en el subsuelo, y la confección de un plano de situación, para que posteriormente, 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 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. Dada la importancia técnica 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 urbano a través de un georadar en carro provisto de odómetro y perfilómetro. Dada la necesidad de gran resolución de los radagramas, la teórica calidad del suelo prospectado y las valoraciones previas de carácter técnico, se acordó utilizar primordialmente la antena de 200 Mhz (alcance máximo entre 5 y 6 m de profundidad en subsuelos de estas características dieléctricas) y luego la antena de 400 MHz (alcance máximo entre 2 y 3 metros de profundidad en subsuelos de estas características dieléctricas)

El georadar utilizado ha sido el GSSI SIR-4000 con carro SmartCar dotado de odómetro, perfilómetro (EM) y drone con cámara térmica (TIR), infrarroja (IR) y multiespectral (MS) y como material auxiliar, cinta métrica, conos de señalización y una confección de croquis fotográfico independiente de cada tramo. De manera preconcebida, se ha optado por no conocer previamente a la realización de esta prospección los datos o hipótesis sobre su estructura de subsuelo con la finalidad de no influir en el trazado, volumen y posicionamiento espacial de las posibles estructuras detectadas.

Al tratarse de una inspección mediante georadar, magnetómetro y perfilómetro eminentemente práctica, previa pero estrechamente unida a una interpretación específicamente técnica, y con la finalidad de mostrar que los resultados de una inspección mediante magnetómetro, georadar y/o perfilómetro son fácilmente utilizables por profesionales ajenos a la Geofísica, obviamos 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.- Escaneo aéreo mediante sensores infrarrojos y multiespectrales, detección de anomalías primarias generales.
- 2.- Realización de prospección geofísica terrestre de alta resolución, obteniendo datos volumétricos y espaciales.
- 3.- Verificación mediante sondeos para obtención de datos medibles en los puntos con estructuras detectados.

Para facilitar la comprensión de los resultados obtenidos se presentan solo los radagramas, perfiles y gráficos más interesantes para efectos interpretativos.

La intención de esta prospección geofísica es definir la estructura geológica y geomorfológica del área. Detección de cualquier parámetro anómalo en subsuelo asociable a estructuras de interés.

Se ha realizado un estudio de prospección geofísica, multidisciplinar no intrusiva y no destructiva mediante sensores infrarrojos y multiespectrales, electromagnetismo y georadar el día 8 de julio de 2024, el cual consistió en la adquisición, procesamiento e interpretación de datos de sensores TIR-IR-MS, GPR, MG y EMP de un área de 1.172 m² alrededor y dentro del terreno, mediante mediciones de los campos electromagnéticos y conductivos. Este programa de investigación no intrusiva fue ejecutado por el equipo técnico de Falcon High Tech.

2.1 DATOS OBTENIDOS POR LOS DIFERENTES SENSORES Y PROCESADO DE SOFTWARE

- Fotografía aérea Infrarroja (IR). MidInfrared, Banda de Frecuencia, 1550-1750 nm

Infrarrojo cercano al espectro visible, de alta sensibilidad, permite inspeccionar grandes superficies de manera muy rápida, posicionando cambios en la densidad superficial no visible, atribuible a manipulación mecánica o manual del subsuelo, y presencia somera de compuestos exógenos.

Software de procesado y edición: LIGHTROOM / ADOBE PHOTOSHOP 3.0

- Fotografía aérea Multiespectral (MS). Multispectral, Banda de Frecuencia, 450-900 nm

Infrarrojo cercano al espectro visible, de alta sensibilidad, permite inspeccionar grandes superficies de manera muy rápida, posicionando cambios en las densidades superficiales no visibles, atribuibles a manipulación mecánica o manual del subsuelo, y presencia somera de compuestos químicos exógenos y grado de humedad.

Software de procesado y edición: ADOBE LIGHTROOM / ADOBE PHOTOSHOP 3.0 / AGISOFT PHOTOSCAN

- 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 procesado 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 capas y discontinuidades y cualquier otra anomalía, 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 procesado y edición: GSSI RADAN 7.0

- Perfilómetro (EM).

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 capas geológicas y geomorfológicas, 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 con densa vegetación, ya que se porta en el aire, a un metro del suelo, sin contacto.

Software de procesado y edición: GEO SURFER 10.0

- Magnetómetro de Fluxgate (MG).

Mediante medición del campo magnético, posiciona volumétrica y espacialmente la presencia de metales férricos pesados y otros parámetros de interés relativos a capas geológicas o geomorfológicas. Los datos obtenidos, con alta resolución, son fácilmente intercalables con los otros sistemas geofísicos.

Software de procesado y edición: MAG MAP, GEOSURFER 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 1,5 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 elementos y estructuras morfológicas, cavidades o compuestos químicos exógenos. 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).

Su capacidad de penetración es limitada, aproximadamente entre 10 y 15 metros de profundidad máxima en un suelo medio, en relación a las frecuencias de alta resolución que se utilizan, las únicas capaces de detectar resistividad dieléctrica asociable a caspas geomorfológicas compuestos químicos exógenos. Pueden ser interferidos y por tanto alteradas sus lecturas, por campos electromagnéticos fuertes.

- Magnetómetro de Fluxgate (MG).

Su capacidad de detección se reduce a metales férricos y magnetitas geológicas, y puede ser afectado por campos electromagnéticos fuertes o interferencias eléctricas o tormentas solares.

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 Georqueología 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 aéreos (TIR-IR-MS)

FLIR REPORTER 8.0
FLIR QUICK REV
ADOBE PHOTOSHOP 3.0
THERMACAM RESEARCHER PROFESSIONAL

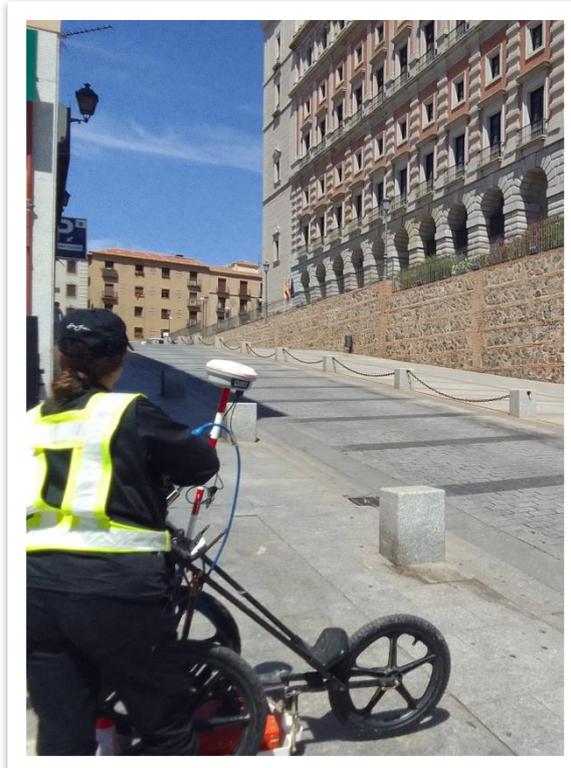
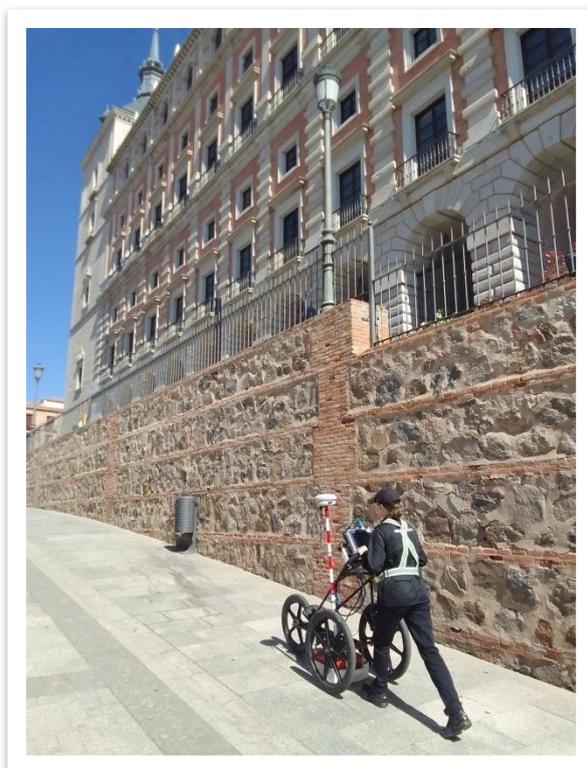
Procesado sensores terrestres (GPR-EM):

GEOSURFER 9.9
RADAN 7.0
SEISOPT-REMI
OASIS MONTAJ
MAG MAP

3 EQUIPOS Y TOMA DE DATOS



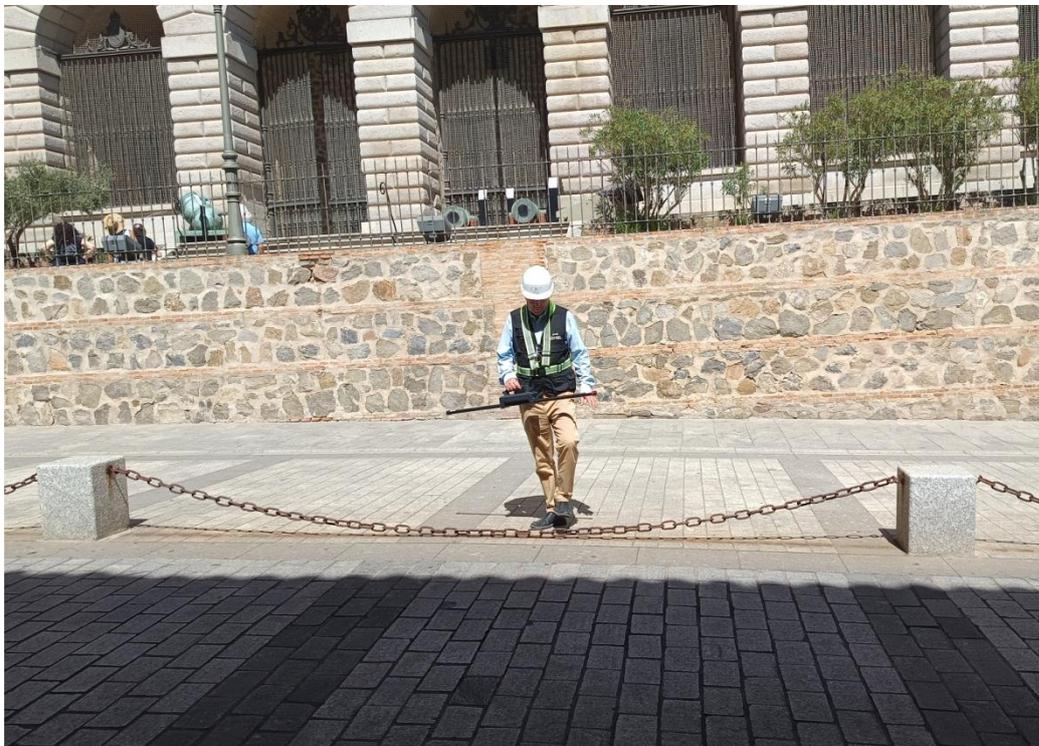
Los sensores aéreos (fotogrametría, termografía aérea infrarroja TIR, fotografía aérea infrarroja IR y multispectral MS) están colocados en microdrones, con autonomía superior a 20 minutos continuos de vuelo, y se despliegan a una altura predeterminada y con una metodología concreta y predeterminada. En esta prospección, se ha utilizado DJI Mavic 3 Thermal PRO. En la fotografía adjunta, Mavic dotado de cámara multispectral Parrot Sequoia.



Los equipos terrestres (georadar GPR) se utilizan manualmente, con metodología de malla cuadrículada. En las fotografías adjuntas se presenta el proceso de toma de datos en la calle Capuchinos con Georadar, modelo GSSI SIR-3000 con antena de 400 Mhz, ofreciendo más de 20.000 puntos de información por metro cuadrado.



Uso de perfilómetro electromagnético, multifrecuencia durante la toma de datos, mediante un barrido a una altura aproximada de 0,20 m sobre la superficie. Este equipo permite realizar un posicionamiento exacto de las anomalías electromagnéticas asociables a presencia de posibles estructuras en subsuelo, ya que es muy sensible y está dotado de diferencial GPS y de tres frecuencias, y permite el desplazamiento por zonas irregulares o con obstáculos superficiales.



Uso de Magnetómetro de fluxgate, modo Gradiómetro en tres ejes (X,Y,Z) durante la toma de datos, mediante un barrido a una altura aproximada de 1,00 m sobre la superficie. Este equipo permite realizar un posicionamiento ferromagnético de las anomalías electromagnéticas asociables a presencia de posibles estructuras densas en subsuelo, ya que es muy sensible y está dotado de GPS, y permite el desplazamiento por zonas irregulares o con obstáculos superficiales.

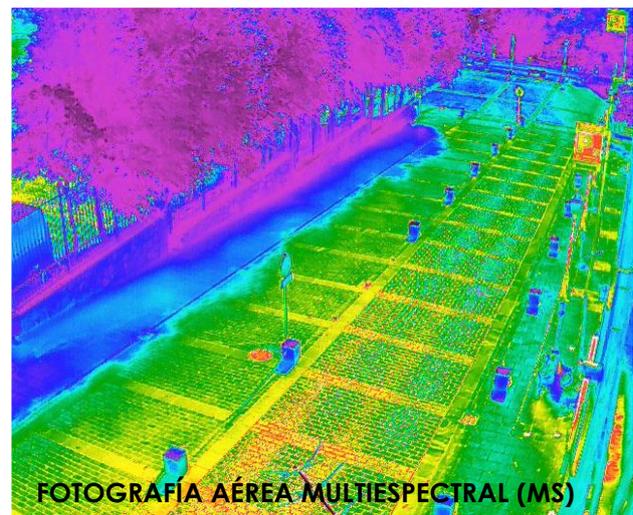
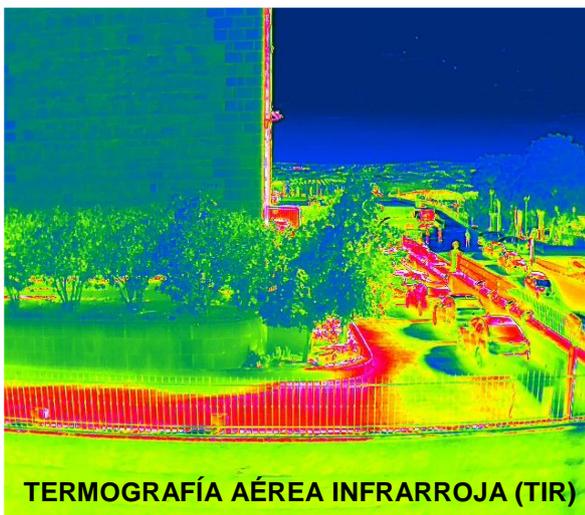
4 TERMOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (TIR), FOTOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (IR) Y MULTIESPECTRAL (MS) EN TERRENOS CON POSIBLES ESTRUCTURAS Y/O PATOLOGIAS

La metodología adecuada consiste en la realización de una serie de fotografías aéreas mediante drone equipado con cámara digital térmica (TIR), infrarroja (IR) y Multiespectral (MS) colocada en un UAV de la cuadrícula elegida, en unas condiciones de trabajo pre-programadas (IR, sensibilidad, emisividad, etc.) y con una orientación oblicua determinada por parámetros previos y en un horario de luz solar preconcebido, matutino en este caso concreto, para aprovechar la disipación térmica

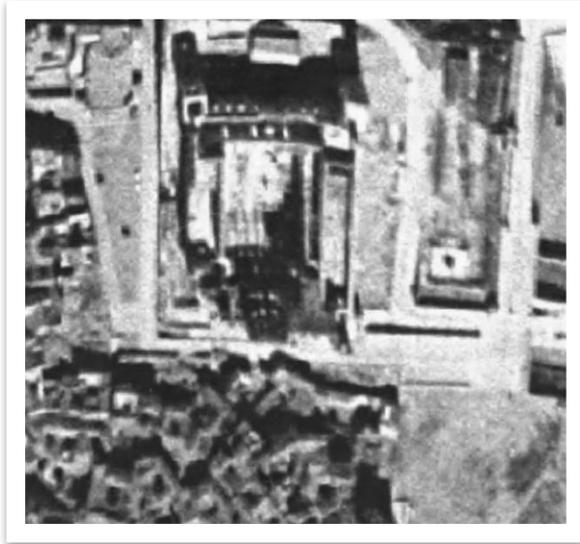
En cuanto a la cuadrícula analizada, este tipo de cámara infrarroja puede detectar cualquier anomalía que se encuentre bajo el paramento vertical y/o horizontal a analizar siempre que tengan cierta entidad, y las visualiza mediante contrastes de estos elementos en las capas superficiales y su disipación 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 se detectan, en determinadas circunstancias.

