UNIVERSIDAD DE VIGO

E.T.S. INGENIEROS DE MINAS

ÁREA DE PROSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN MINERA

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DEL CASTRO DE ELVIÑA (LA CORUÑA)

PROYECTO ARTABRIA

OCTUBRE 2002

Í N D I C E

Pág.

1 0. CONCLUSIONES
3 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
5 2. MÉTODOS GEOFÍSICOS UTILIZADOS
5 2.1. Prospección eléctrica por corriente continua
10 2.2. Prospección magnética
12 2.3. Prospección electromagnética
13 3. EQUIPOS GEOFÍSICOS UTILIZADOS
13. 4. PROCESADO DE DATOS
14. 5. PROSPECCIÓN DEL CASTRO DE ELVIÑA
14 5.1. Generalidades
17 5.2. Procedimiento de trabajo
19 5.2.1. Prospección eléctrica por corriente continua
24 5.2.2. Prospección magnética
24 5.2.3. Prospección electromagnética
26 5.3. Zonas prospectadas
27 5.4. Trabajos previos
36 5.5. Naturaleza de las estructuras a prospectar
40 5.6. Resultados de la prospección geofísica
41 5.6.1. Zona 1
43 5.6.2. Zona 2
47 5.6.3. Zona 3
49 5.6.4. Zona 4
52 5.6.5. Zona 5
54 5.6.6. Zona 6
55 5.6.7. Zona 7
56 5.6.8. Zona 8
58 5.6.9. Zona 9

ANEXO. Resultado de los SEV

0. CONCLUSIONES

El castro de Elviña ha sido prospectado por geofísica al objeto de detectar restos arqueológicos de interés. Con tal objeto ha sido dividido en nueve zonas, de tamaño y forma variable que, fundamentalmente, se corresponden con terrazas ubicadas a distintas alturas en el cerro que alberga al castro (Figura 6).

Los métodos geofísicos empleados han sido el eléctrico en corriente continua, el magnético y el electromagnético. La presencia de abundante basura metálica superficial -a pesar de haber sido limpiada en la medida de lo posible- y, sobre todo, de dos líneas eléctricas que cruzan el espacio del castro ha dado lugar a interferencias que han invalidado parte de los registros magnéticos y electromagnéticos. Por otro lado, el contraste de resistividades que pudiera existir entre muros y rellenos posteriores es escaso al presentarse aquellos derrubiados y en íntimo contacto con éstos. Determinadas estructuras geológicas producen también anomalías que pueden confundirse con las arqueológicas.

Las mayores estructuras de potencial interés detectadas lo han sido por contraste de resistividad. Las anomalías magnéticas, salvo raras excepciones, son de pequeño tamaño y suelen corresponder a afloramientos de roca o elementos metálicos superficiales. Las anomalías electromagnéticas son escasas y se deben, prácticamente en su totalidad, a desechos metálicos recientes en la superficie del terreno o muy cerca de ella.

Los resultados detallados de la prospección se describen, por zonas, en los capítulos 5.6.1 a 5.6.9. A modo de resumen se presentan en las páginas siguientes las Figuras RES-1 y RES-2 que muestran esquemáticamente las estructuras resistivas de potencial interés arqueológico en las zonas que las contienen. Las anomalías magnéticas y electromagnéticas no se han señalado debido a su pequeño tamaño y a que, en otras ocasiones, se superponen a las resistivas.