Diferencias térmicas en la cuadrícula analizada son un indicador de la existencia en el interior de diferente estructura geo-morfológica (estructuras, cavidades, agua, decaimiento, etc.) dado que el paramento actúa como recolector del calor durante el día y a partir del atardecer radian la energía por disipación térmica al aire más frío. Al existir un estrato de diferente densidad y composición se detecta una variación en la temperatura 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.

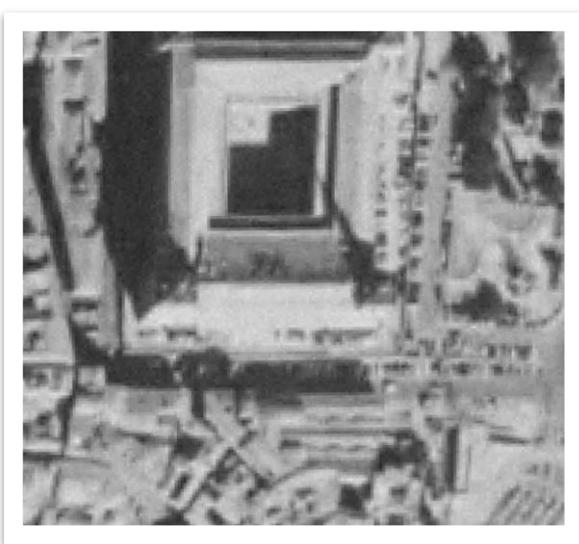
Durante la toma de datos termográfica, la temperatura atmosférica diurna se ha mantenido en valores térmicos medios, lógicos en esta época, por lo que no existe gran diferencia de disipación térmica, lo que ha perjudicado ligeramente la capacidad de diferenciación térmica de la estructura de la zona. La estructura geomorfológica de las zonas a prospectar, ha sido correcta. Se ha realizado desde punto elevado situado enfrente de la zona a prospectar.



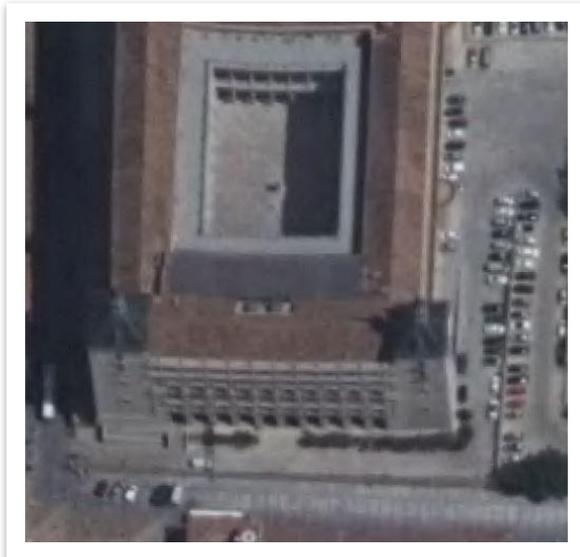
5 ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS FOTOTECA / GOOGLE EARTH



1956- 1957



1973 - 1986

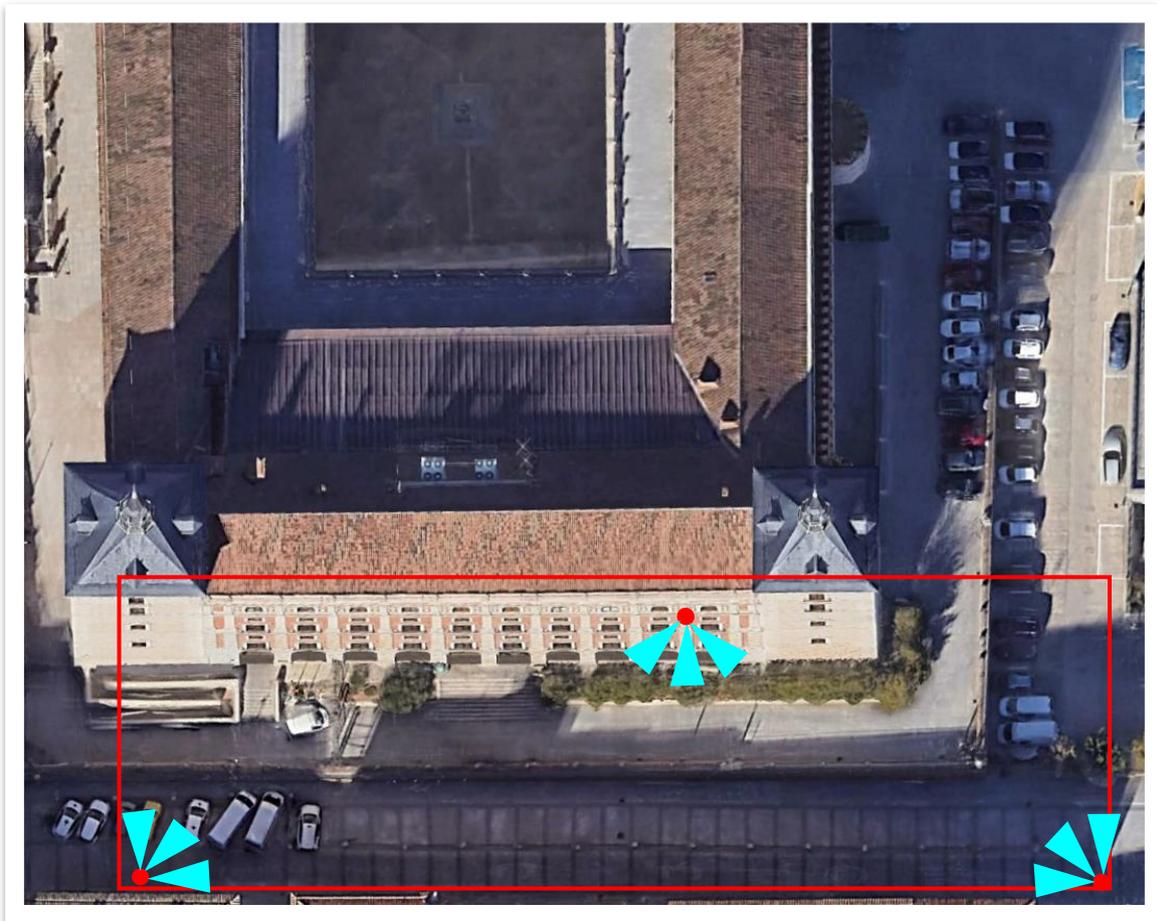


2015



2020

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



Termografía Aérea Infrarroja (TIR), Fotografía Aérea Infrarroja (IR) y Multiespectral (MS) perímetro en rojo.

 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 DJI 640, cámara infrarroja Canon IXUS IR y cámara multiespectral PARROT SEQUOIA. Se ha cubierto por completo todas las zonas, de manera cenital y angulada, entre 5 y 15 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 -1.8 m) de diferente estructura geomorfológica/geológica.

TERMOGRAFÍA INFRARROJA: 08/07/2024

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, o estructuras 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, 08/07/2024 fueron:

RADIACION SOLAR INCIDENTE: 366 Wm²

RADIACION SOLAR REFLEJADA: 132 Wm²

RADIACION SOLAR ABSORBIDA POR EL SUELO: 195 Wm²

INFRARROJOS EMITIDOS DESDE SUPERFICIE: 381 Wm²

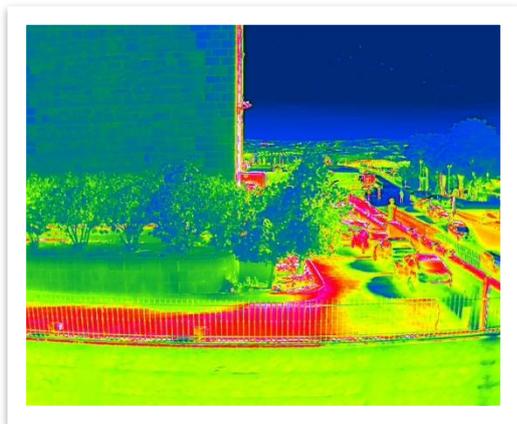
FOTOGRAFÍA INFRARROJA Y MULTIESPECTRAL: 08/07/2024

Mediante análisis de variación electroquímica de elementos superficiales, por repercusión de diferente composición interna o presencia de elementos exógenos como TPH, 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 Blu: 29% prefijados para detectar cambios anómalos.

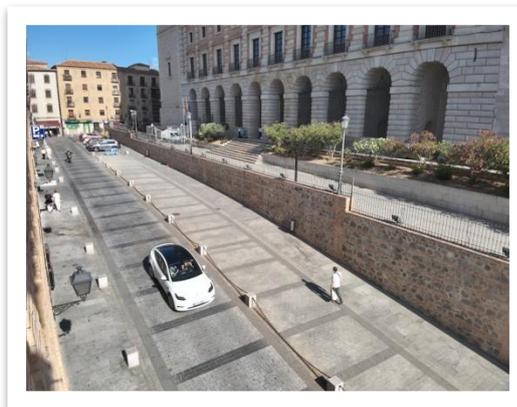
6.1 SENSORES UTILIZADOS



Fotografía infrarroja (IR) sin procesar cercana al espectro visible, desde microdrone, entre 7 y 10 m de altura.



Termografía infrarroja (TIR) sin procesar cercana al espectro visible, desde microdrone, entre 7 y 10 m de altura.

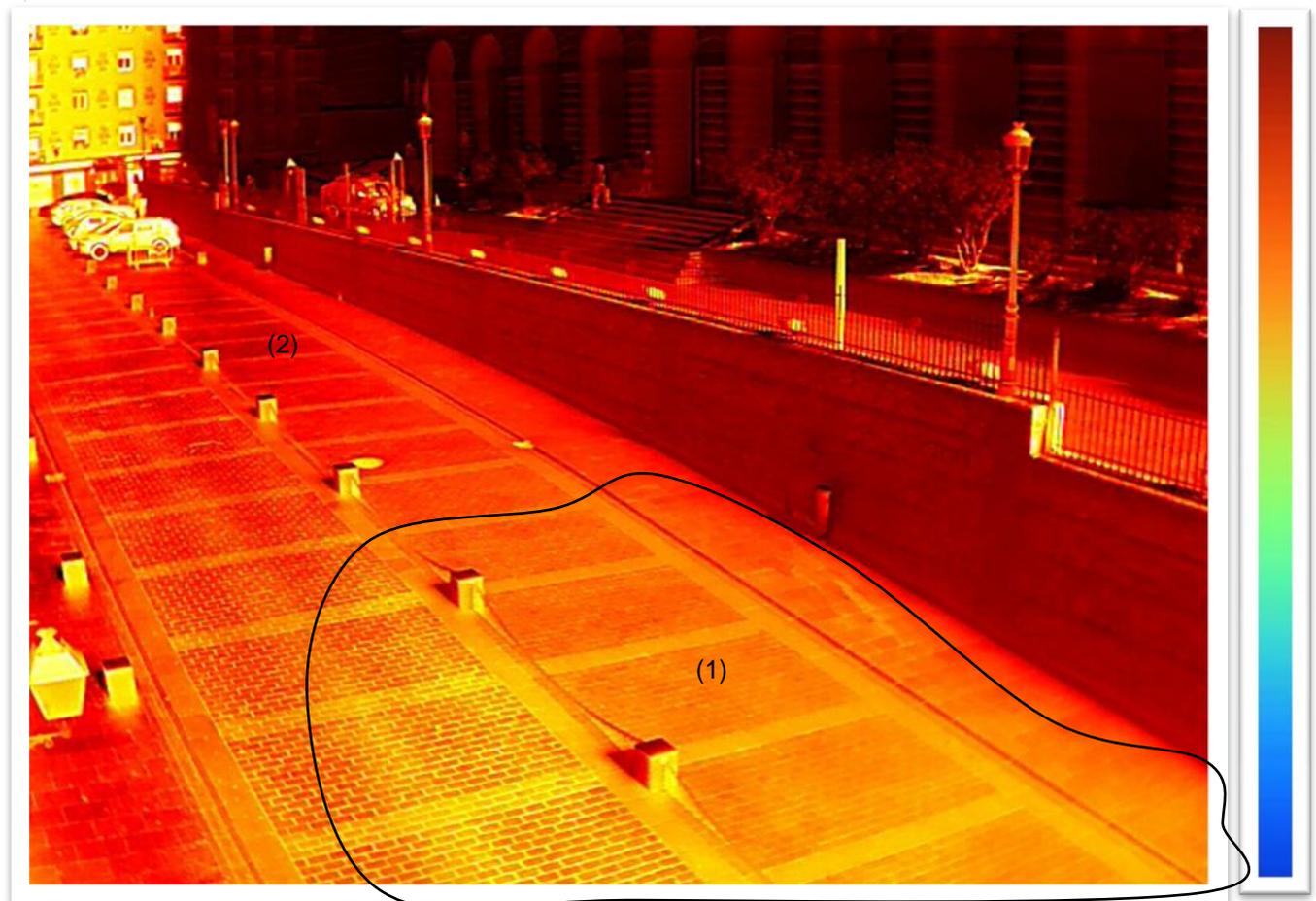


(RGB) fotografía color alta resolución 20 Mpx, desde microdrone, entre 5 y 15 m de altura. DJI 20 Mpx.



(MS) fotografía multiespectral desde microdrone, entre 7 y 10 m de altura.

6.2 RESULTADO TERMOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (TIR) EN LA CUESTA DE LOS CAPUCHINOS DE TOLEDO



TOLEDO S002 Posición2 C-1.-Altura, 15 m. Orientación Oblicua, -30°

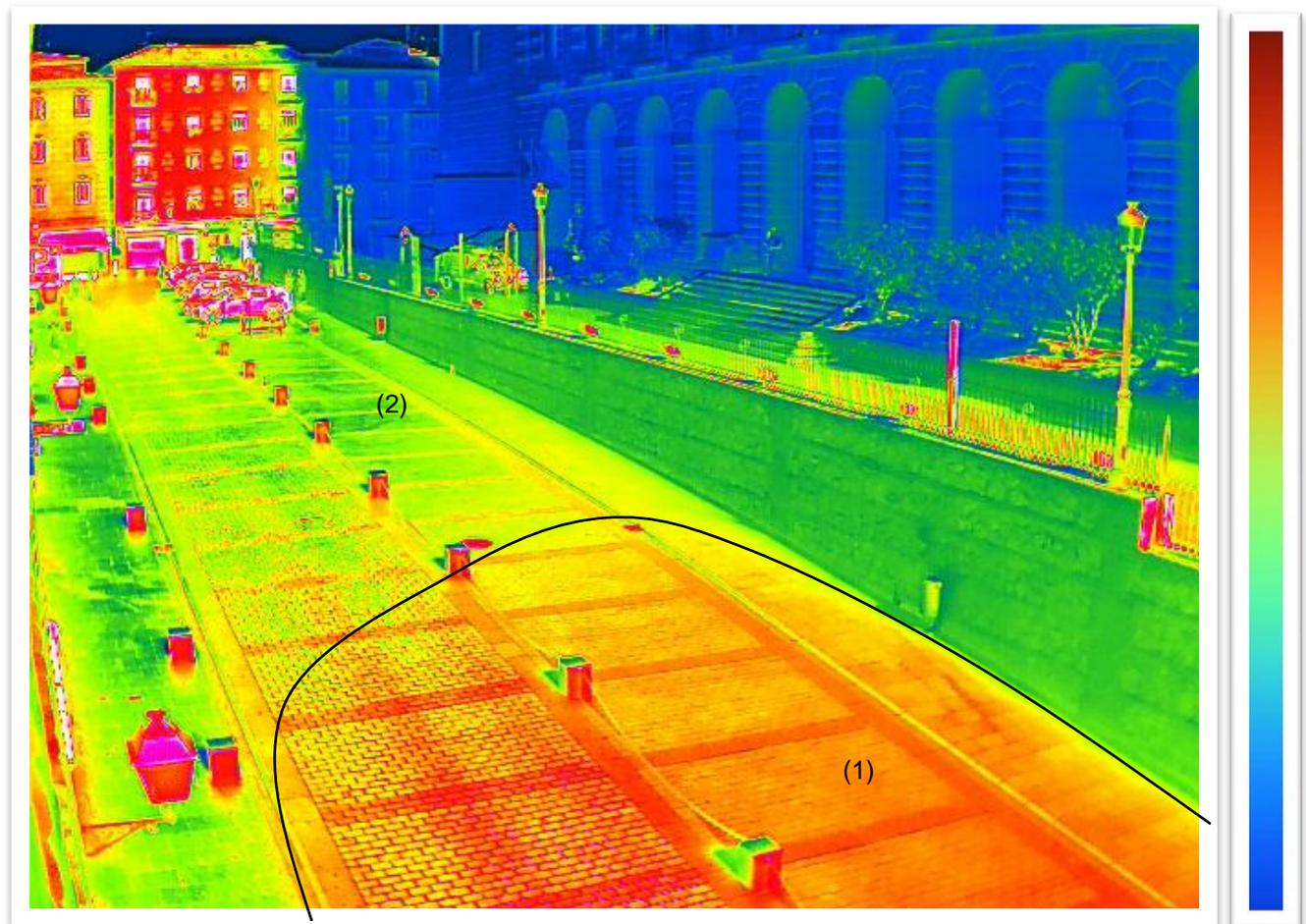
Modelo: FLIR VUE PRO
 Fabricante: FLIR
 Lente: FOL 18
 Emisividad: 0.95
 Temperatura reflejada: 36° C
 Temperatura Atmosférica: 24° C
 Humedad relativa: 50%
 Distancia: 7 m
 Imagen: JPEG
 Dimensiones: 3488 X 2616 píxeles
 Tamaño: 2,24 MB
 Resolución: 72 ppp
 Fecha Toma: 8/7/2024



Análisis TIR: nivel térmico heterogéneo, una vez filtradas termobaras de sombras, se detectan leves anomalías de emisividad en superficie de media/baja entidad, de categoría positiva, asociables a la existencia de diferente grado de compacidad semisuperficial en la parte inferior de la calle (1). (2) Comportamiento térmico normalizado del terreno. Anomalías básicas, precisa verificación mediante métodos terrestres de alta resolución.

Área (1)
 RADIACION SOLAR INCIDENTE: 342 Wm²
 RADIACION SOLAR REFLEJADA: 107 Wm²
 RADIACION SOLAR REFLEJADA: 143
 INFRARROJOS EMITIDOS DESDE SUPERFICIE: 361 Wm²

Área (2)
 RADIACION SOLAR INCIDENTE: 342 Wm²
 RADIACION SOLAR INCIDENTE: 101 Wm²
 RADIACION SOLAR REFLEJADA: 182
 INFRARROJOS EMITIDOS DESDE SUPERFICIE: 345 Wm²



TOLEDO S003 Posición2 C.-Altura, 15 m. Orientación Oblicua, -30°

Modelo: FLIR VUE PRO
 Fabricante: FLIR
 Lente: FOL 18
 Emisividad: 0.95
 Temperatura reflejada: 36° C
 Temperatura Atmosférica: 24° C
 Humedad relativa: 50%
 Distancia: 7 m
 Imagen: JPEG
 Dimensiones: 3488 X 2616 píxeles
 Tamaño: 2,24 MB
 Resolución: 72 ppp
 Fecha Toma: 8/7/2024

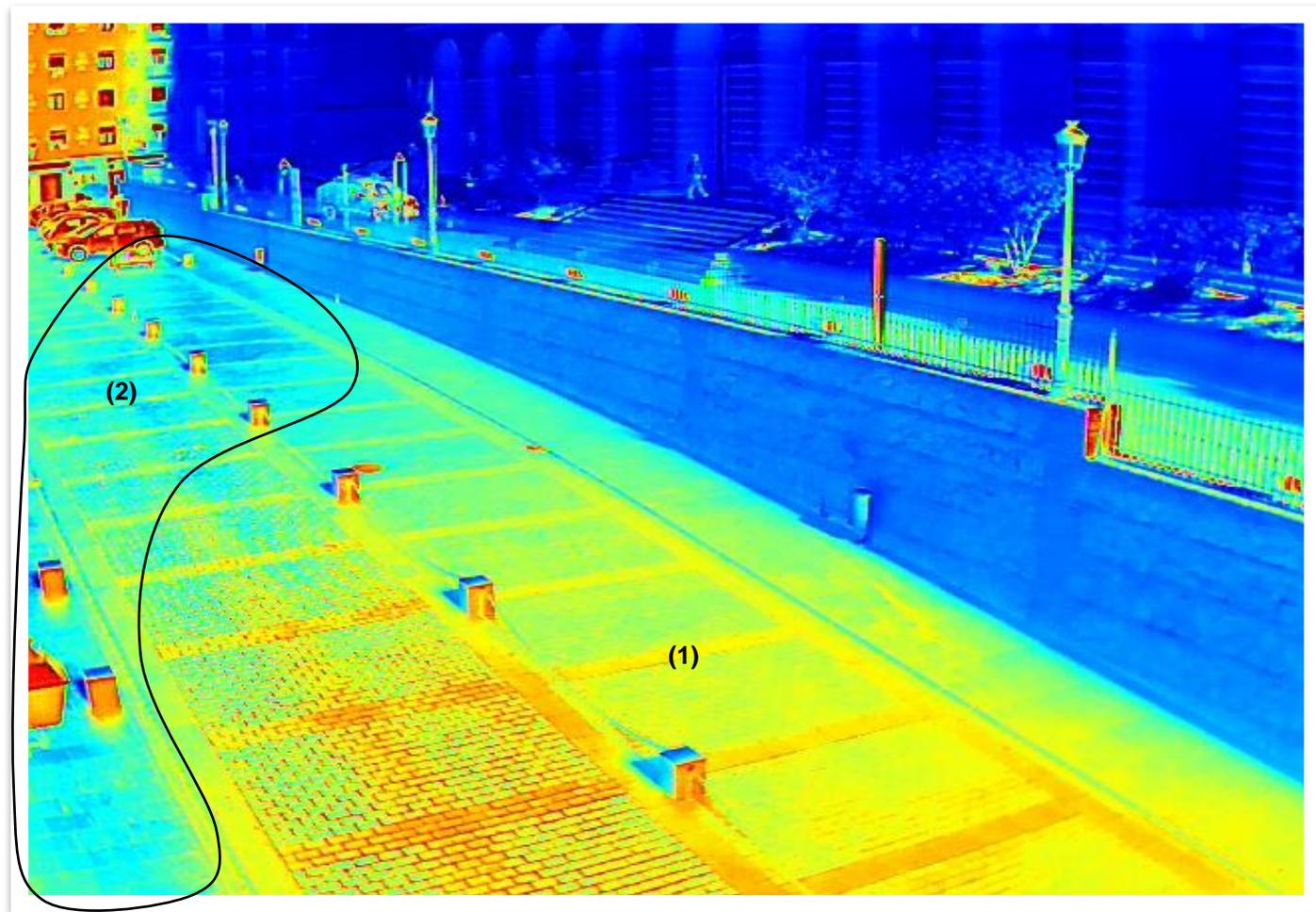


Análisis TIR: nivel térmico heterogéneo, una vez filtradas termobaras de sombras, se detectan leves anomalías de emisividad en superficie de media/baja entidad, de categoría positiva, asociables a la existencia de diferente grado de compacidad semisuperficial en la parte inferior de la calle (1). (2) Comportamiento térmico normalizado del terreo. Anomalías básicas, precisa verificación mediante métodos terrestres de alta resolución.

Área (1)
 RADIACION SOLAR INCIDENTE: 341 Wm²
 RADIACION SOLAR REFLEJADA: 105 Wm²
 RADIACION SOLAR REFLEJADA: 143
 INFRARROJOS EMITIDOS DESDE SUPERFICIE: 360 Wm²

Área (2)
 RADIACION SOLAR INCIDENTE: 341 Wm²
 RADIACION SOLAR REFLEJADA: 100 Wm²
 RADIACION SOLAR REFLEJADA: 184
 INFRARROJOS EMITIDOS DESDE SUPERFICIE: 344 Wm²

6.3 RESULTADO FOTOGRAFÍA AÉREA INFRARROJA (IR) EN LA CUESTA DE LOS CAPUCHINOS DE TOLEDO

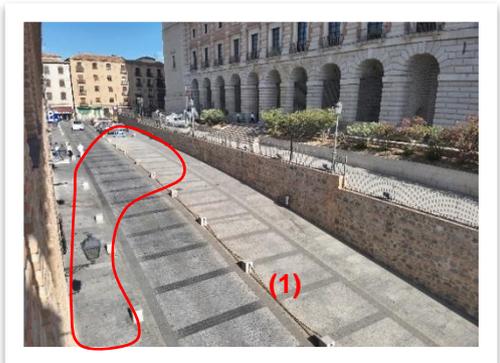


TOLEDO IRV01 Posición 1.-Altura, 10 m. Orientación Oblicua, -30°

Modelo: IXUS 180 R
 Fabricante: CANON
 Lente: 50 mm
 Emisividad:
 Temperatura reflejada:
 Temperatura Atmosférica: 24° C
 Humedad relativa: 50%
 Distancia: 10 m
 Imagen: JPEG
 Dimensiones: 3488 X 2616 píxeles
 Tamaño: 2,24 MB
 Fecha Toma: 8/7/2024



IR original, sin procesar



RGB

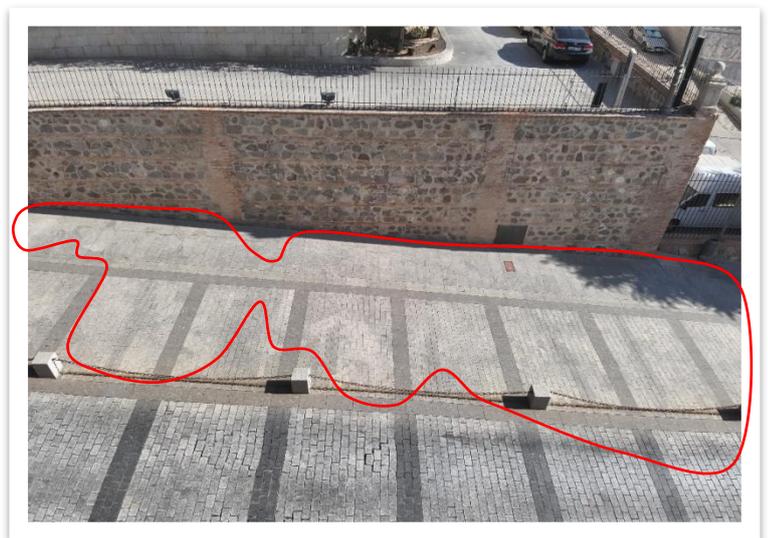
Análisis IR: infrarrojo procesado para detectar cambios superficiales por densidades diferenciadas, posicionando la estructura sub y superficial de la zona, en donde se detectan contrastes superficiales de entidad (1) , asociables con cambios semisuperficiales de densidad comparado con resto de calle(2). Grado de humedad residual medio. Anomalías primarias, precisa verificación mediante sistemas terrestres de alta resolución.

6.4 RESULTADO FOTOGRAFIA AÉREA MULTIESPECTRAL (MS) EN EL ALCÁZAR DE TOLEDO



TOLEDO MS 001 Posición 2.-Altura, 10 m. Orientación Oblicua, -45°

Modelo: SEQUOIA
 Fabricante: PARROT
 Lente: 28 mm
 Red: 38%
 Grn: 39%
 Blu: 28%
 Ndzi: 0.15
 Distancia: 10 m
 Imagen: JPEG
 Dimensiones: 2520 X 2432 píxeles
 Tamaño: 2,10 MB
 Fecha Toma: 8/7/2024



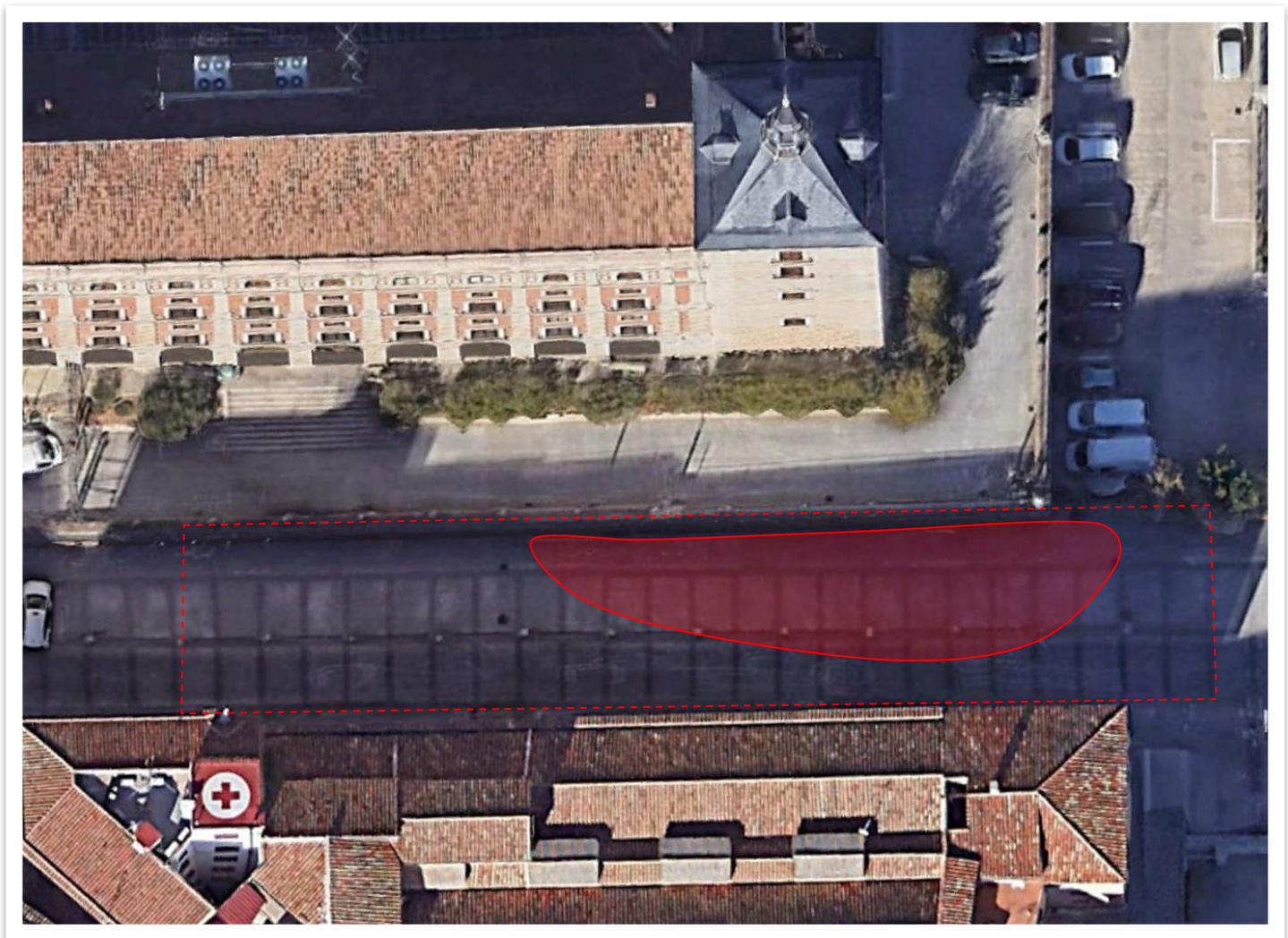
Análisis MS: banda multiespectral procesada modelo NVDI para detectar cambios superficiales por composición interna diferenciada del subsuelo, posicionando la estructura de la zona, en donde se detectan contrastes superficiales de leve entidad, asociables a cambio estratigráfico superficial con valores NVDI mínimos (0,16) lo que indica esa zona mantiene puntos con alteraciones electroquímicas generalizadas en subsuelo con reflejo superficial.

6.5 CONCLUSIONES GENERALES SENSORES INFRARROJOS/MULTIESPECTRALES

La cuadrícula C-1 analizada en la Cuesta de los Capuchinos mediante sensores infrarrojos y multiespectrales posiciona anomalías electroquímicas de media/baja entidad según los sensores infrarrojos y multiespectrales en una zona de la cuadrícula, por probable cambio estratigráfico superficial, por presencia de diferente estructura geomorfológica en subsuelo, afectando a las capas superiores del terreno. El espectro de radiación detectado en su mayoría proviene del subsuelo por capilaridad, por tanto se evidencia la presencia de elementos y compuestos de diferente compacidad en el subsuelo de esta cuadrícula prospectada, en general de media entidad.