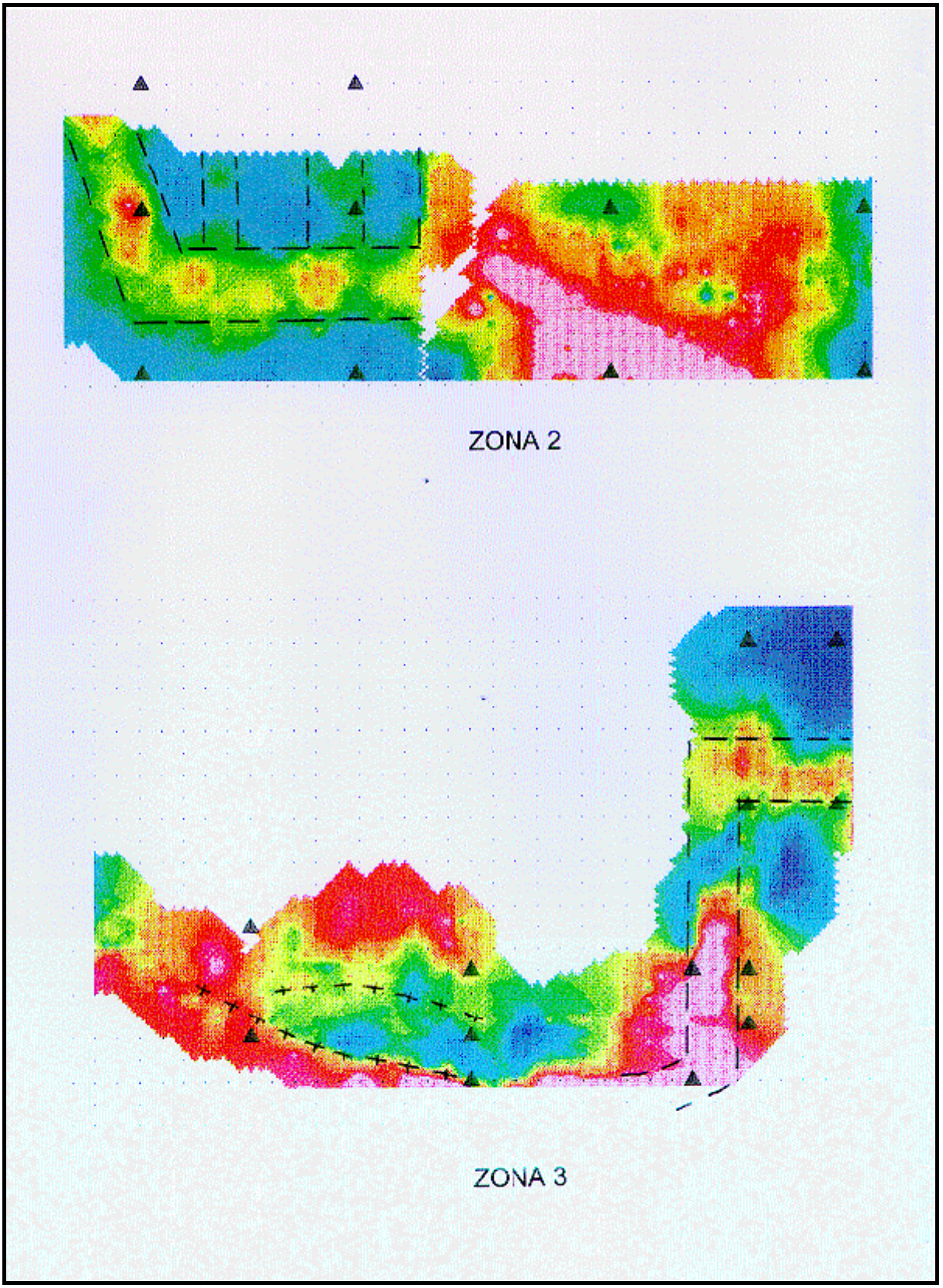


Figura RES-1a

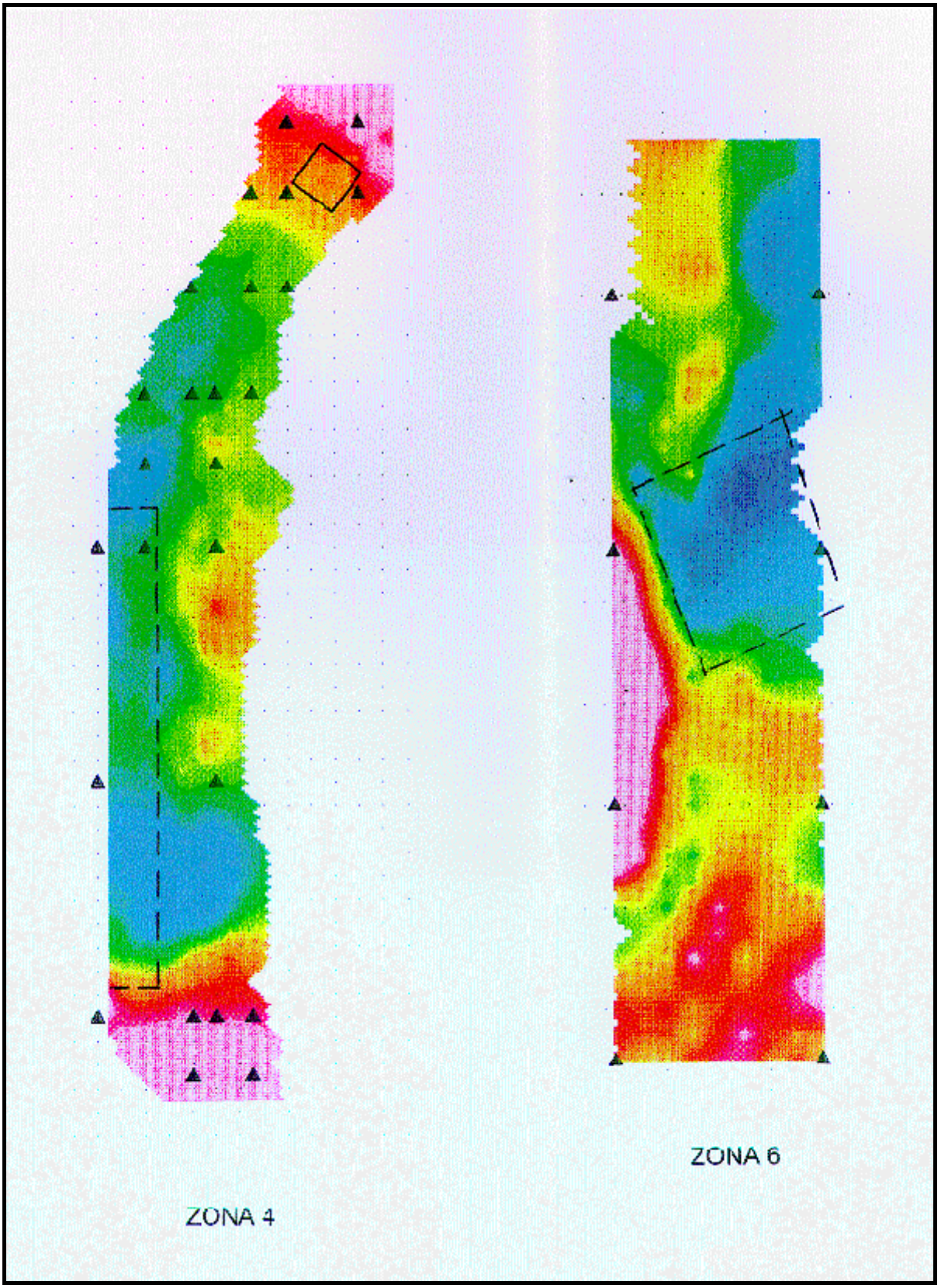


Figura RES-1b

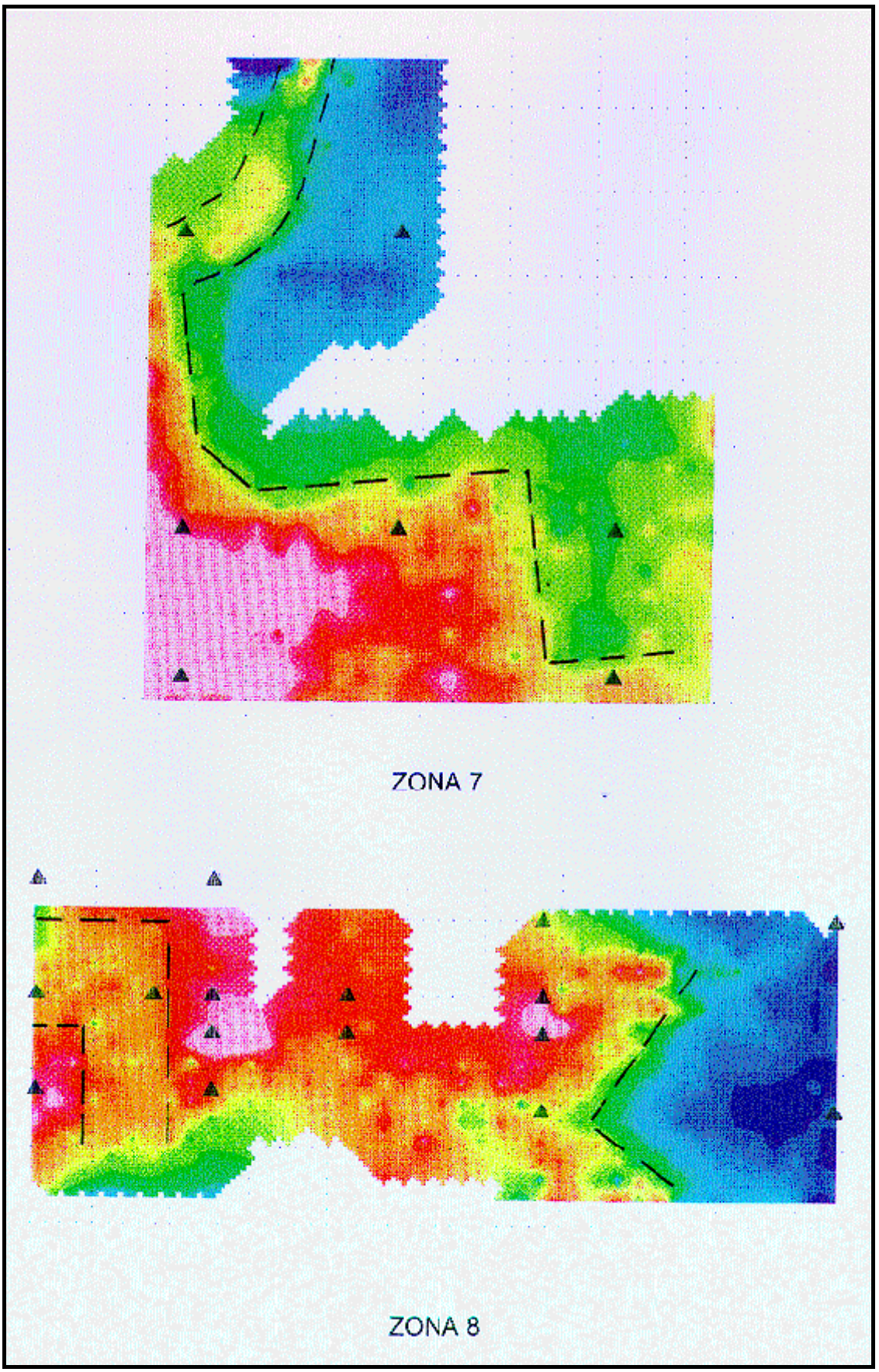


Figura RES-2

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Entre las acciones encaminadas a mejorar la dotación cultural del municipio, el Ayuntamiento de La Coruña ha iniciado un ambicioso programa que tiene por objeto la investigación, recuperación y puesta en valor del castro de Elviña, situado al sur del término municipal, a fin de integrarlo en un futuro parque arqueológico del que formaría parte junto con su entorno natural (Proyecto Artabria). Con tal motivo en mayo de 2000 se redactó el correspondiente Plan Director que define las líneas básicas de actuación que se deben acometer paulatinamente a lo largo de varios años para llegar a dicho objetivo.

Las labores programadas para 2002, primeras que afectan físicamente al castro, básicamente consisten en el desbroce general de la abundante vegetación arbustiva y arbórea existente, la limpieza y saneamiento de los lugares excavados en campañas anteriores, la realización de varios sondeos arqueológicos y la prospección geofísica de los distintos lugares del castro en los que esta técnica puede ser aplicada con suficientes garantías.

Para llevar a cabo este último estudio, que es el que se presenta seguidamente, el Ayuntamiento de La Coruña contrató al Área de Prospección e Investigación Minera de la Universidad de Vigo que, a tal fin, desplazó al castro de Elviña un equipo de trabajo compuesto por seis personas. Las labores de campo se iniciaron el 15 de julio de 2002, finalizando el 28 de agosto, habiendo tenido una duración efectiva de 29 días laborables. El tratamiento informático de los datos de campo se llevó a cabo, en una primera fase, simultáneamente con la obtención de los mismos, en la oficina puesta a disposición por los coordinadores del Proyecto Artabria en el Coliseo de La Coruña, muy próximo a Elviña. Posteriormente, los trabajos se completaron en Vigo.

El equipo de personal que ha intervenido en la prospección geofísica ha estado compuesto por:

Enrique Orche, Dr. Ingeniero de Minas.
Natalia Caparrini, Licenciada en Ciencias Geológicas.
Julio César Amaré, Dr. en Ciencias Físicas.
María Pilar Orche, estudiante de Ingeniería de Minas.
Carlos Orche, estudiante de Ingeniería Industrial.
Agustín Garrido, estudiante de Ingeniería de Minas.

Por parte del Ayuntamiento de La Coruña, la coordinación técnica y administrativa ha sido llevada a cabo por:

José María Bello, coordinador técnico del Proyecto Artabria.
Miguel San Claudio, técnico del Proyecto Artabria.
Agustín Lorenzo, coordinador administrativo del Proyecto Artabria.

A todos ellos se les agradecen las múltiples facilidades dadas para la realización del trabajo, destacando especialmente el inestimable apoyo logístico proporcionado por el Sr. San Claudio para acceder a los niveles superiores del castro con la impedimenta geofísica.

2. MÉTODOS GEOFÍSICOS UTILIZADOS

Los métodos geofísicos que se han empleado en Elviña son los utilizados habitualmente en la prospección arqueofísica, es decir, el eléctrico en corriente continua, el magnético y el electromagnético. En condiciones favorables, todos ellos han demostrado repetidamente su capacidad para detectar restos arqueológicos de muy variado tipo como son estructuras pétreas, hornos, materiales magnéticos y metales.

A continuación se comentan brevemente cada uno de ellos.

2.1. PROSPECCIÓN ELÉCTRICA POR CORRIENTE CONTINUA

Pertenece al grupo de los métodos que miden la respuesta del terreno ante un campo eléctrico creado artificialmente en él. Para ello se monta un dispositivo que introduce una corriente continua en el subsuelo por medio de un electrodo de corriente (A), tomada de una batería intercalada en el circuito. La corriente retorna al circuito mediante otro electrodo (B), midiéndose la diferencia de potencial creada por el campo eléctrico entre dos puntos predeterminados con otros dos electrodos (M, N), denominados por esta razón de potencial (Figura 1). Dependiendo de la disposición de los cuatro electrodos A-B-M-N en el terreno y del movimiento relativo de los pares electródicos corriente/potencial en las sucesivas las medidas, se han definido numerosas variantes del método (Wenner, Dipolos, Twin, Schlumberger, Cuadrado, etc.) que pretenden optimizar la respuesta del terreno en las distintas situaciones que se presentan y ante los variados objetivos que se pretenden. Algunas de estas

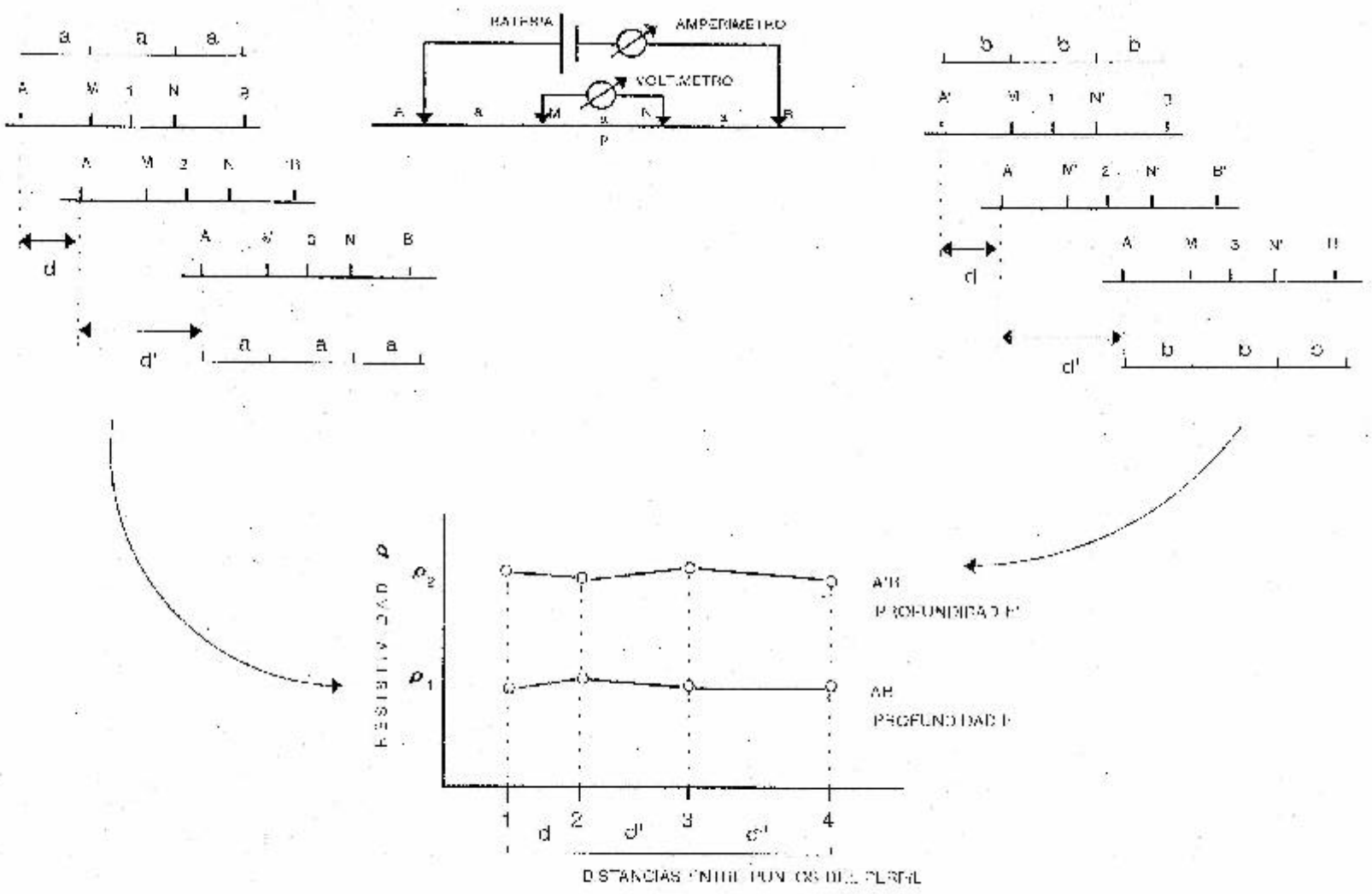


FIGURA 1

variantes han sido específicamente diseñadas para su empleo en arqueología, habiendo proporcionando muy buenos resultados prácticos.

Con el método eléctrico en corriente continua se pretende medir la resistividad D del material por el que circula la electricidad. Este parámetro puede definirse como una medida de la resistencia que opone el terreno a ser atravesado por una corriente eléctrica continua y caracteriza, aproximadamente, diferentes tipos de rocas y suelos. De ahí su interés.

Se calcula mediante la fórmula $D = K \frac{)V}{I}$

siendo:

K = Una constante que depende de las distancias relativas entre los electrodos.
I = La intensidad de la corriente que circula por el subsuelo.
)V = La diferencia de potencial existente entre dos puntos previamente definidos.

K se obtiene directamente a partir de las distintas configuraciones electródicas utilizadas;)V e I se determinan en cada punto medido en la superficie del terreno por medio de un voltímetro y un amperímetro, respectivamente, que lleva incorporados el resistivímetro.

En arqueología es habitual obtener la resistividad a una misma profundidad (calicatas eléctricas), lo que permite apreciar sus cambios laterales. Si las resistividades de muros, basamento, rellenos, etc., son suficientemente distintas, un barrido lateral detecta los cambios del comportamiento eléctrico del subsuelo (resistividad) a medida que, trasladando el dispositivo electródico de un punto a otro a lo largo de un perfil, la corriente va atravesando consecutivamente el terreno y los restos que pudieran existir a una misma profundidad. En el caso de presentarse un muro de piedra (resistividad D_1) enterrado en un suelo arcilloso (resistividad D_2), la secuencia de resistividades que se encontraría consecutivamente sería D_2-D_1-D_2. Si estos cambios se detectan en diferentes itinerarios de trabajo, es posible determinar la traza del muro. A veces se puede discriminar entre materiales de naturaleza similar pero deben presentar algún rasgo diferencial como, por ejemplo, la permeabilidad. Efectivamente, el valor de esta propiedad física y la humedad del medio condicionan su contenido en agua, lo que da lugar a variaciones de resistividad que permiten diferenciar un tipo de material del otro.