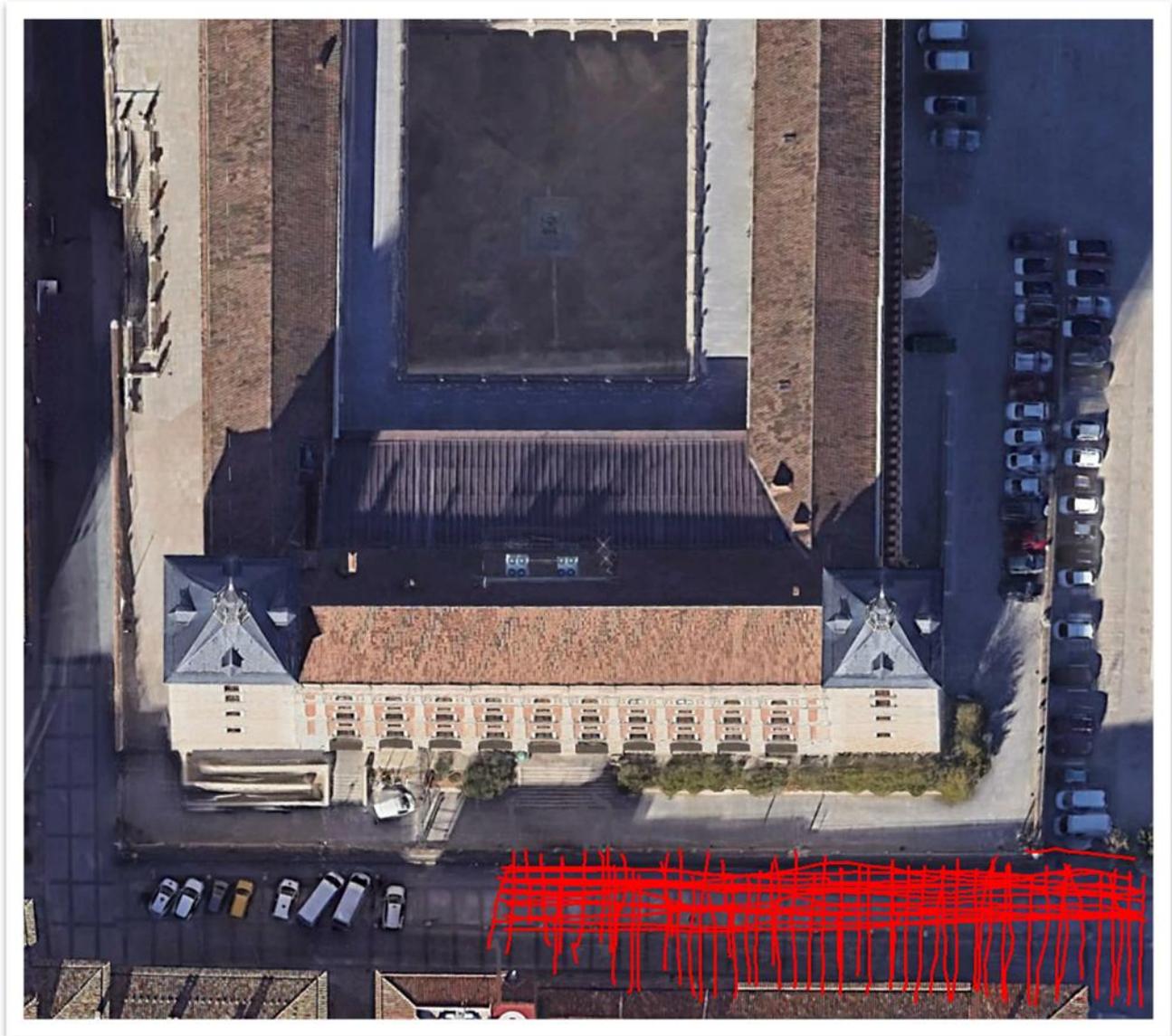
La prospección geofísica desde punto elevado es concluyente en detectar radiaciones térmicas y multiespectrales de diferente densidad en una zona del terreno prospectado hasta la cota máxima de penetración de los sensores aéreos, estimada en esta cuadrícula en -1.8 metros de profundidad. Se detecta medio grado de humedad residual. La prospección mediante sensores remotos no se considera metodológicamente válida al no poder volar el drone, se ha realizado desde punto elevado terrestre.

6.6 FOTOCROQUIS RESUMEN DE ANOMALÍAS DETECTADAS MEDIANTE SENSORES TIR-IR-MS



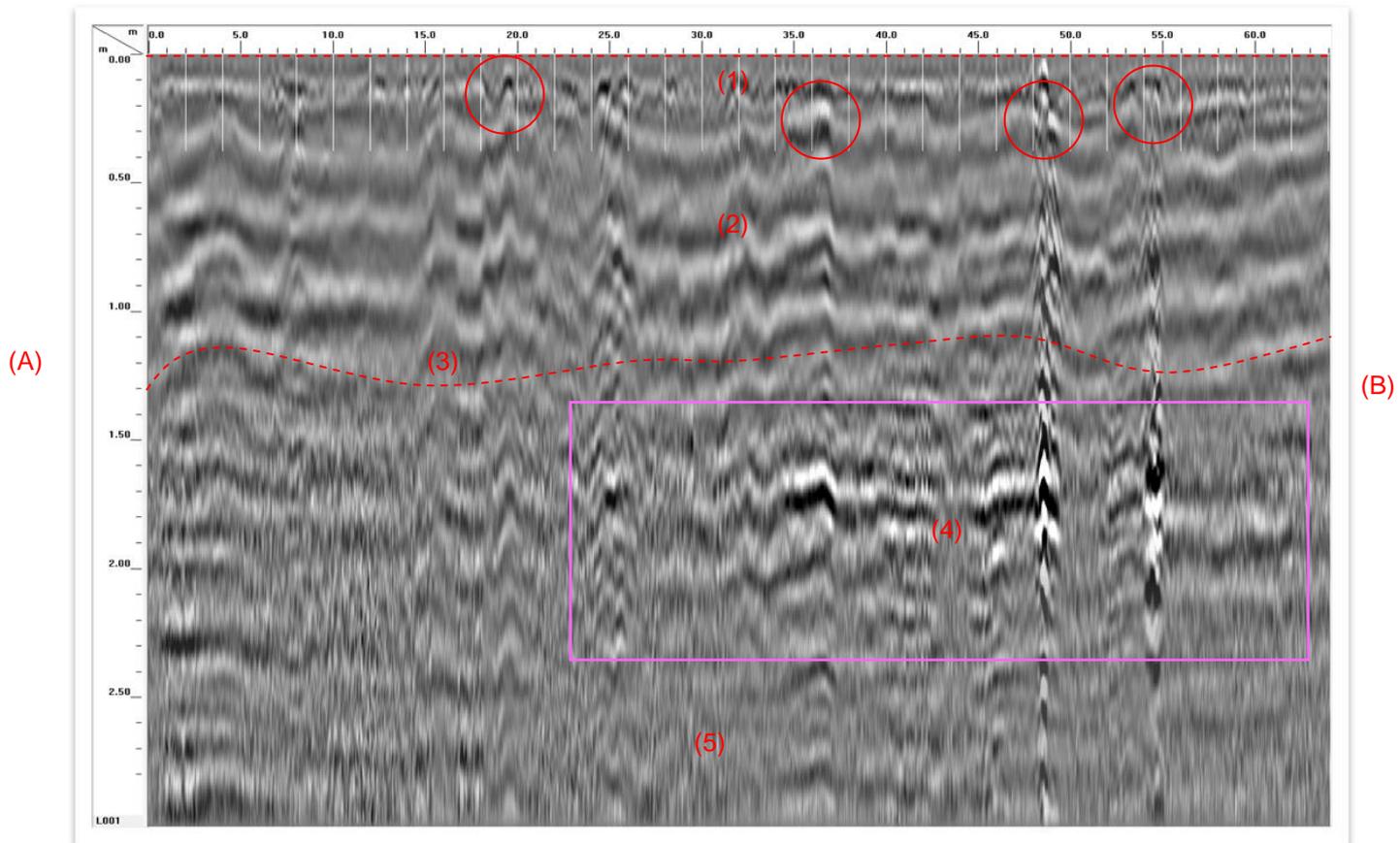
- - - - Área prospectada mediante sensores aéreos TIR/ IR/MS
-  Subsuelo con densidad diferenciada

7 GEORADAR. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA



El área de prospección interna se ha dividido en una única cuadrícula, C-1, se trata de una área, prospectada en malla en coordenadas X e Y, con antena de 200 Mhz y 400 Mhz, mediante carro smartcar dotado de odómetro.

7.1 RADAGRAMAS LINEALES 400 MHZ. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA. DETALLE DE ZONA DE INTERÉS

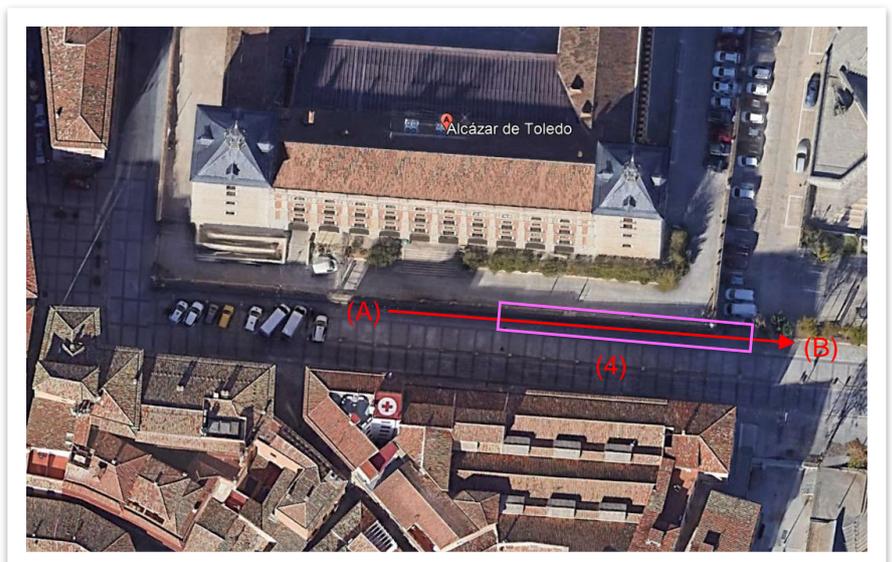


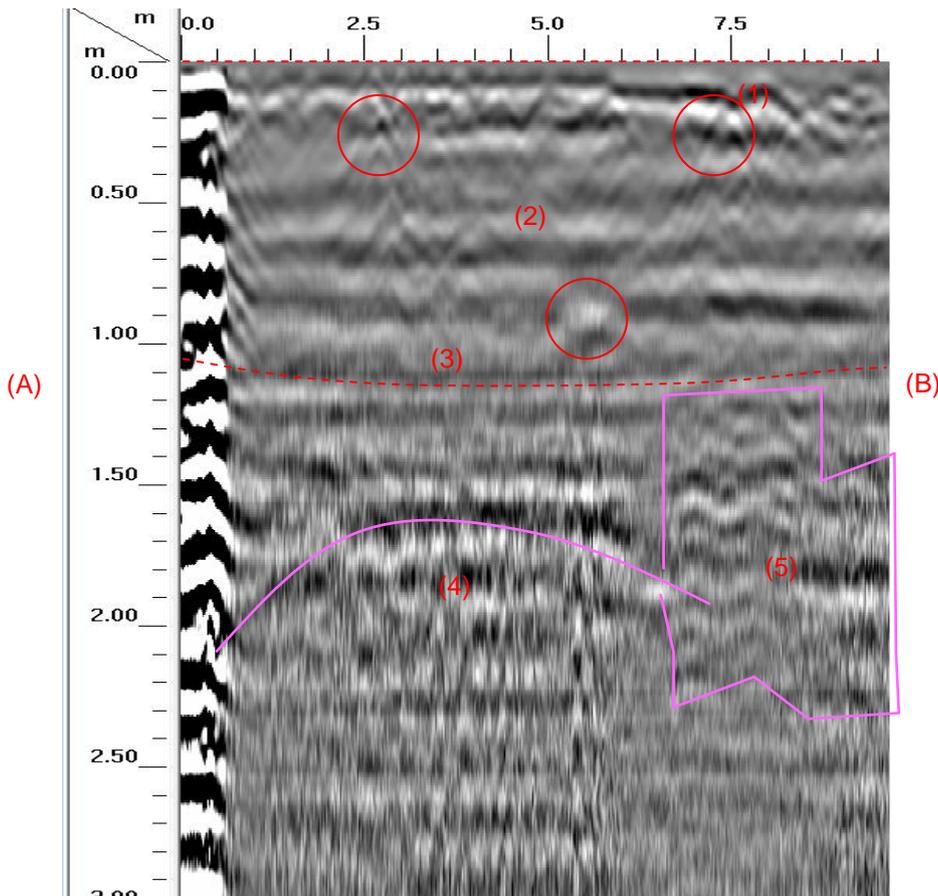
Radagrama 400. (C-1) 3.00 m de profundidad. Visualizado, tramo completo. Coordenadas X.

Radagrama 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) Cota superficial de área prospectada, loseta pétreo, con estabilidad dinámica
- (2) Primera capa artificial, sin estratigrafía geológica, hasta cota aprox. -1,0 m de profundidad, se trata de materiales de relleno aportados externamente.
- (3) Primera capa del terreno original con estrato de baja amplitud de reflectores, empieza estratigrafía geológica
- (4) Estructura arquitectónica singular desde cota -1,60 m de profundidad, empieza en punto 25 m desde inicio hasta punto 62 m desde inicio.
- (5) Última capa del terreno con aumento de la presencia de humedad residual

 Tuberías y conducciones de servicio



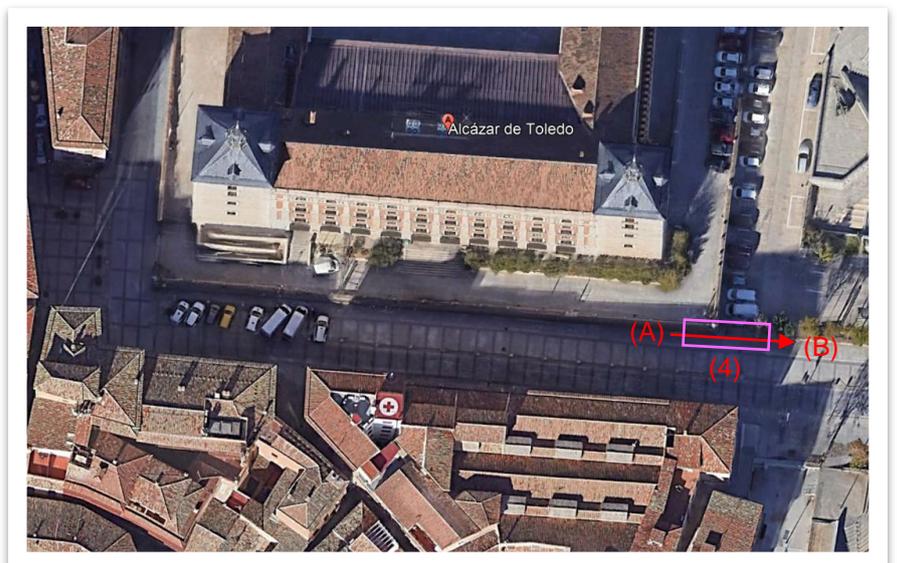


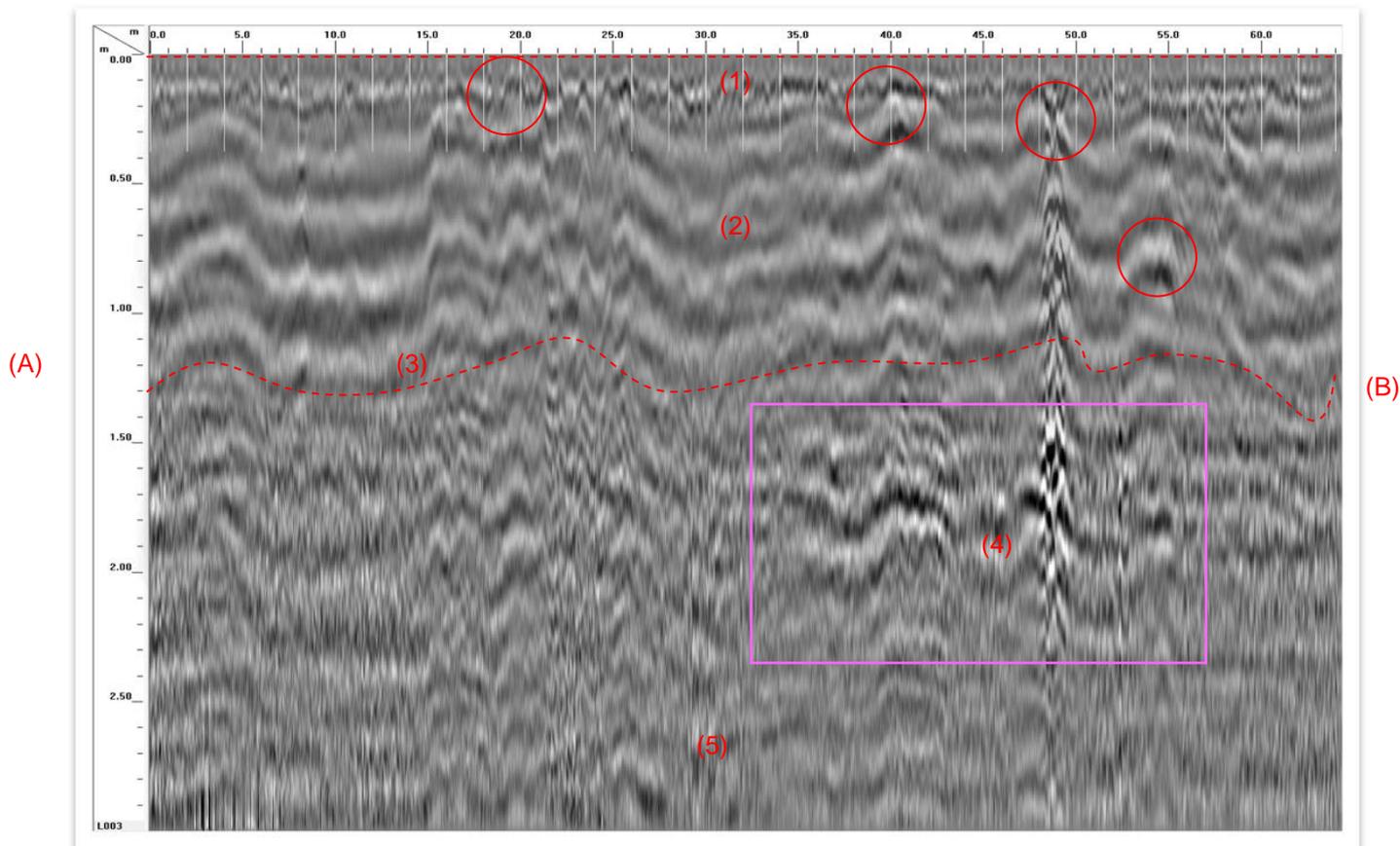
Radagrama 401. (C-1) 3.00 m de profundidad. Visualizado, tramo completo. Coordenadas Y.

Radagrama 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) Cota superficial de área prospectada, loseta pétreca, con estabilidad dinámica
- (2) Primera capa artificial, sin estratigrafía geológica, hasta cota aprox. -1,0 m de profundidad, se trata de materiales de relleno aportados externamente.
- (3) Primera capa del terreno original con estrato de baja amplitud de reflectores, empieza estratigrafía geológica.
- (4) Estructura arquitectónica singular desde cota -1,50 m de profundidad, elemento denso pétreo angulado.
- (5) estructura tipo paramento vertical o cimiento desde cota -1,0 m hasta -2,20 m de profundidad.

○ Tuberías y conducciones de servicio



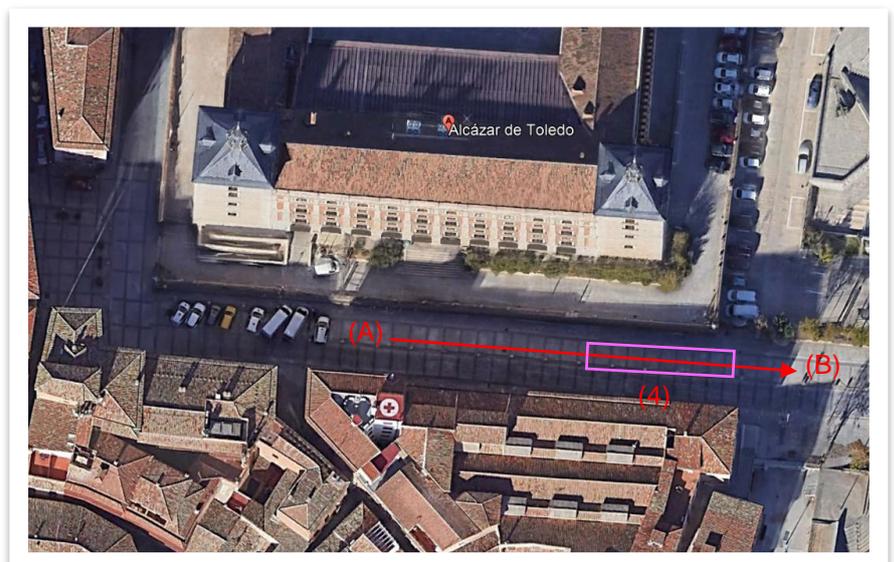


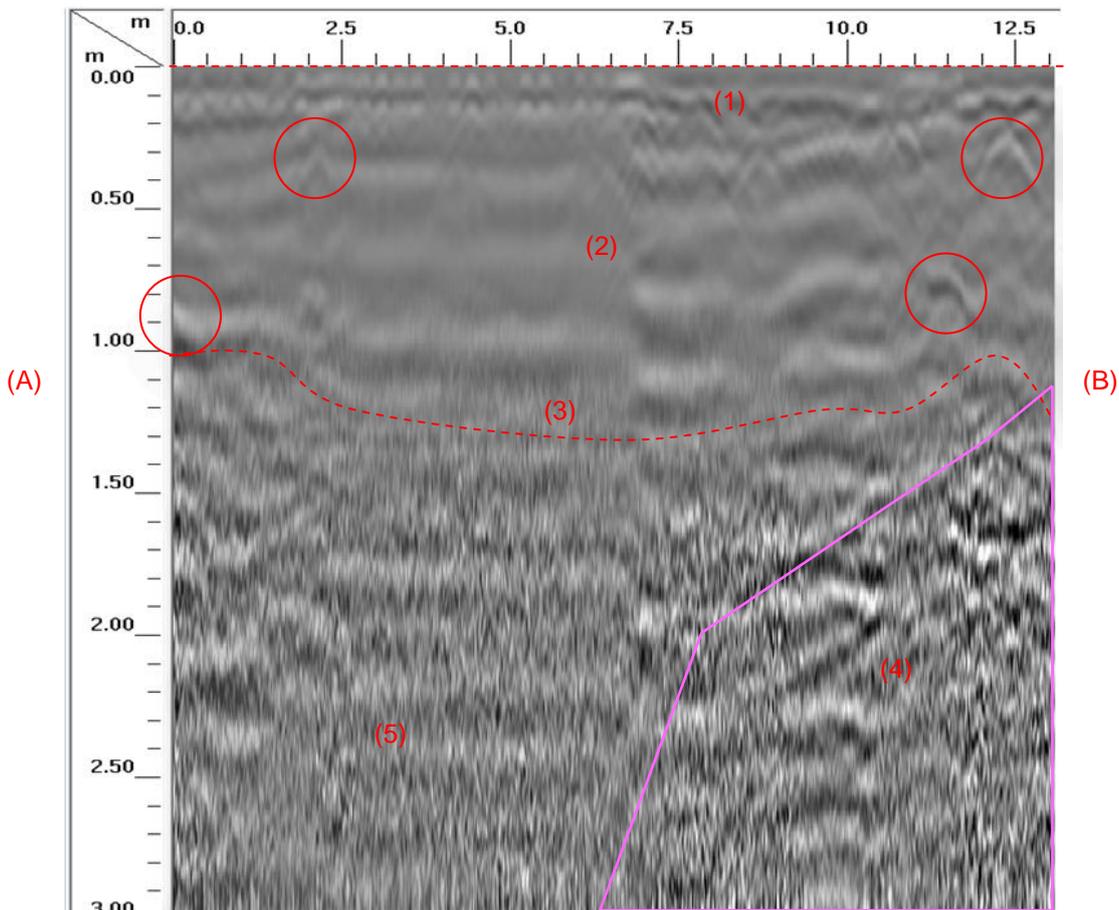
Radagrama 402. (C-1) 3.00 m de profundidad. Visualizado, tramo completo. Coordenadas X.

Radagrama 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) Cota superficial de área prospectada, loseta pétreca, con estabilidad dinámica
- (2) Primera capa artificial, sin estratigrafía geológica, hasta cota aprox. -1,20 m de profundidad, se trata de materiales de relleno aportados externamente.
- (3) Primera capa del terreno original con estrato de baja amplitud de reflectores, empieza estratigrafía geológica
- (4) Estructura arquitectónica singular desde cota -1,60 m de profundidad, empieza en punto 32 m desde inicio hasta punto 56 m desde inicio.
- (5) Última capa del terreno con aumento de la presencia de humedad residual

 Tuberías y conducciones de servicio



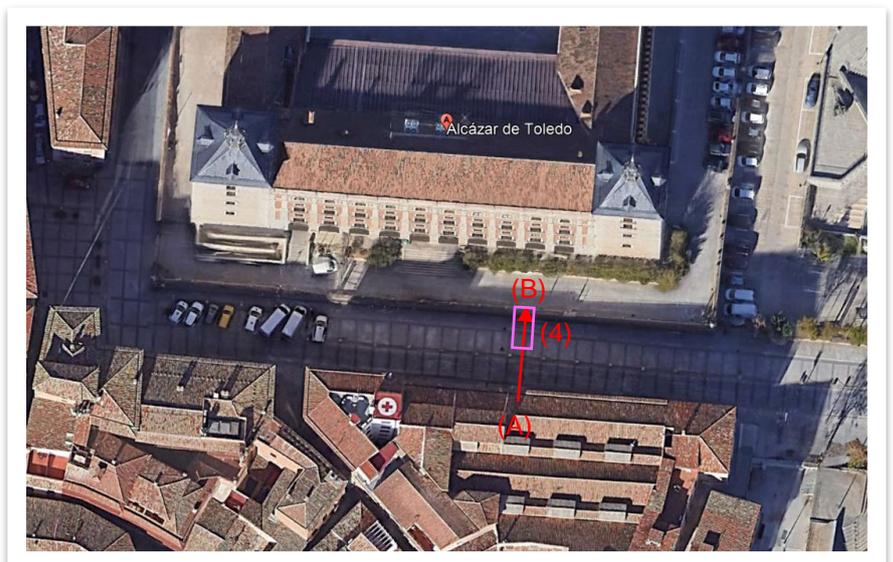


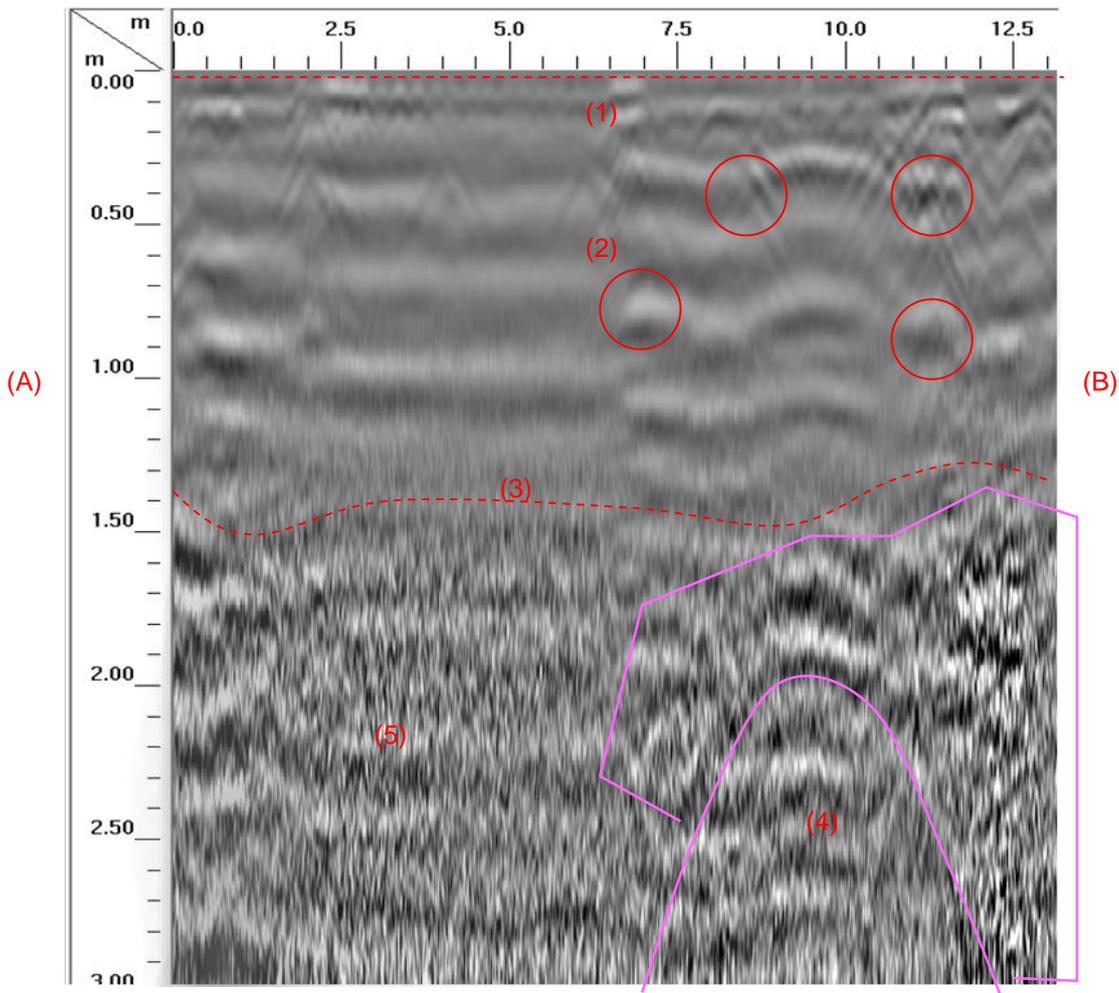
Radagrama 424. (C-1) 3.00 m de profundidad. Visualizado, tramo completo. Coordenadas X.

Radagrama 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) Cota superficial de área prospectada, loseta pétreo, con estabilidad dinámica
- (2) Primera capa artificial, sin estratigrafía geológica, hasta cota aprox. -1,20 m de profundidad, se trata de materiales de relleno aportados externamente.
- (3) Primera capa del terreno original con estrato de baja amplitud de reflectores, empieza estratigrafía geológica
- (4) Estructura arquitectónica singular desde cota -1,00 m de profundidad, empieza en punto 5 m desde inicio hasta punto 13 m desde inicio. Se detecta pared ascendente y elementos artificiales en su interior.
- (5) Última capa del terreno con aumento de la presencia de humedad residual

○ Tuberías y conducciones de servicio



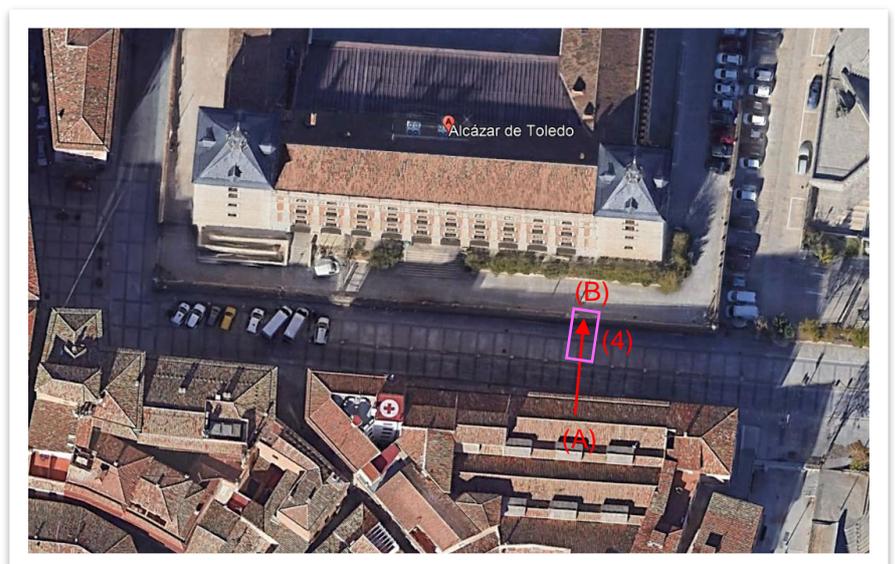


Radagrama 429. (C-1) 3.00 m de profundidad. Visualizado, tramo completo. Coordenadas X.