En el castro de Elviña han sido utilizadas tres variantes electródicas que proporcionan información a distintas profundidades y con diferente calidad de respuesta: Wenner, Dipolo-Dipolo y Twin. Las tres entran en el rango de calicatas eléctricas pues, si no se

varía el modelo electródico, proporcionan lecturas a profundidades aproximadamente constantes.

En el primer caso (Wenner) los cuatro electrodos se disponen linealmente a la misma distancia relativa, con los de corriente en los extremos (AMNB), moviéndose simultáneamente todos ellos de un punto de medida a otro (Figura 1). La lectura de resistividad se ubica en el punto medio de MN. En Elviña se han empleado separaciones de electrodos de 1 m y 2 m, según las zonas. El dispositivo Wenner es el método de trabajo básico. Presenta el inconveniente de que las anomalías superficiales dan un modelo amplio, a veces con picos laterales, pero la señal va ganando calidad con la profundidad. La penetración del método no es bien conocida pero se estima, de forma general, entre 1/5 y 1/15 de la distancia entre los electrodos de corriente (AB). Para las separaciones electródicas utilizadas (1 y 2 m), la profundidad de registro varía entre 0,2 y 0,6 m en el primer caso y 0,4 a 1,2 m en el segundo. En Elviña la profundidad se ha podido contrastar en dos sondeos arqueológicos, siendo en uno de ellos la correspondiente a AB/5 y en el otro AB/10, dependiendo del espesor del recubrimiento.

El dispositivo Dipolo-Dipolo consiste en disponer linealmente los cuatro electrodos en dos pares agrupados (ABMN), con los dos de corriente colocados en un extremo y los de potencial en el otro (Figura 2). La distancia entre electrodos de cada par es la misma (a) y entre los pares, un múltiplo de la anterior (na). En Elviña se ha empleado a=n=1 m, es decir, que los cuatro electrodos se han separado siempre esta distancia. La lectura de resistividad se ubica en el punto medio de MN. Este dispositivo tiene la ventaja, tomando al Wenner como referencia, de que proporciona más definición, pero la penetración es mucho menor (1/3 de la Wenner para distancias electródicas iguales), lo que supone entre 0,1 y 0,2 m en Elviña.

El dispositivo Twin se monta separando los electrodos en dos grupos (Figura 3). Uno de ellos (BN) se lleva una elevada distancia del otro, dejándolo fijo allí. El segundo par (AM) se mueve punto a punto, recorriendo el perfil. Los electrodos de los pares se clavan a pequeña distancia uno de otro (0,25 a 1 m) y es precisamente la separación entre A y M (a) la que condiciona la distancia mínima de estos a BN, que debe ser por lo menos de 30•a. La lectura de resistividad se ubica entre A y M. Este método ha sido específicamente diseñado para uso en arqueología. La definición que proporciona es buena y el alcance en profundidad duplica el Wenner para la misma separación electródica AM. En Elviña se han separado los electrodos AM 1 m, al igual que en los alejados BN, por lo que la penetración ha estado comprendida entre 0,4 y 1,2 m.

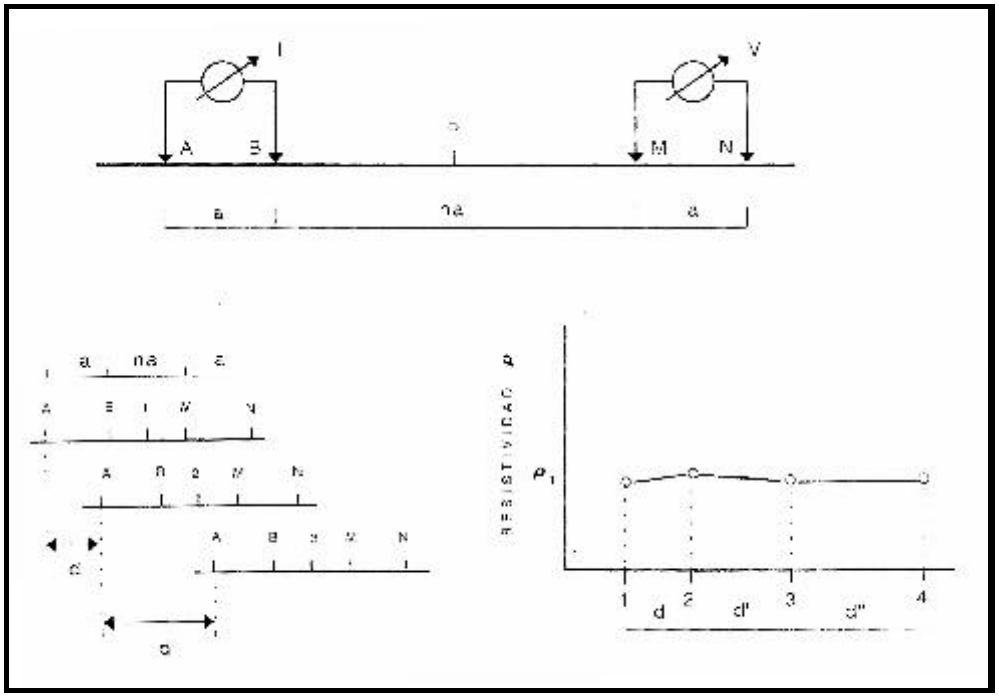


FIGURA 2

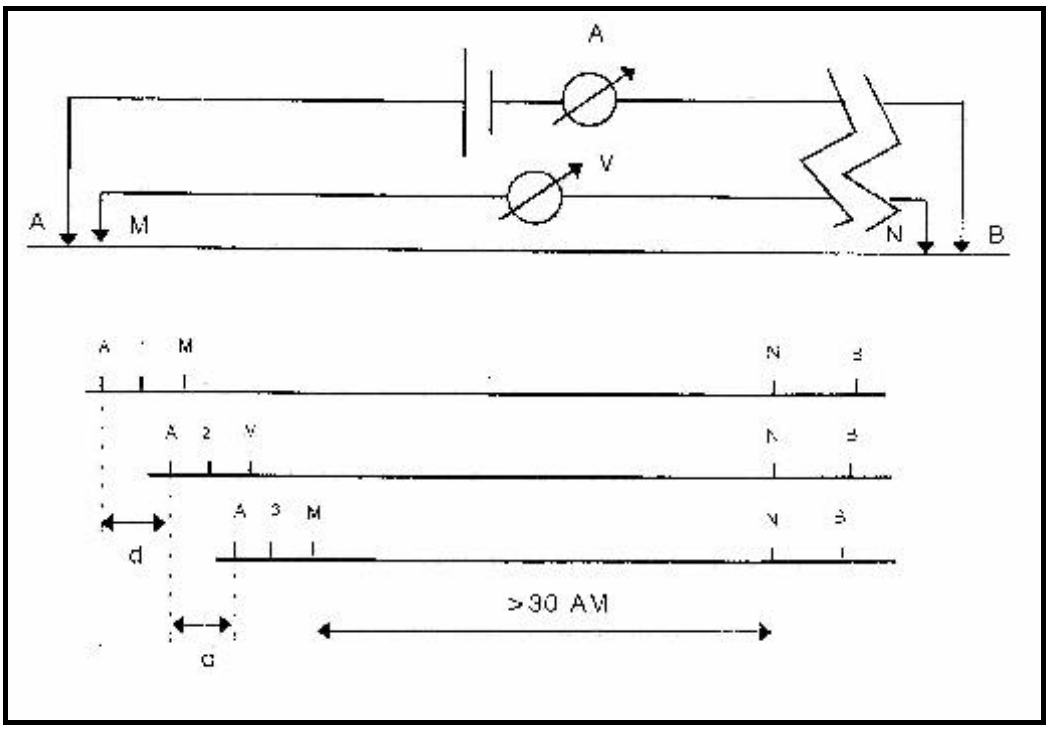


FIGURA 3

Para investigar la variación de la resistividad con la profundidad se ha utilizado el dispositivo Schlumberger, que está caracterizado por un esquema electródico AMNB, en el que se mantiene fija la posición de MN mientras que se separan gradualmente A y B en direcciones opuestas (Figura 4). El centro del dispositivo, entre M y N, es el punto en el que se ubican las lecturas de resistividad. A medida que se separa A de B, aumenta la longitud de las líneas de la corriente que, circulando por el subsuelo, entra por A y sale por B, con lo que el registro gana en profundidad; por ello, a mayor separación de los electrodos AB, mayor penetración. De esta forma, alejando A de B, en el punto central de MN se van obteniendo sucesivos valores de resistividad cada vez más hondos, lo que proporciona información del comportamiento resistivo del terreno con la profundidad e, indirectamente, puede informar sobre el tipo de litología por la que ha circulado la corriente. Por esta razón, a la prueba descrita se le denomina sondeo eléctrico vertical (SEV). Los registros de resistividad mediante calicatas eléctricas se realizan midiendo sobre puntos equidistantes alineados en perfiles; por el contrario, los SEV se efectúan en puntos fijos predeterminados.