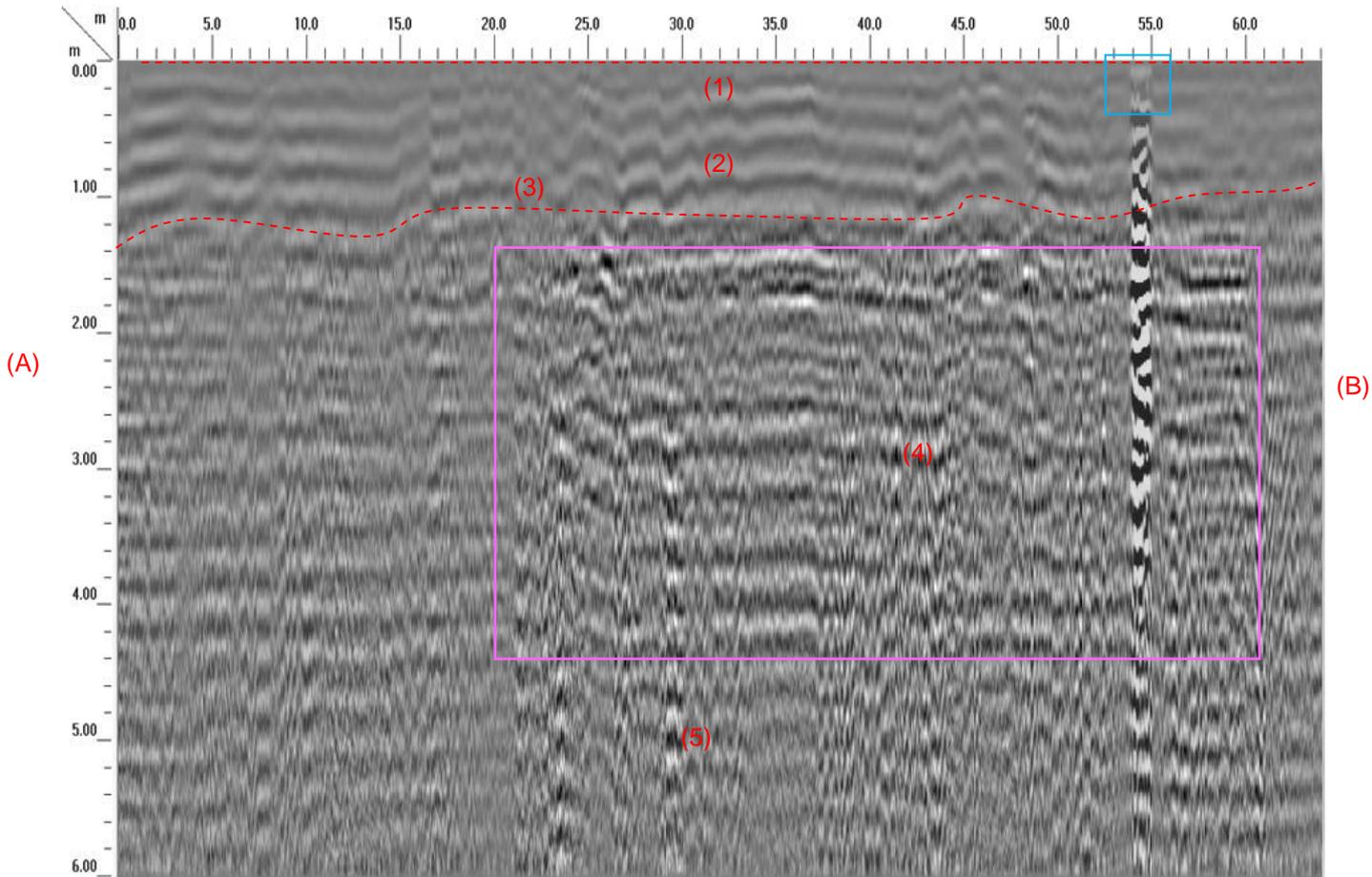
Radagrama con punto de inicio en punto (A) y final en punto (B) con desglose de los elementos internos geomorfológicos y geológicos hasta cota aproximada de - 3.00 m de profundidad, visualizando los siguientes elementos diferenciados:

- (1) Cota superficial de área prospectada, loseta pétreca, con estabilidad dinámica
- (2) Primera capa artificial, sin estratigrafía geológica, hasta cota aprox. -1,40 m de profundidad, se trata de materiales de relleno aportados externamente.
- (3) Primera capa del terreno original con estrato de baja amplitud de reflectores, empieza estratigrafía geológica
- (4) Estructura arquitectónica singular desde cota -1,80 m de profundidad, con eje central en punto 9,5 m desde inicio. Se detecta estructura angulada posible cripta, túnel o habitáculo similar y elementos densos anexos.
- (5) Última capa del terreno con aumento de la presencia de humedad residual

Tuberías y conducciones de servicio



7.1 RADAGRAMAS LINEALES 200 MHZ. ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA. DETALLE DE ZONA DE INTERÉS

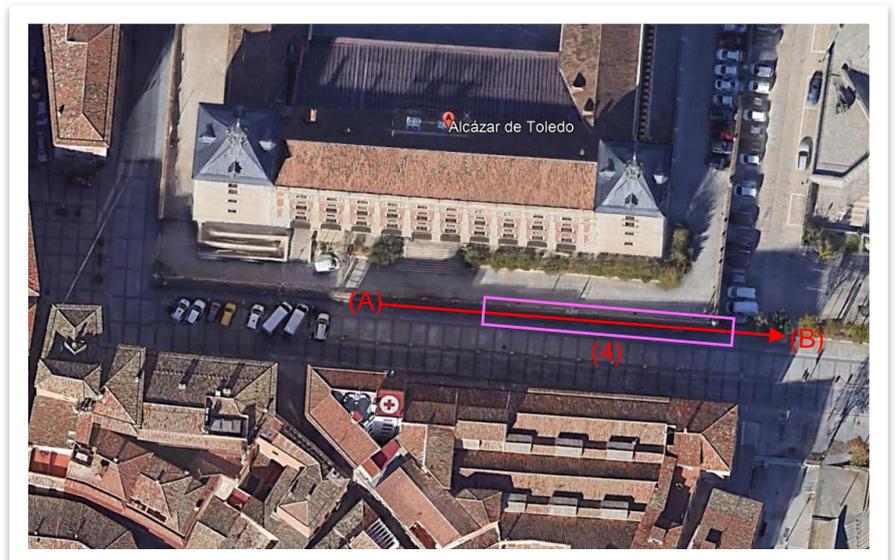


Radagrama 451. (C-2) 6.00 m de profundidad. Visualizado, tramo completo. Coordenadas X.

Radagrama 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) Cota superficial de área prospectada, loseta pétreo, con estabilidad dinámica
- (2) Primera capa artificial, sin estratigrafía geológica, hasta cota aprox. -1,20 m de profundidad, se trata de materiales de relleno aportados externamente.
- (3) Primera capa del terreno original con estrato de baja amplitud de reflectores, empieza estratigrafía geológica
- (4) Reflexiones asociables a estructuras arquitectónicas en subsuelo desde cota -1,60 m de profundidad, empieza en punto 22 m desde inicio hasta punto 59 m desde inicio.
- (5) Última capa del terreno con aumento de la presencia de humedad residual

Tapa de alcantarilla metálica

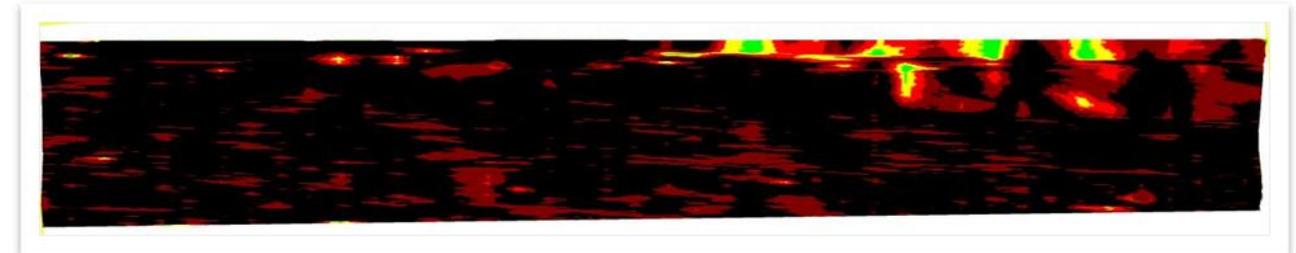


7.2 GEORADAR 3-D. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

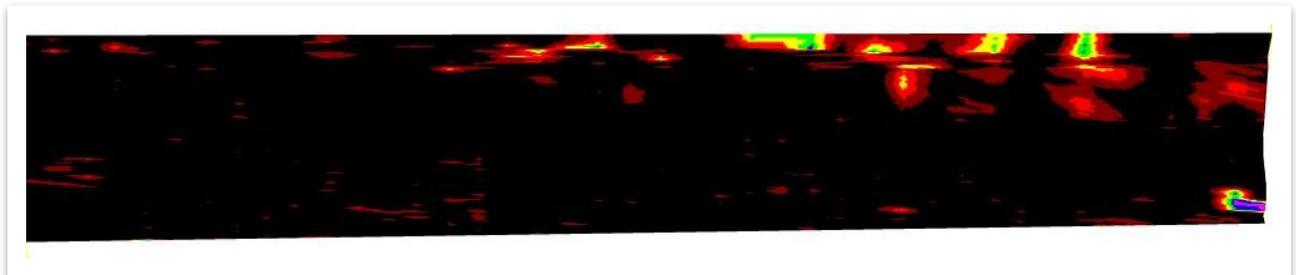
Nota: cuadrícula aumentada lateralmente a efectos de visualización. Se delimitan mediante línea perimetral reflexiones estructurales en subsuelo.



Cota 0,5 m



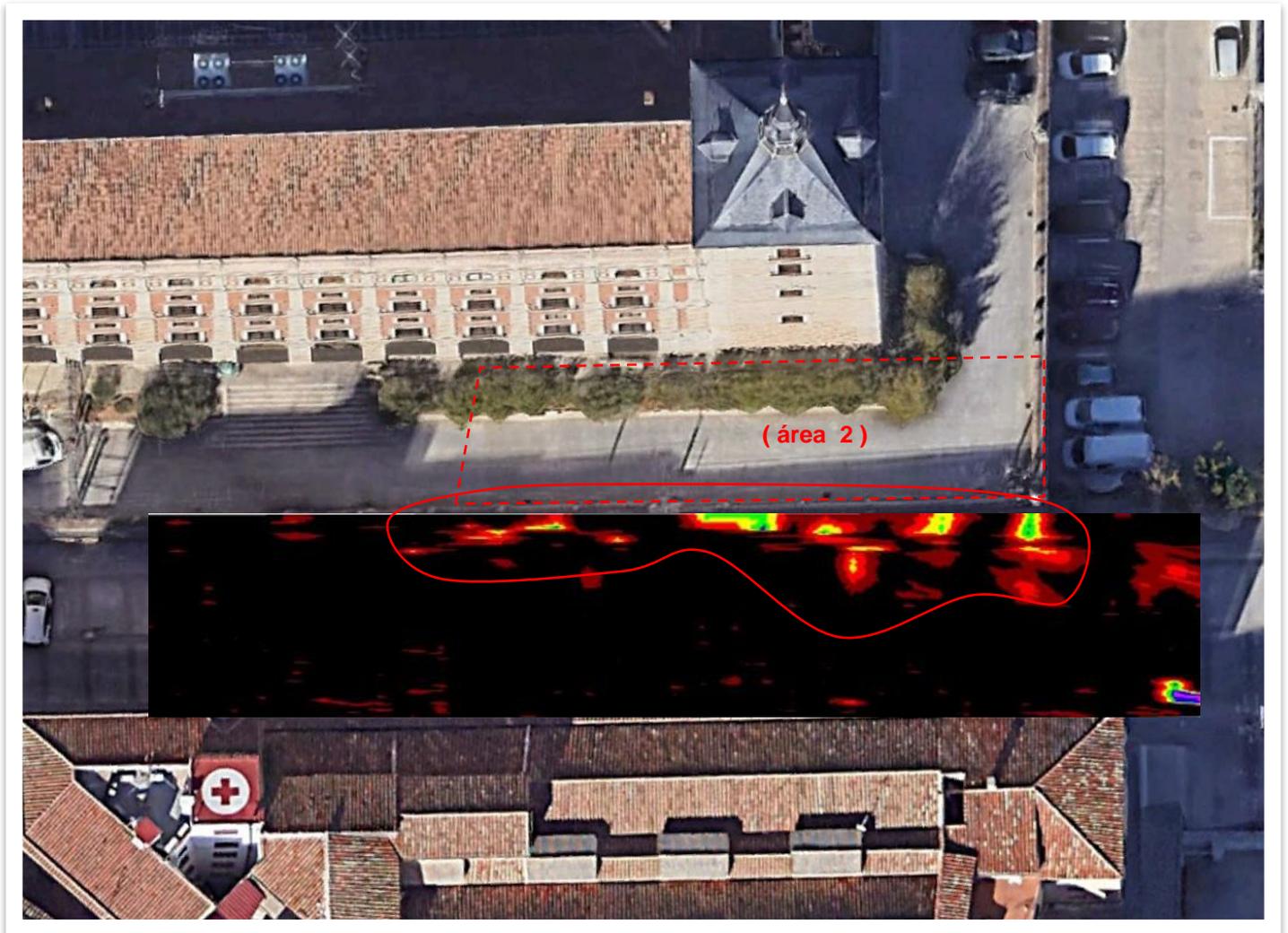
Cota 1.5 m



Cota 2.0 m



Cota 3.0 m

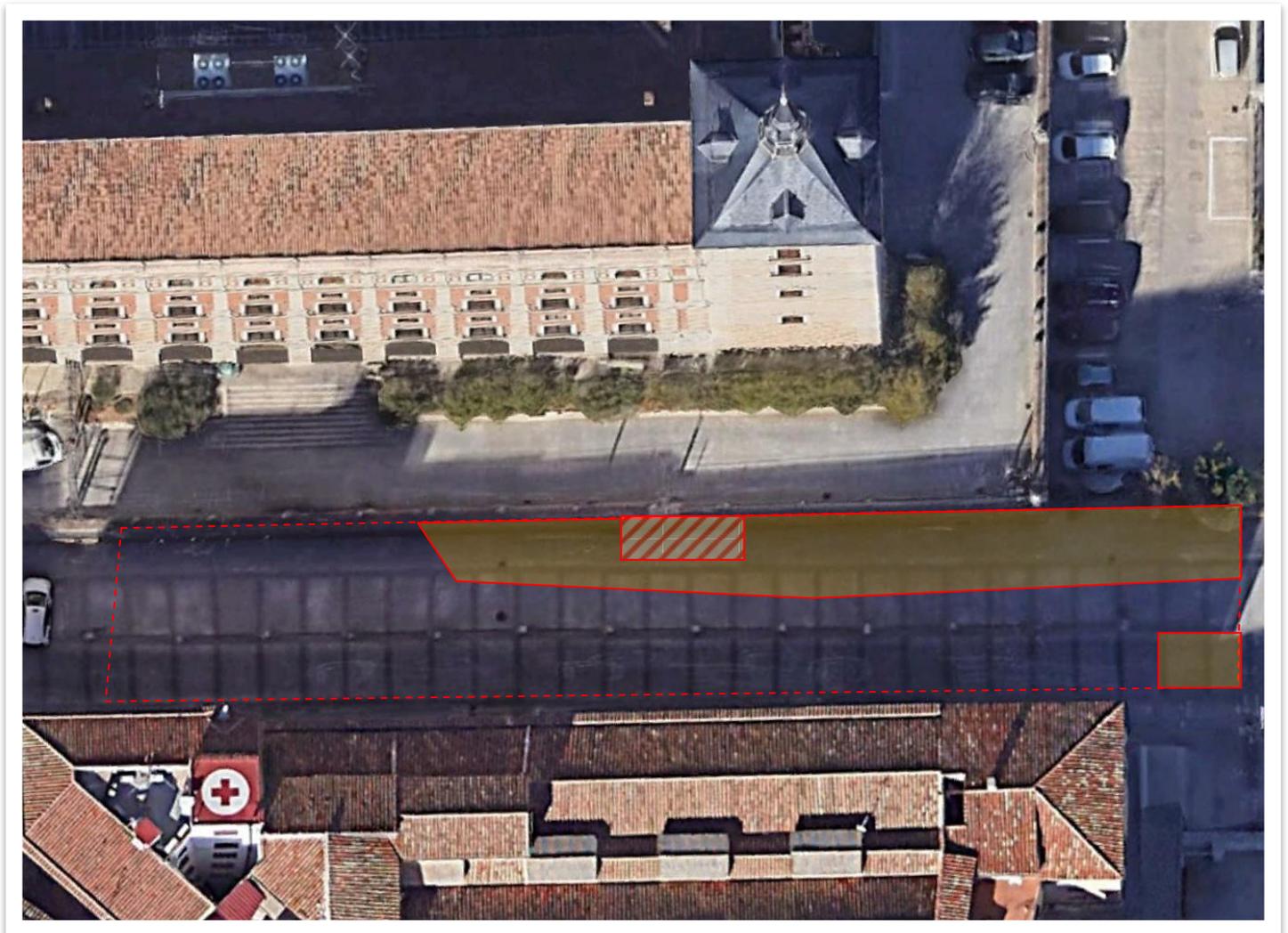


Cota representada, desde -1.5 m hasta -2.5 m. Georadar 3-D. En línea perimetral, reflexiones de anomalías de interés asociables a estructuras arquitectónicas en subsuelo, agrupadas junto a muro perimetral del Alcázar. Nítidamente estas estructuras continúan bajo el subsuelo de ese edificio, probablemente estando en ese lugar no accesible la mayor parte de las estructuras de interés, (área 2, perímetro línea discontinua).

7.3 GEORADAR. CONCLUSIONES

1. El georadar es concluyente en que existe una estructura de subsuelo definida, hasta cota analizada de – 6.00 m de profundidad, formada por capas geomorfológicas superficiales de media densidad, en su mayor parte, terreno de losetas con presencia en algunas zonas de armaduras pasivas. Se detecta una primera capa del terreno, hasta profundidad aproximada de -1.2 m sin estratigrafía geológica, por tanto se ha rellenado hasta esa cota por obra civil en fecha indeterminada y debajo varios estratos originales con baja amplitud de reflectores, por tanto media densidad y bajo grado de humedad semisuperficial.
2. Se detecta presencia de reflexiones de anomalías de interés, en zona Norte del área prospectada, asociables a presencia inalterada de estructuras arquitectónicas de interés **(ver Fotocroquis) detectadas de manera parcial estando la mayor parte de ellas debajo de la estructura actual del Alcázar de Toledo, que no han sido accesibles.**
2. A profundidades mayores de -3.5 m, se detecta alto grado de humedad residual, apantallando la señal a partir de esas profundidades
3. Se detectan también múltiples conducciones y/o tuberías de servicio.