2.2. PROSPECCIÓN MAGNÉTICA

La Tierra es un imán natural que da lugar a un campo magnético que varía de unos puntos a otros. Este campo magnético puede ser representado por un vector que está caracterizado por:

- La declinación respecto del norte verdadero.
- La inclinación respecto de un plano horizontal.
- El valor del campo.

De esta forma cada punto de la superficie terrestre presenta unas características magnéticas propias, aunque varían a lo largo del día.

Por otra parte existen ciertos minerales (óxidos de hierro y/o titanio y sus múltiples combinaciones, denominados genéricamente ferromagnéticos), que presentan la propiedad de afectar a las características locales del campo magnético, circunstancia por la que pueden ser detectados. Dichos óxidos se presentan formando parte de las rocas que constituyen un muro, de los materiales cerámicos, de los metales utilizados en la fabricación de monedas, armas, herramientas, armazones, etc. También pueden ser afectados por una reordenación magnética cuando son calentados por encima de una determinada temperatura, denominada punto de Curie. En cualquier caso, su presencia distorsiona el campo magnético "normal" en un punto, lo que es utilizado para detectarlos.

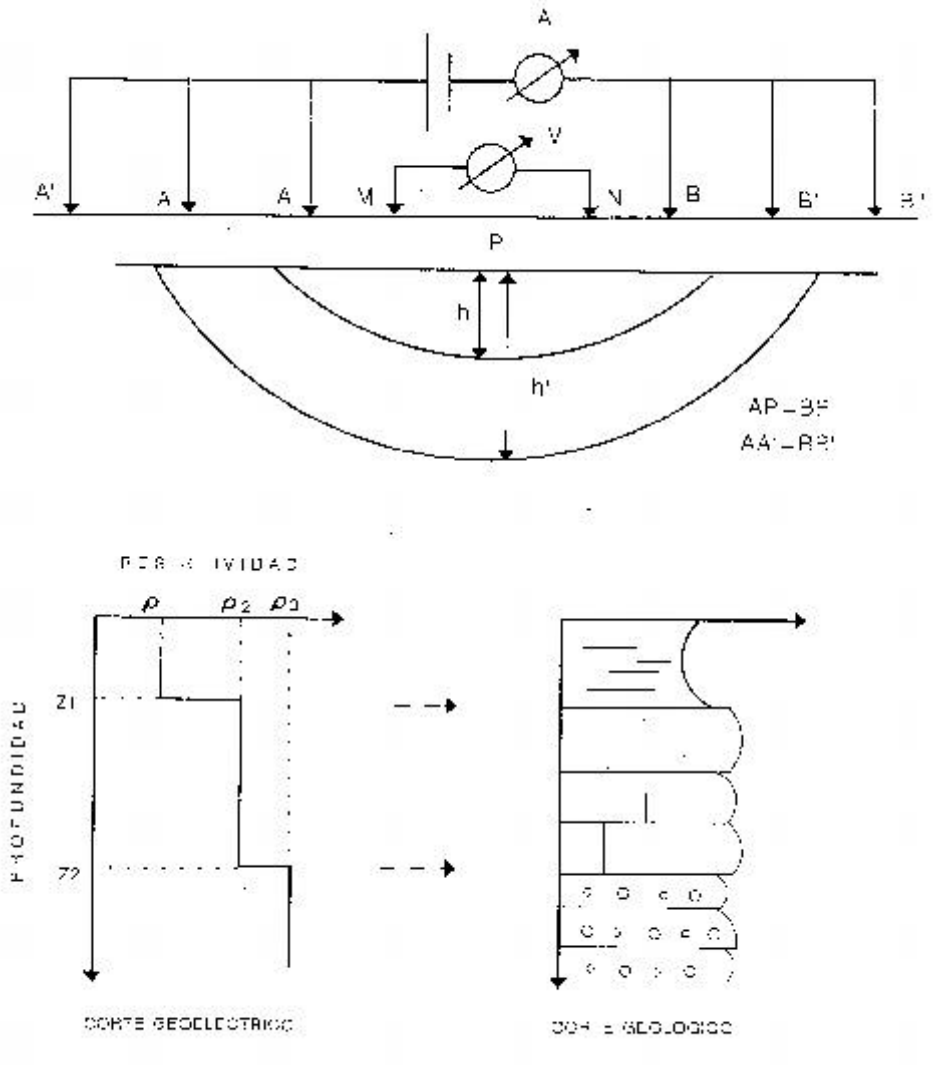

A
V
A'
A
A
M
N
B
B'
B'
P
h
h'
AP = BP
AA' = BB'
ρ
ρ2
ρ3
Z1
Z2
PROFUNDIDAD
CORTE GEOELECTRICO
CORTE GEOLOGICO

FIGURA 4

La prospección magnética realizada en Elviña se ha realizado con un magnetómetro de protones que mide el campo magnético total. Su objetivo ha sido identificar los cambios espaciales de campo magnético terrestre debidos a la presencia de distribuciones anómalas de minerales magnéticos, a objetos de hierro o a rasgos culturales de interés sensibles a esta técnica. Las anomalías observadas en yacimientos arqueológicos dependen del tamaño y distancia de los objetos al sensor del magnetómetro y están afectadas por los constantes cambios naturales del campo.

La prospección magnética se lleva a cabo mediante perfiles sobre los que se determina el valor del campo. Dependiendo de la duración de la prospección, es necesario corregir los datos para eliminar la influencia de la variación del campo a lo largo del día. Se debe comprobar que no se hayan producido tormentas magnéticas durante las medidas ya que invalidarían éstas.

Las medidas magnéticas son afectadas por la presencia de elementos ferromagnéticos indeseables, ocultos o visibles, que las distorsionan e incluso pueden enmascarar la presencia de una anomalía. Por ello conviene detectar su presencia y eliminarla en lo posible.

2.3. PROSPECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Utiliza una combinación de campos eléctricos en corriente alterna y magnéticos con objeto de determinar la conductividad (inversa de la resistividad) del terreno. Para ello se hace incidir sobre el mismo un campo eléctrico y la respuesta se traduce en valores de conductividad. El método puede discriminar entre medios de distinto comportamiento eléctromagnético pero, básicamente, es útil para detectar la presencia de materiales muy conductores, como son los metales, que suelen destacar de la conductividad media del terreno.

Debido a la sensibilidad de los aparatos, hay que ser cuidadosos al efectuar e interpretar las lecturas, teniendo en cuenta que pueden provenir de restos de origen antrópico sin valor alguno (botes, envoltorios, envases, etc.) o bien de canalizaciones o cualquier otra instalación metálica subterránea. La presencia de líneas eléctricas, aéreas o enterradas, afecta o puede afectar al conductivímetro en sus proximidades, lo que debe ser conocido para evitar lecturas e interpretaciones erróneas.

La forma de trabajo es mediante perfiles sobre los que se mide directamente el valor de la conductividad del terreno.

3. EQUIPOS GEOFÍSICOS UTILIZADOS

En la prospección del castro de Elviña se han utilizado los siguientes equipos geofísicos:

- Prospección eléctrica en corriente continua: Resistivímetro PASI E3 DIGIT.
- Prospección magnética: Magnetómetro de protones SCINTREX ENVIMAG.
- Prospección electromagnética: Conductivímetro GEONICS EM-38.