7.4 FOTOCROQUIS GENERAL DE ESTRUCTURAS DETECTADAS MEDIANTE GEORADAR. POSICIONAMIENTO ESPACIAL.



 Área prospectada mediante georadar (GPR)

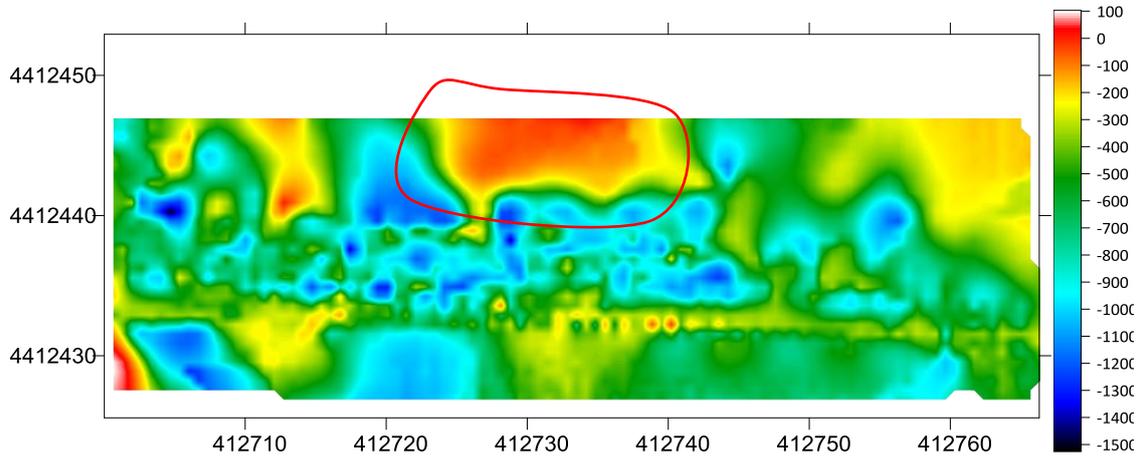
 Estructura arquitectónica de media/alta entidad, con presencia de cavidad artificial con aire en su interior

 Estructuras arquitectónicas de media/alta entidad

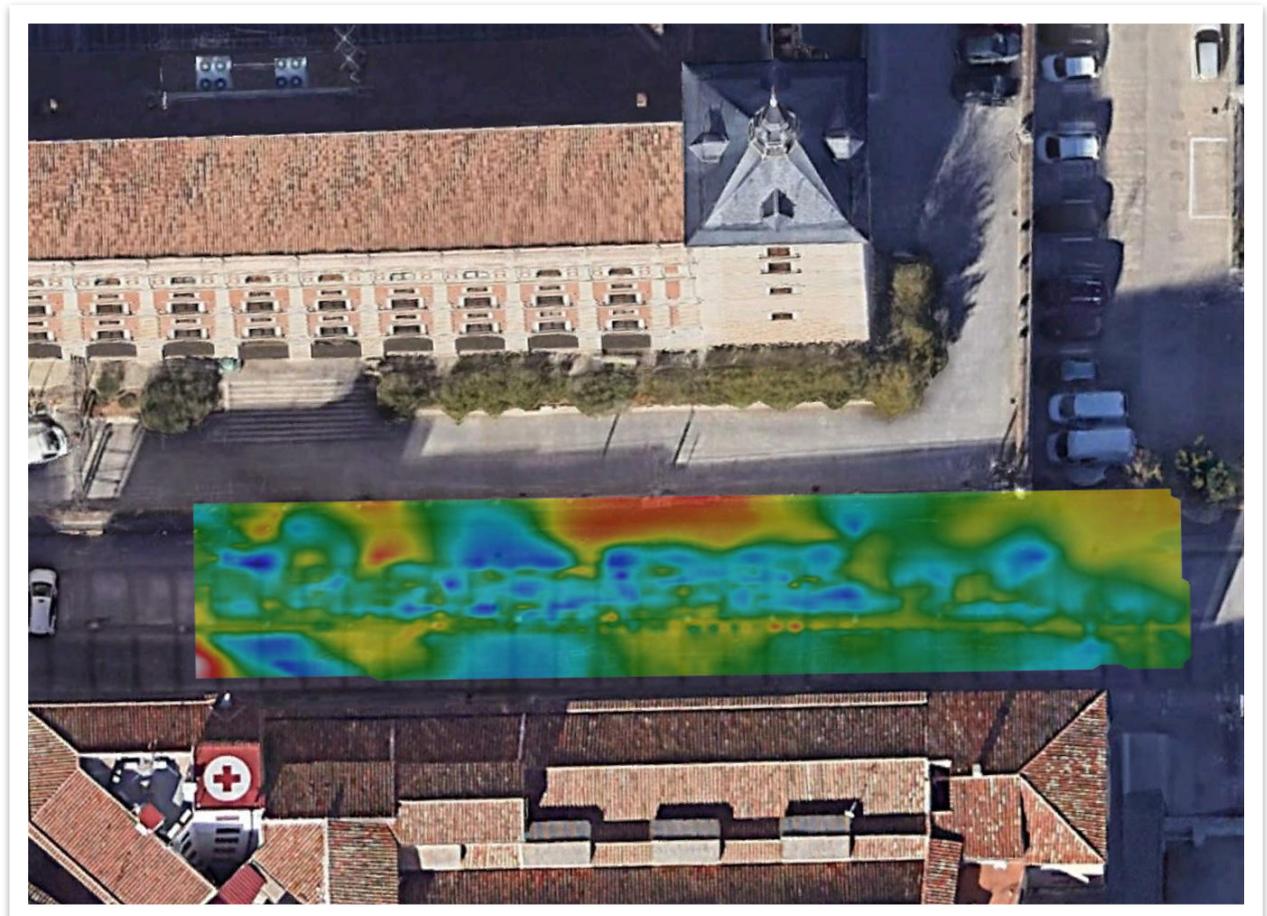
8 PERFILÓMETRO ELECTROMAGNÉTICO (EM)

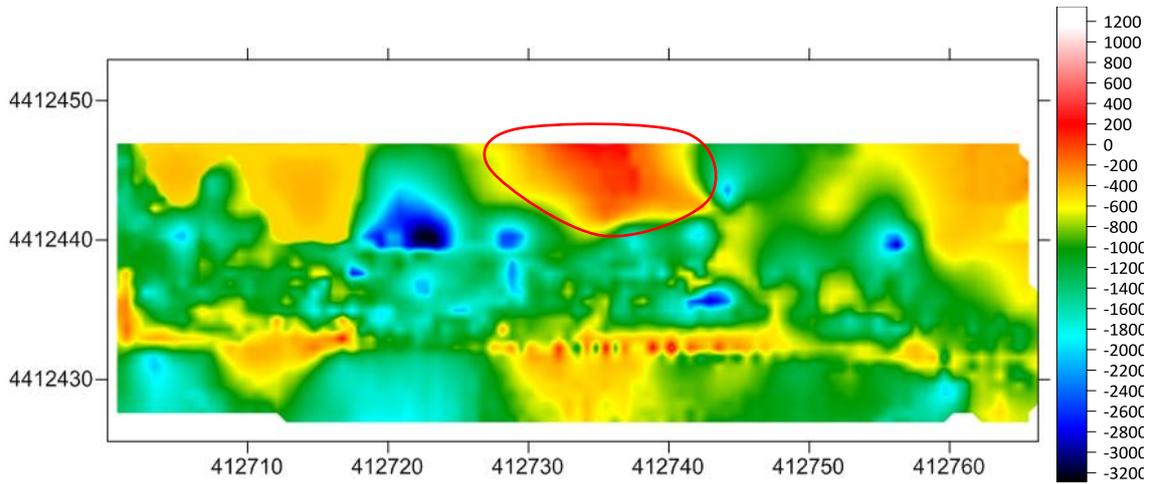
8.1 RESULTADOS

Los resultados obtenidos son por fuerza generales dado el alto grado de heterogeneidad de los elementos a localizar y la gran cantidad de alteraciones colaterales en las estructuras analizadas. Los intentos de poder aislar la presencia de anomalías concretas por zonas han sido complejos ya que existen rangos que incluyen diversas de estas respuestas electromagnéticas en las anomalías registradas. El tamaño de la cuadrícula realizada es medio y la complejidad de ángulos geomorfológicos muy alta. Por otra parte, la presencia de subsuelo con altos valores electromagnéticos en superficie y subsuelo, por otros elementos antrópicos en muchos casos enmascararan las señales de elementos arquitectónicos de interés.

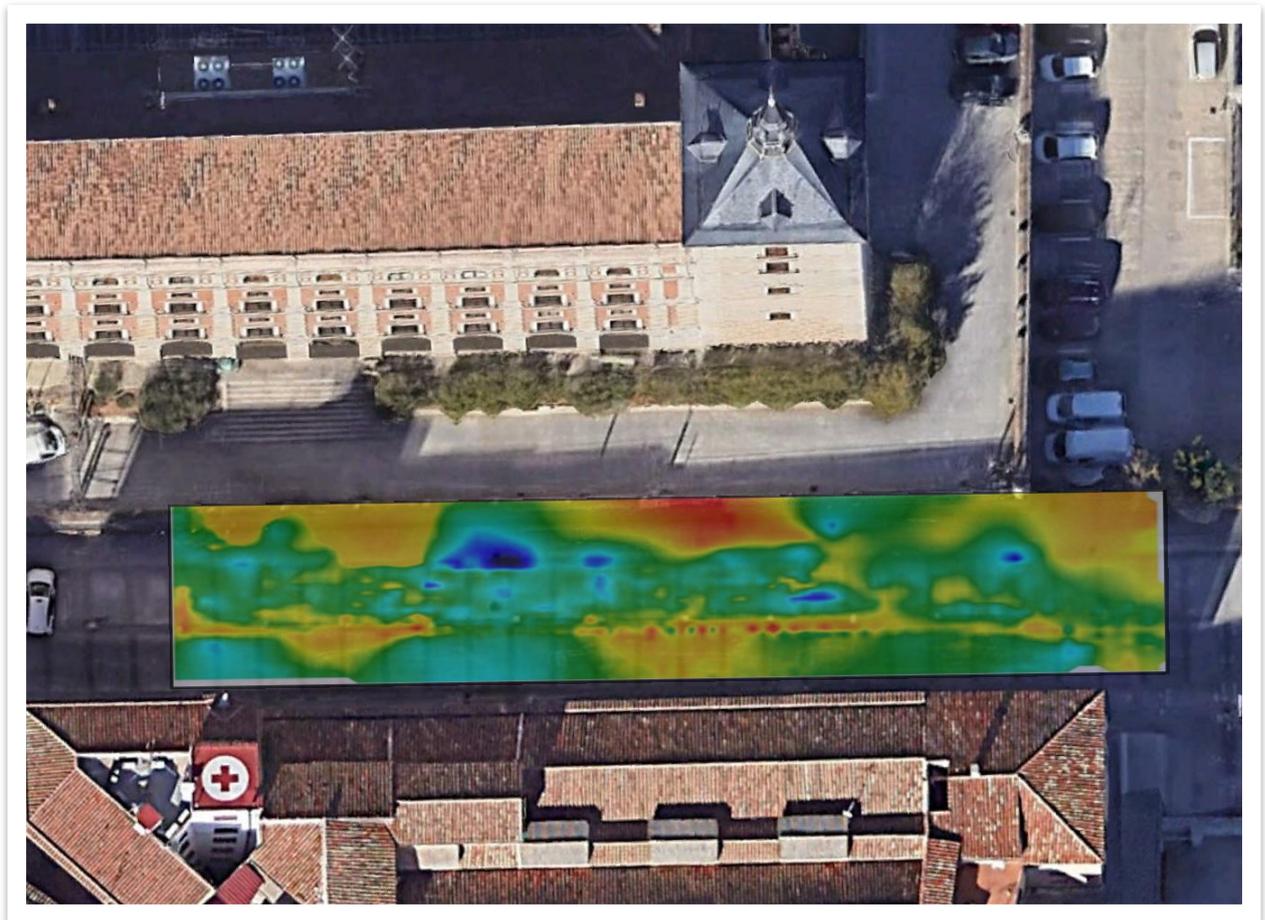


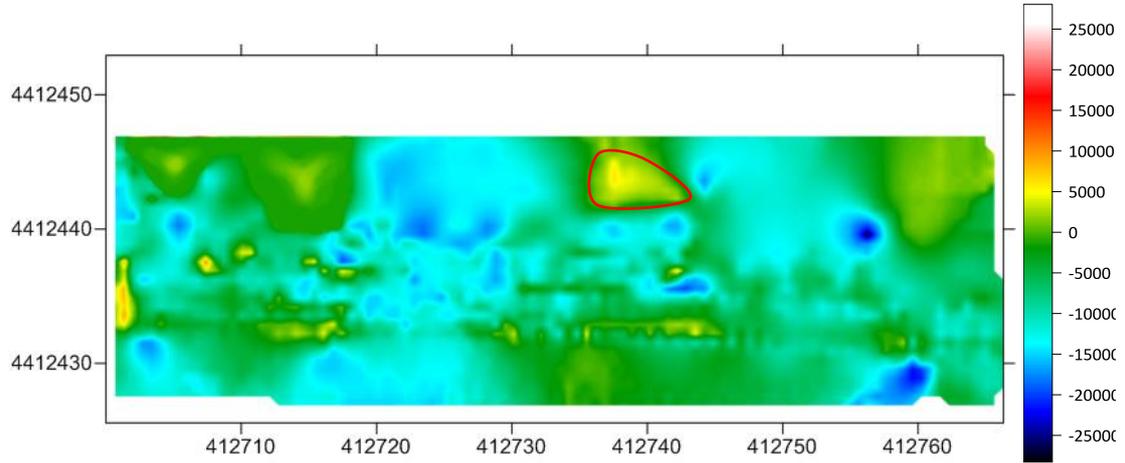
Mapa de CE en la frecuencia de 16.000Hz. Capa semisuperficial del terreno. (0-2 m, aprox.) Se detectan como normal general conductividades medias, características de este tipo de terrenos, pero con una área con valores resistivos elevados asociables a cavidad artificial en subsuelo, anexa a muro de Alcázar, parcialmente accesible (circulo rojo).



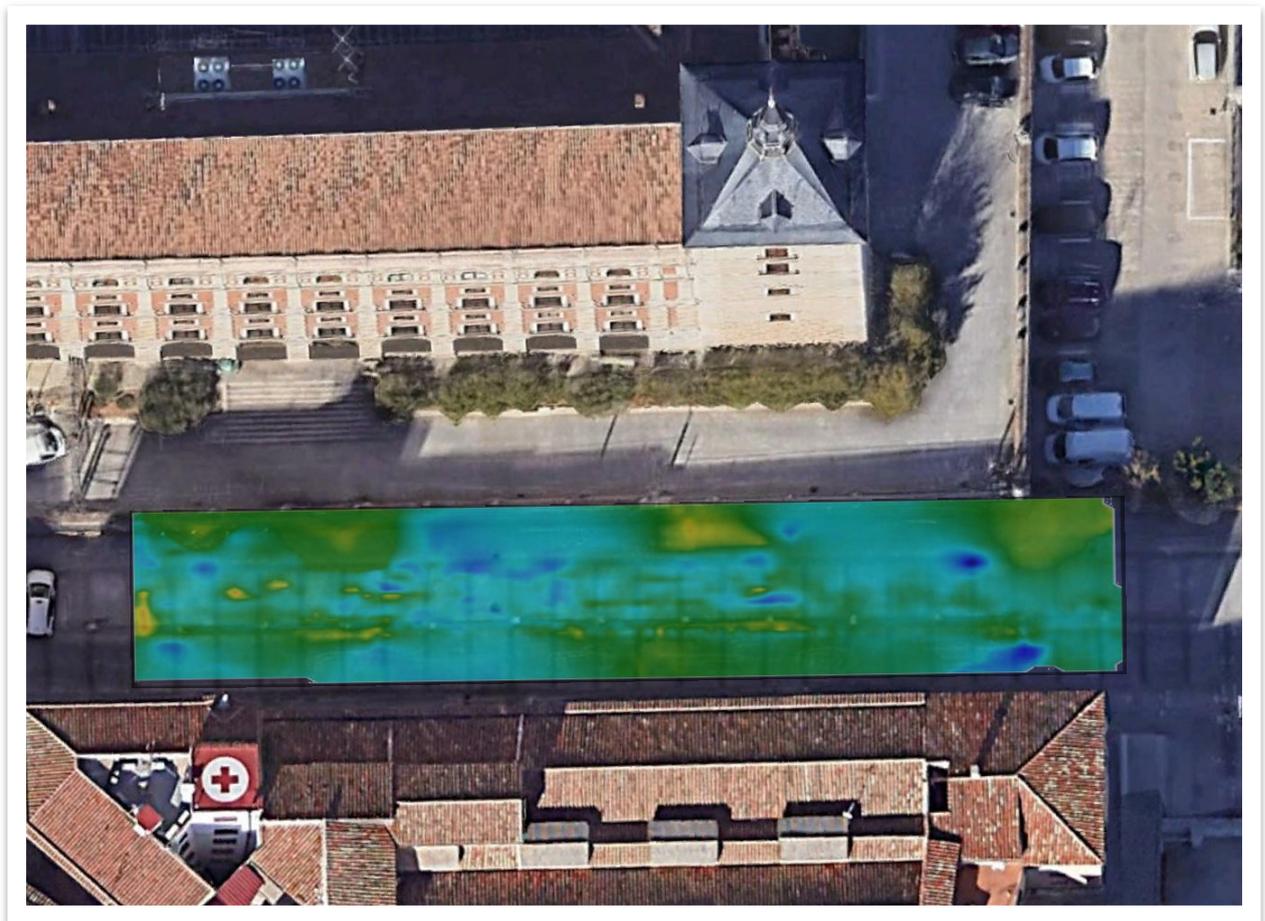


Mapa de CE en la frecuencia de 7.000Hz. Capa intermedia del terreno. (-2 / -4 m, aprox.) Comportamiento similar del cuadro conductivo de cotas superiores, con tendencia de conductividades medias, pero con una área con valores resistivos elevados asociables a cavidad artificial en subsuelo, anexa a muro de Alcázar, parcialmente accesible (circulo rojo) disminuyendo en volumen en estas profundidades.