4. PROCESADO DE DATOS

La correcta interpretación de los mapas obtenidos en la investigación geofísica de restos arqueológicos radica en su calidad. Para ello es necesario disponer de un número suficientemente elevado de datos y poder realizar su procesado conjunto.

Muchas veces la dificultad estriba en el bajo contraste que presentan los materiales arqueológicos con su entorno inmediato, en sus pequeñas dimensiones, en su estado semiderruido y en la dispersión de los mismos. Por ello se procede a realizar trabajos que conduzcan a la obtención de un número muy grande de datos que sólo son susceptibles de tratar mediante programas informáticos.

El procesado de datos se inicia corrigiendo las derivas de los aparatos de campo. Más tarde se depuran los datos obtenidos, eliminando aquellos que sean de naturaleza o posicionamiento erróneo o que puedan perturbar el procesado posterior.

El siguiente paso consiste en introducir la información en el ordenador y tratarla con un programa adecuado. En el caso de Elviña, el tratamiento informático de los datos, incluido su filtrado y representación, se ha realizado con el programa GEOSOFT MPS. Los SEV han sido interpretados con el software RESIX PLUS.

El primer documento que se obtiene es el mapa, normalmente de isolíneas, generado con los propios valores introducidos en el ordenador, es decir, con los directamente obtenidos en campo tras su depuración, lo que puede hacerse inmediatamente después del proceso de medida. En función de los resultados, es usual proceder a un tratamiento matemático de los ficheros, aplicándoles filtros que realzan o suavizan los contrastes, eliminan los fondos, potencian ciertos resaltes, etc. Los filtros utilizados han sido los siguientes:

En el espacio de medida, utilizando una convolución 3x3:

• Hanney (para suavizado de formas).
• Laplace (para aumentar los contrastes).
• Derivadas según X e Y (para realzar estructuras lineales longitudinales o transversales).
• Segunda derivada vertical (residual) (para aumentar los contrastes).
• Diferencia entre la malla de medidas naturales y la malla suavizada con el filtro Hanney (para resaltar contrastes de pequeño tamaño).

- En el espacio transformado de Fourier:

• Butterworth (para eliminar altas frecuencias).
• Upward/downward (para modificar ficticiamente la señal subiendo o bajando el sensor respecto del terreno).
• Derivadas según X, Y y vertical (para realzar estructuras lineales longitudinales o transversales).
• Gaussiano (para eliminar los fondos).

Estos filtros, y alguna combinación más entre ellos, se han aplicado indistintamente a los tres tipos de medidas realizadas (eléctricas, magnéticas y electromagnéticas) sin que, de forma general, hayan mejorado las señales de las zonas prospectadas, salvo en algún caso aislado.

5. PROSPECCIÓN DEL CASTRO DE ELVIÑA

5.1. GENERALIDADES

El castro de Elviña está situado al sur de la ciudad de La Coruña, entre los campus universitarios de A Zapateira y Elviña (Figura 5). Ocupa las partes media y superior de un cerro cuya topografía ha sido sensiblemente alterada por aterrazamiento de sus laderas. Estas terrazas están delimitadas por murallas construidas con piedras apiladas sin argamasa alguna, con las caras perfectamente definidas, y afloramientos de roca que, con frecuencia, forman pequeños farallones de altura variable sobre los que ocasionalmente también se disponen lienzos de muralla. Con el paso del tiempo, los derrumbes, la meteorización y las sucesivas intervenciones antrópicas han ocasionado que las murallas se hayan transformado en cordones de piedras sueltas desparramadas generosamente a ambos lados de su traza longitudinal, por lo que han perdido gran parte de sus señas de identidad.

En consecuencia, el aspecto general del castro es el de un cerro absolutamente

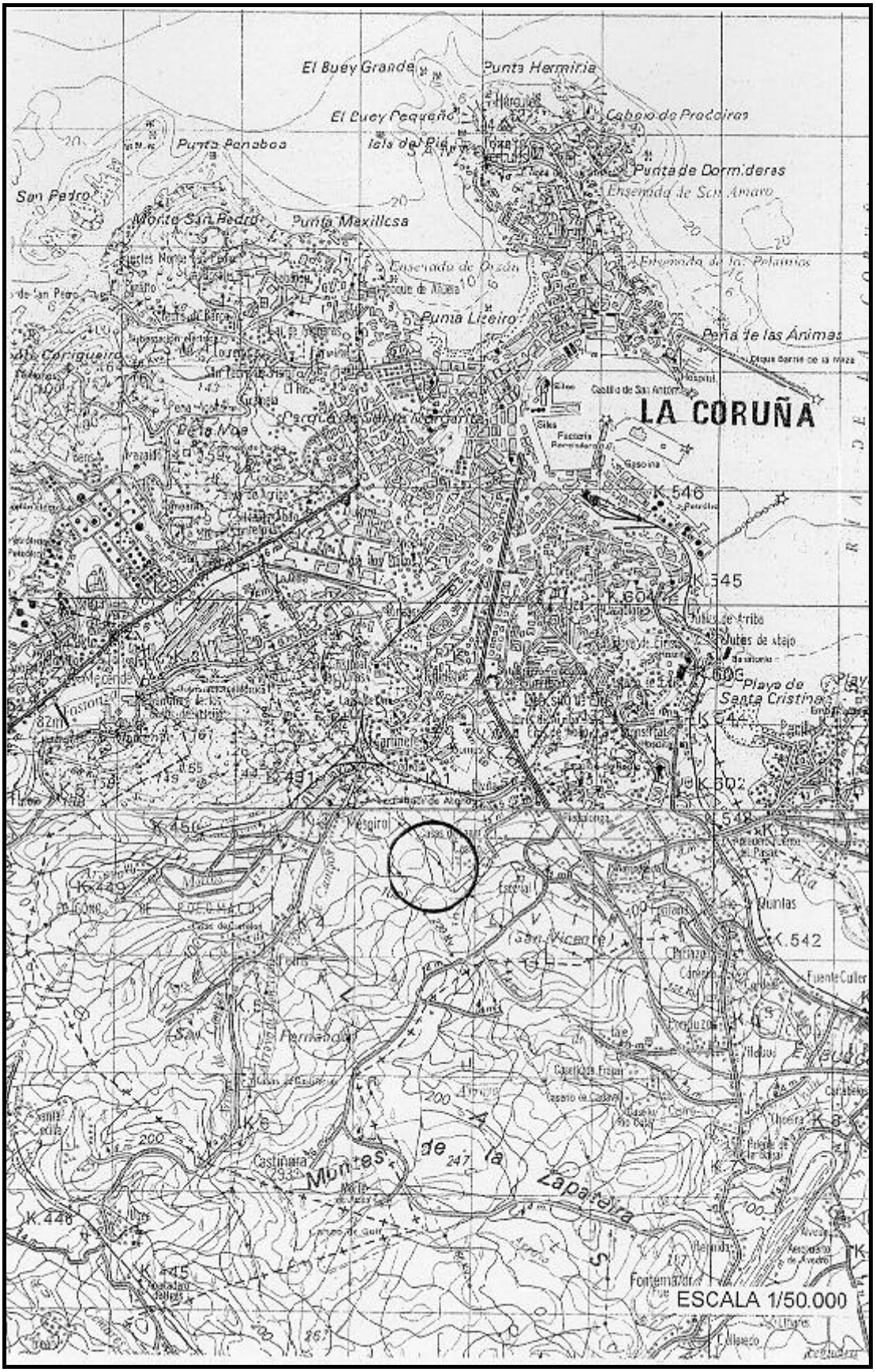

El Buey Grande
Punta Hermitia
El Buey Pequeño
Cabeio de Pradeiras
Punta Penaboa
Isla de Pie
Punta de Dormideras
San Pedro
Ensenada de San Amaro
Monte San Pedro
Punta Mexilicsa
Ensenada de Orzán
Ensenada de los Palomos
Punta Lizeiro
Peña de las Ánimas
Coriguieira
LA CORUÑA
Castillo de San Antón
Pela Nae
K.546
K.545
Playa de Santa Cristina
K.491
K.449
K.542
Mesgiro
(San Vicente)
Fuente Cuiler
Castiñara
Montes de la Lapateira
K.446
K.445
Fontemaior
ESCALA 1/50.000

Figura 5

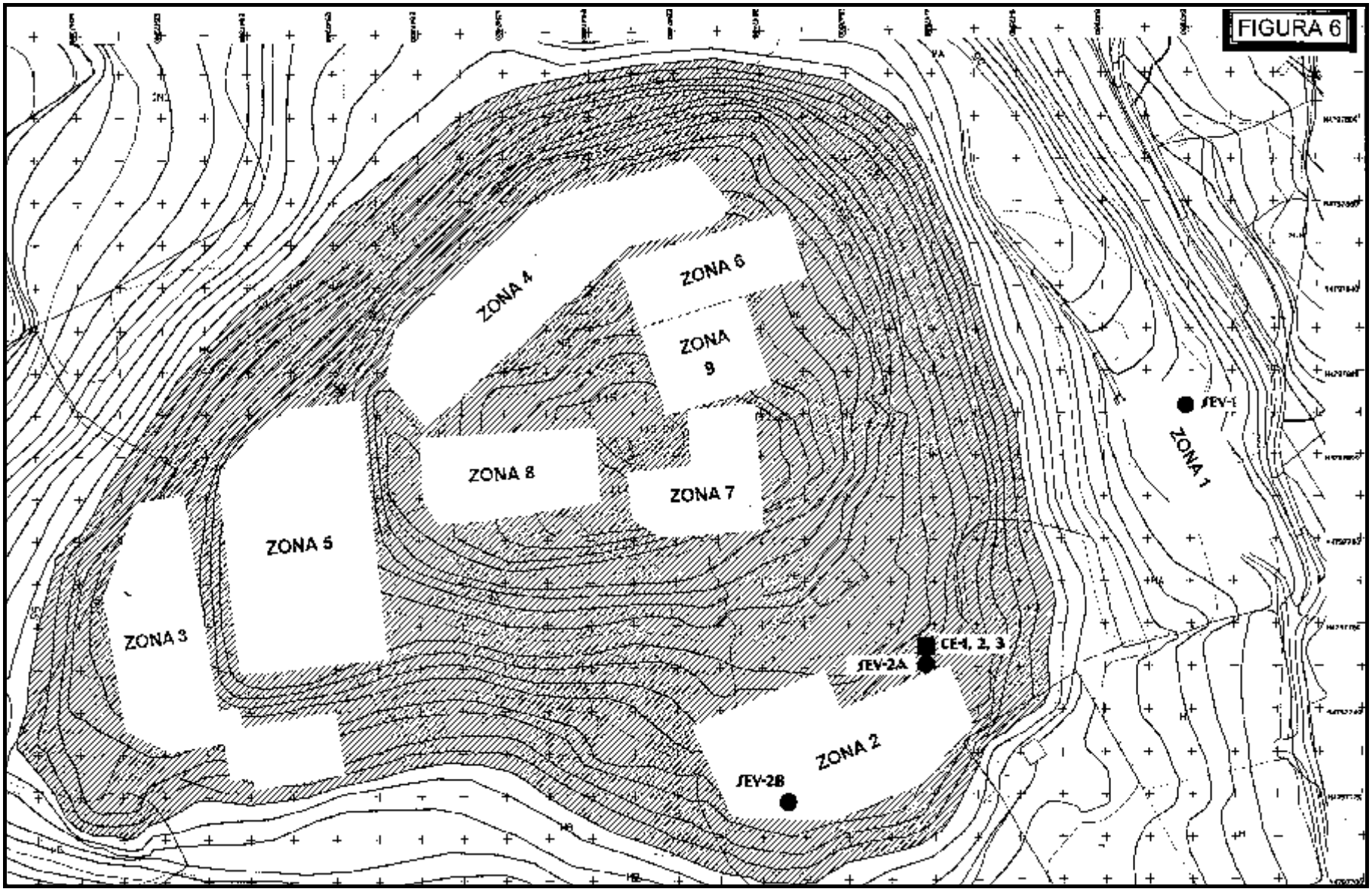


FIGURA 6
ZONA 1
ZONA 2
ZONA 3
ZONA 4
ZONA 5
ZONA 6
ZONA 7
ZONA 8
ZONA 9
SEV-1
SEV-2A
SEV-2B
CE-1, 2, 3

modificado, en el que una serie de terrazas o espacios de terreno de pequeña pendiente, están ubicados a diferentes niveles separados por terraplenes de rocas sueltas muy inclinados o resaltes de roca (Figura 6 y Foto 1).

Los espacios prospectados por geofísica son aquellos que, por consideraciones topográficas, presentan más posibilidades de haber estado habitados. Lógicamente se corresponden con las plataformas y zonas de menor pendiente. En la Figura 6 se pueden apreciar las nueve zonas reconocidas y su posición aproximada en el castro.

En la cima del cerro que alberga el castro se ubica una torre metálica de alta tensión (Foto 1) perteneciente a UNIÓN FENOSA cuya línea atraviesa el espacio aproximadamente en dirección NO-SE. Existe, además, una segunda línea de media tensión con postes de hormigón. Estas líneas, tanto por el material con que están construidas las torres como por el efecto de la corriente que circula por los cables, han ocasionado notables perturbaciones en los registros magnéticos y electromagnéticos de su entorno, hasta el punto de impedir la realización de alguno de ellos debido a la imposibilidad de calibrar y poner a cero los instrumentos de medida.

5.2. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

El procedimiento general de trabajo ha consistido en lo siguiente:

Tras un recorrido general del castro y de común acuerdo con el personal técnico del Proyecto Artabria se fueron definiendo las zonas más favorables coincidentes, como se ha expresado anteriormente, con las plataformas. Decidido el orden de la prospección, en cada una de ellas se procedió a un estaquillado de referencia, realizado a escuadra, con orientación en la dirección de máxima longitud de la zona y su perpendicular, utilizado para posicionar posteriormente los perfiles de medida (Foto 2). Una vez estaquillado el terreno se decidió la dirección y el sentido de la prospección, procediéndose, acto seguido, a establecer los perfiles sobre los que efectuar las medidas por medio de cintas métricas, con el objetivo prioritario de cubrir el máximo de terreno posible. En todos los casos, los perfiles se han separado un metro, efectuando las medidas sobre ellos cada metro, recorriendo los perfiles de un extremo a otro.

A falta de un mapa topográfico actualizado de suficiente detalle en el que se pudiera referenciar la posición de las estacas y, con ellas, la de los puntos de medida, se establecieron en cada zona coordenadas locales en función de la extensión del área prospectada, orientando sus ejes en las direcciones de las estacas. Estas estacas se

FOTO 1

FOTO 2

han dejado sobre el terreno y aparecen representadas como triángulos en los planos resultantes de la prospección. Son básicas para replantear las anomalías geofísicas in situ.

Tras efectuar las mediciones de campo, los datos se volcaron en una hoja de cálculo EXCEL para darles forma y asignarles las coordenadas correspondientes. Estos archivos, a su vez, se introdujeron en el programa de interpretación obteniéndose los mapas de isolíneas directos. En todos los casos se efectuaron filtrados múltiples con objeto de mejorar la señal.

Las mediciones en campo se han realizado con una técnica que depende del método geofísico involucrado. Debido a las peculiaridades de cada uno de ellos, se pueden dividir en dos grupos perfectamente diferenciados que son la prospección eléctrica por un lado, y las otras dos restantes (magnética y electromagnética) por otro. Estas metodologías se comentan a continuación.

5.2.1. Prospección eléctrica por corriente continua

Tres han sido los dispositivos electródicos utilizados para medir la resistividad del terreno a una profundidad constante (calicatas eléctricas), buscando siempre la obtención de la información más completa.

Las realización de calicatas eléctricas exige la introducción en el terreno de cuatro electrodos por punto de medida, colocados unos de otros a determinadas distancias que deben permanecer invariables hasta terminar todas las mediciones de la zona. Esto significa que cada vez que se mide un punto hay que desclavar los cuatro electrodos de la medida anterior, posicionarlos en el entorno del punto y clavarlos de nuevo. Puesto que las medidas se han realizado cada metro sobre perfil, el cambio de electrodos se convierte en un trabajo ímprobo que, además, es de un escaso rendimiento.