Mapa de CE en la frecuencia de 1.000Hz. Capa más profunda del terreno. (-4 / -6 m, aprox.) Comportamiento más homogéneo del cuadro conductivo. Disminución notable de huellas electromagnéticas detectadas en cotas superiores, por tanto, probable cota de fin de evento y contacto con estrato geológico más inalterado, pero con trazas de una área con valores resistivos elevados asociables a cavidad artificial en subsuelo, anexa a muro de Alcázar, parcialmente accesible (circulo rojo) prácticamente desapareciendo en estas profundidades.



8.2 CONCLUSIONES GENERALES PERFILÓMETRO ELECTROMAGNETICO

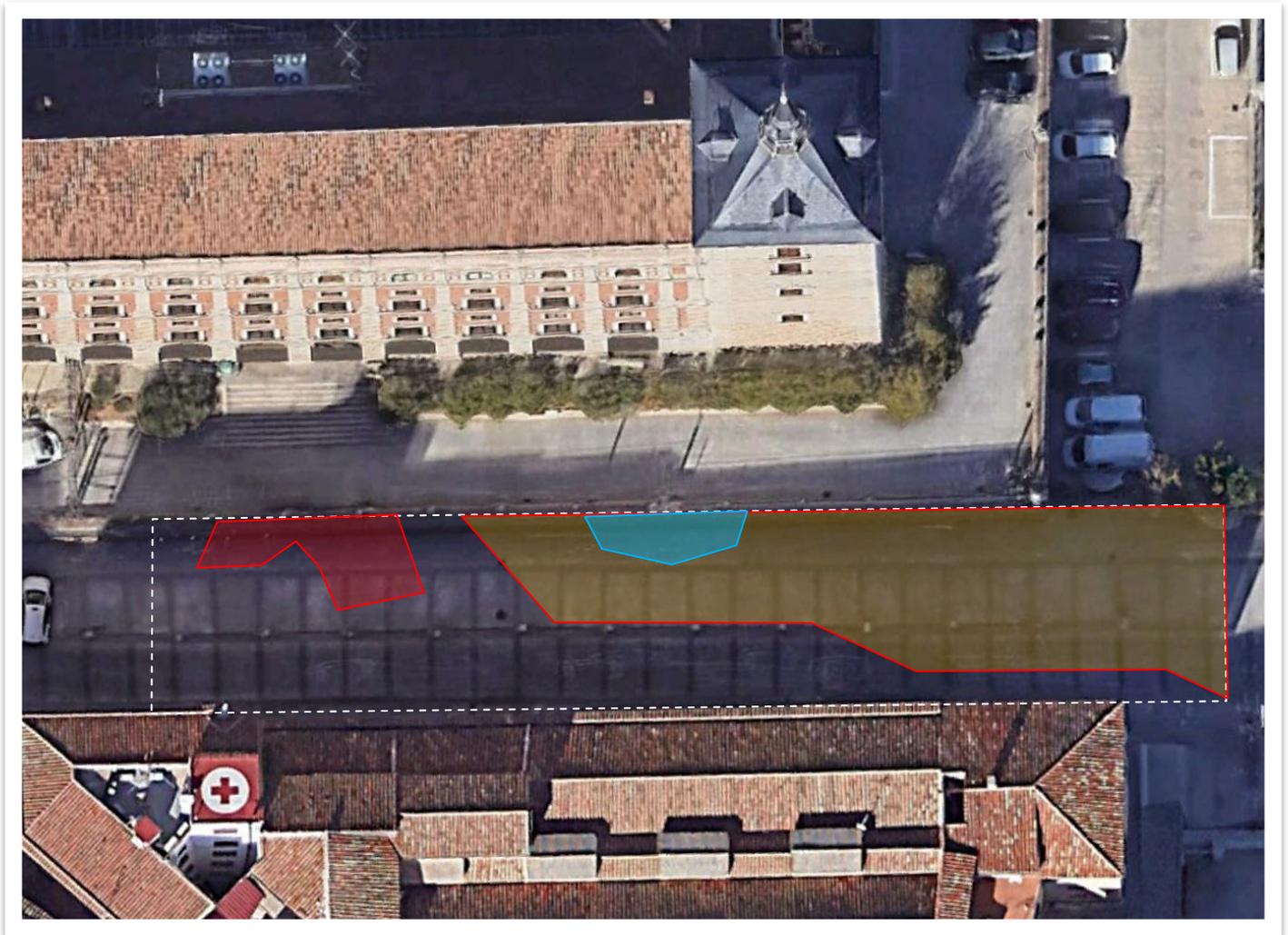
Se detecta con nitidez, valores de conductividad asociados a presencia de subsuelo con medio grado de resistividad, por lo que se dificulta la interpretación de estructuras de interés realizada mediante perfilómetro. Se detecta homogeneidad y estabilidad en el cuadro conductivo de forma general, excepto, unas zonas con anomalías resistivas muy marcadas.

Las conductividades determinadas a partir del perfilómetro electromagnético, corresponden a conductividades típicas de terrenos con densidades medias, y medio grado de humedad, con un comportamiento progresivo de aumento de la estabilidad dinámica hacia cotas profundas, típico de este tipo de escenarios.

Se detecta constante dieléctrica asociable a subsuelos con diferente compacidad. **En la zona inferior del área las conductividades aumentan a valores máximos, asociables a subsuelos con estructuras arquitectónicas de interés y diferente compacidad, mientras que en parte de zona superior se detectan mínimos electromagnéticos**. Este comportamiento comienza a partir de cotas aproximada de 1.5 m de profundidad, hasta cota de de -4 m aproximadamente. Hacia profundidades mayores, solo se detecta influencia electromagnética de estas fuertes anomalías presentes en cotas superiores. Esta estructura coincide en general con la detectada mediante georadar.

Los datos más relevantes obtenidos mediante el perfilómetro son la detección de valores conductivos asociable a la existencia en subsuelo de zona con valores resistivos asociables a una cavidad artificial rellena de materiales tipo escombros y áridos, de media entidad, asociable con nitidez a los hechos investigados.

8.3 FOTOCROQUIS GENERAL DE ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA MEDIANTE PERFILÓMETRO.



Área prospectada mediante perfilómetro (EM)



Áreas con anomalías conductivas y de resistividad asociables a presencia de cavidad artificial en el subsuelo



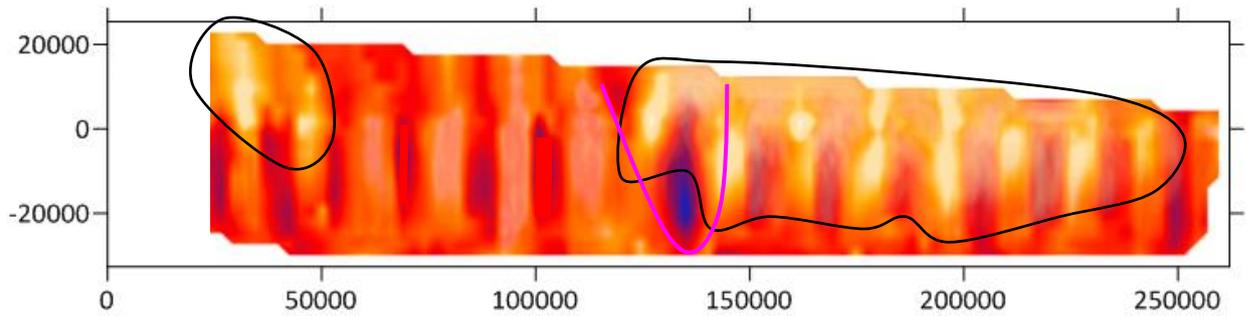
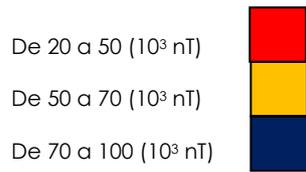
Áreas con anomalías conductivas y de resistividad asociables a presencia de posibles estructuras arquitectónicas en el subsuelo



Áreas con anomalías conductivas y de resistividad asociables a presencia de posibles estructuras antrópicas en el subsuelo

1. MAGNETOMETRO DE PROTONES (MG)

Los resultados obtenidos a partir del magnetómetro de protones presentan filtrado local para resaltar en mayor medida los valores del campo magnético asociables a metales pesados y/o compuestos químicos exógenos, y atenuación de las fuertes interferencias del campo magnético local y elementos antrópicos, que se determina, según carta isodinámica de valores del campo en la zona, en torno a la isometría de los 44.500 nT.



Mapa de MAG (nT). Anomalía Total del Campo Magnético. Completo, con filtrado de tendencias regionales para resaltar anomalías locales asociables a presencia de afecciones. Se detecta variación positiva de los valores del campo magnético, en algunas zonas de la cuadrícula de media/alta entidad, asociables a presencia de estructuras arquitectónicas (línea negra). Se detectan datos puntuales de alteraciones magnéticas en zonas con presencia de elementos ferromagnéticos antrópicos, que producen alteraciones magnéticas en los datos del subsuelo, con un punto singular, se trata de cavidad de mediano/pequeño tamaño, asociable a los hechos investigados, se marca con perímetro magenta.



9 CONCLUSIONES FINALES. INFRARROJOS, MULTIESPECTRAL, GEORADAR Y PERFILÓMETRO ELECTROMEGNÉTICO EN EL ALCÁZAR DE TOLEDO

La termografía, la fotografía infrarroja y la fotografía multiespectral, aportan datos primarios pero básicos para visualizar la extensión de las zonas con probable diferenciación geomorfológica semi superficial en el terreno, la geomorfología de la zona ha sido poco adecuada para los sensores aéreos aunque han aportado datos de señales de existencia en superficie y subsuelos de diferentes densidades y compacidades. A partir de estos datos primarios, se posicionan zonas diferenciadas que son verificadas con los métodos terrestres.

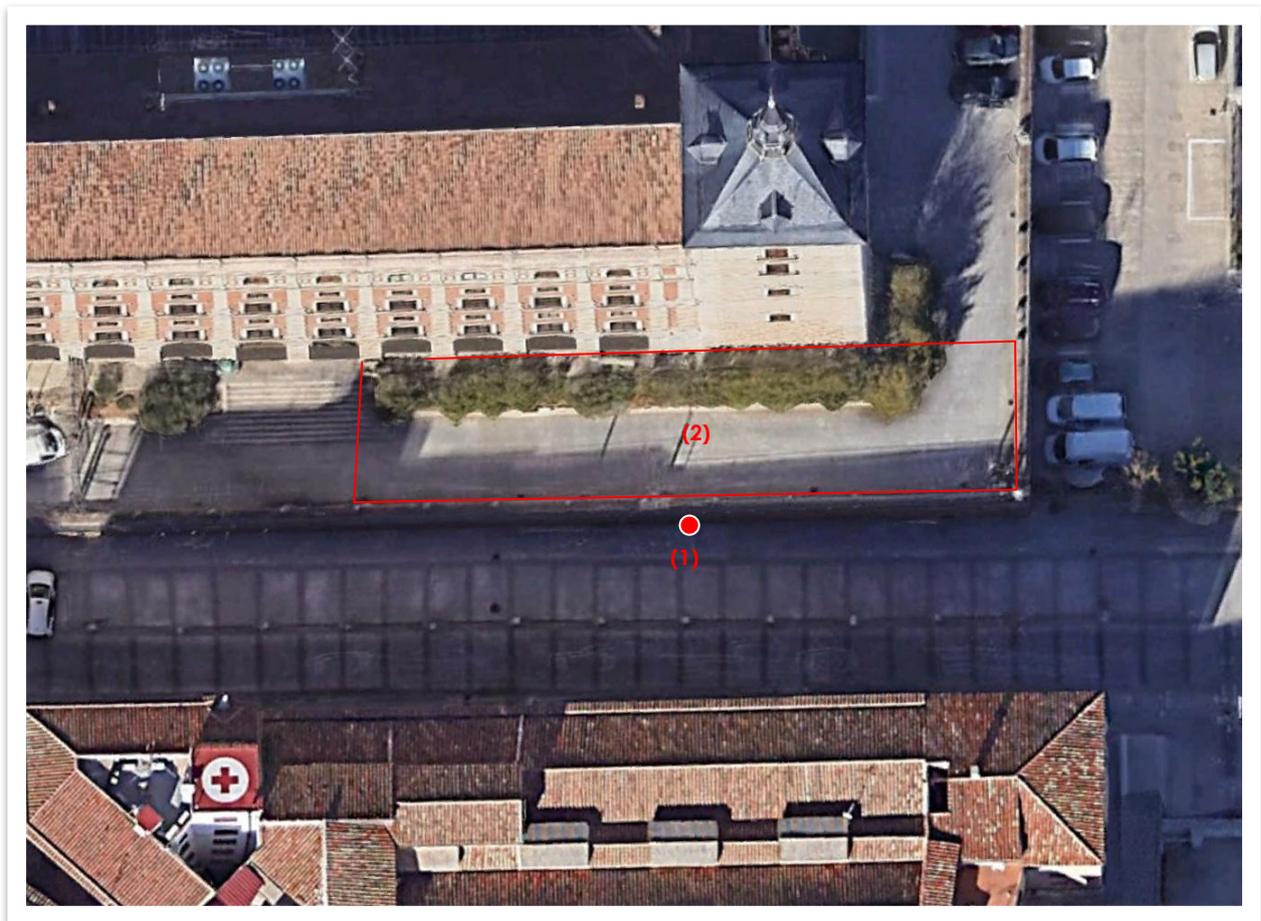
Se detecta tanto por el georadar como por el perfilómetro y magnetómetro, diferenciación geomorfológica, en zona central y lateral derecha de la cuadrícula, con presencia de restos de estructuras arquitectónicas, probablemente paramentos verticales y/o cimientos y un área definida con reflexiones electromagnéticas con todos los sensores asociables a la existencia de un habitáculo singular en el subsuelo, de tipo cripta o similar, con elementos desestructurados en su interior. Estas reflexiones singulares comienzan a partir de 1,5 m de profundidad aproximadamente, y terminan en 5-6 m de profundidad. También se detectan tuberías y conducciones de servicio, así como armaduras sobredimensionadas por debajo del asfalto y losetas.

La geofísica avanzada utilizada es concluyente en detectar estructuras de interés en esa zona pero se precisaría realizar prospección completa multidisciplinar desde muro perimetral de Alcázar hasta al menos su contacto directo con edificación del Alcázar ya que muy probablemente las estructuras de interés se encuentran en gran medida en esa área, no en la prospectada en esta investigación.



Área con anomalías (TIR-IR-MS-GPR-EM) de media entidad asociables a presencia en el subsuelo de cavidad artificial inalterada con elementos desestructurados internos.

10 RECOMENDACIÓN DE ACTUACIONES



- Punto de sonde de verificación arqueológica recomendado (en área actualmente accesible)

1 (412734.21 / 4412435.40)

- 2 Área recomendada de prospección geofísica

11 AGRADECIMIENTOS

La colaboración y ayuda recibida por parte del historiador Jorge Miranda Encinas, para la realización de esta prospección mediante señores aéreos y terrestres 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	2/9/2024	4/9/2024	7/9/2024

Madrid, a 7 de septiembre de 2024




Firmado: Luis Avial Bell
DIRECTOR GEOFISICA AVANZADA