Existen en el mercado determinados sistemas que permiten la utilización de montajes portátiles de dos o cuatro electrodos, que se clavan simultáneamente en el terreno presionando con el pie en el bastidor que los soporta. Estos montajes permiten efectuar medidas muy rápidas si el terreno es blando y la profundidad de reconocimiento escasa (electrodos muy próximos entre sí), circunstancias que no se presentan en Elviña. Por ello hubo que diseñar un procedimiento que permitiera realizar con rapidez los miles de medidas de resistividad que había que efectuar debido a las dimensiones de las zonas a prospectar.

A tal fin se preparó un maletín con el que pudieran realizarse todas las conexiones posibles de hasta 20 electrodos, conectados unos con otros de cuatro en cuatro, antes de desclavarlos y volverlos a emplazar. El rendimiento del método eléctrico con este maletín, que se mostró imprescindible a lo largo del trabajo, llegó a 1.000 medidas diarias por el método Twin.

El maletín se intercala entre el resistivímetro y los electrodos, de modo que, mediante clavijas (Foto 3), se reconduce la corriente desde los terminales AB del equipo al par deseado, lo que permite obtener la diferencia de potencial entre cualquier otro par de los 18 electrodos restantes conectados al sistema, uniéndoles con los terminales MN del resistivímetro. Al poder elegir cualquier combinación sin restricciones, el maletín hace posible efectuar medidas por distintos métodos consecutivamente sin más que modificar manualmente las clavijas de conexión seleccionando los electrodos adecuados. Por ello es irremplazable para medir, como se ha hecho en Elviña, con distintos dispositivos electródicos sin cambiar los electrodos de posición en el terreno, por ejemplo, con el dispositivo Wenner a 1 m y acto seguido con el Dipolo-Dipolo (a=1 m), o bien con el Wenner a 1 m y luego a 2 m. También se ha utilizado con el Twin y en la realización de SEV para optimizar el rendimiento de la toma de medidas.

El procedimiento es muy simple pero efectivo y puede apreciarse en la Figura 7. En ella se han representado por círculos negros los 20 electrodos, separados un metro en el terreno, sobre un determinado perfil. Si se deseara medir con Wenner a 1 m, se realizarían las conexiones de manera que se involucrara sucesivamente a los electrodos 1-2-3-4, 2-3-4-5, 3-4-5-6, etc. asignándoles el papel de A, M, N y B respectivamente, pudiéndose calcular la resistividad en el punto medio de cada dispositivo (entre 2-3, 3-4, 4-5, etc.). De esta forma se obtendría una medida de resistividad cada metro, con una zona muerta en los extremos del perfil (entre 1 y el punto de la primera lectura, que es entre 2-3).

Si a continuación se deseara medir con el dispositivo Wenner a 2 m, mediante las clavijas del maletín se conectarían los electrodos 1-3-5-7, 2-4-6-8, 3-5-7-9, etc. En este caso, la resistividad estará medida, cada metro, en los puntos 4, 5, 6, etc. Existe una zona muerta en los extremos mayor que en el caso anterior pues la separación entre electrodos ha aumentado.

Con el dispositivo Dipolo-Dipolo para 1 m sucede algo parecido, ubicándose las lecturas entre 3-4, 4-5, 5-6, etc.

La medida con el dispositivo Twin implica que dos de los electrodos estén fijos,

FOTO 3

FOTO 4

WENNER 1 m

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž
A M N B
A M N B
A M N B º

WENNER 2 m

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž
A M N B
A M N B
A M N B º

DIPOLO-DIPOLO 1 m

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž
A B M N
A B M N
A B M N º

TWIN 1 m

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž ² 30AAM ÷ Ž Ž
A M B N
A M B N
A M º B N

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
¹ Ž Ž Ž Ž Ž Ž Ž | Ž Ž Ž Ž Ž Ž ¸
» A M N B º

Figura 7

alejados una distancia equivalente a 30 veces la distancia entre los electrodos móviles, que son los que se mueven de un punto de medida a otro. En este caso, el par de electrodos AM se iría trasladando a lo largo del perfil por medio de conexiones sucesivas, estando la lectura de resistividad representada entre 1-2, 2-3, 3-4, etc.

La realización de un SEV difiere de los esquemas comentados anteriormente, pues para alcanzar una penetración de una decena de metros, la separación AB debe llegar a 50 m o más, según terrenos. Los puntos de entrada y salida de la corriente del terreno (AB) se distribuyen a ambos lados de MN, cada vez a mayor distancia entre sí, puesto que la escala gráfica de representación de resultados es logarítmica. En el caso de la figura, con MN fijos en la parte central del dispositivo de 20 electrodos (10 y 11), se haría una primera medida con AB en las posiciones 9-12, luego en 8-13, 7-14, 6-15, etc., todo ello mediante la manipulación de las clavijas del maletín. La prueba terminaría al conectarse los electrodos 1-10-11-20.

La operativa del trabajo de campo ha sido la siguiente. Desplazado el equipo a la zona a prospectar, con el terreno previamente estaquillado, una persona estaba encargada de montar la mesa con el resistivímetro, el maletín, el ordenador y la batería, y de efectuar las conexiones. Otras dos personas se encargaban de posicionar las cintas métricas tomando las estacas como referencias, a fin de establecer la malla de medidas. Otra persona empezaba a clavar los electrodos en su posición en el primer perfil, uniéndolos mediante pinzas y cables a los terminales del maletín. Terminado el posicionado con las cintas, estas dos personas se incorporaban al clavado de electrodos, de los que había 70. Esta cantidad daba juego para montar dos o más perfiles, de manera que cuando se acababa de medir en uno siempre había al menos otro preparado para ser conectado, lo que llevaba apenas un minuto. En régimen de marcha normal, el equipo estaba formado por una persona a cargo de manipular el maletín y efectuar las lecturas del resistivímetro, y dos (o normalmente tres) personas más atendiendo el posicionamiento de los electrodos y el cambio de las conexiones de un perfil al siguiente (Foto 4).

Cuando la zona tenía más de 19 m de anchura (20 electrodos), se realizaban pasadas en paralelo, una tras otra, solapando los electrodos del contacto entre ellas para eliminar las zonas muertas.

Con el método Twin se probó a utilizar un bastidor que portaba los electrodos móviles

(AM) pero clavarlo y desclavarlo fue más laborioso que el procedimiento descrito, por lo que se desechó.

Por el método eléctrico han sido prospectadas todas las zonas previstas menos una, debido a la gran cantidad de piedras sueltas de buen tamaño y restos forestales existentes, que habrían impedido el correcto clavado y posicionamiento de los electrodos.

Teniendo en cuenta que el equipo completo constaba de seis personas, al estar cuatro ocupadas con las medidas eléctricas, las dos restantes se dedicaban a medir otras zonas con cualquiera de las dos técnicas restantes o bien a estaquillar nuevas áreas.

5.2.2. Prospección magnética

Las medidas magnéticas se realizaron sobre los mismos perfiles que los utilizados en el método eléctrico, midiendo cada metro, con el sensor aproximadamente a unos 20 cm de la superficie del terreno (Foto 5). Debido a la manejabilidad del magnetómetro, las medidas se extendieron frecuentemente más alla de donde finalizaron las eléctricas, muy condicionadas por el esquema electródico. Las medidas se almacenaron en el magnetómetro volcándose a continuación en el ordenador, en donde fueron corregidas.

La presencia de grandes estructuras metálicas distorsionó fuertemente las medidas en su entorno. Así ocurrió con la torre de alta tensión de la cima del castro, cuya influencia se extendió varias decenas de metros alrededor de ella, enmascarando casi cualquier otra anomalía.

Los abundantes restos magnéticos detectados en algunos lugares se deben, según pudo comprobarse sobre el terreno la mayor parte de las veces, a basuras metálicas dejadas posiblemente tanto durante las dos campañas previas de excavación en los años 50 y 80, como más recientemente por un grupo de ocupantes de una chabola situada casi en la cima del castro. En días previos a la prospección magnética, la afluencia de visitantes también ocasionó la acumulación de abundantes restos metálicos, como envoltorios, chapas, etc.

5.2.3. Prospección electromagnética

Al igual que en el caso anterior, la prospección electromagnética se realizó recorriendo los perfiles ubicados a partir de la trama de estacas. Las lecturas se hicieron cada

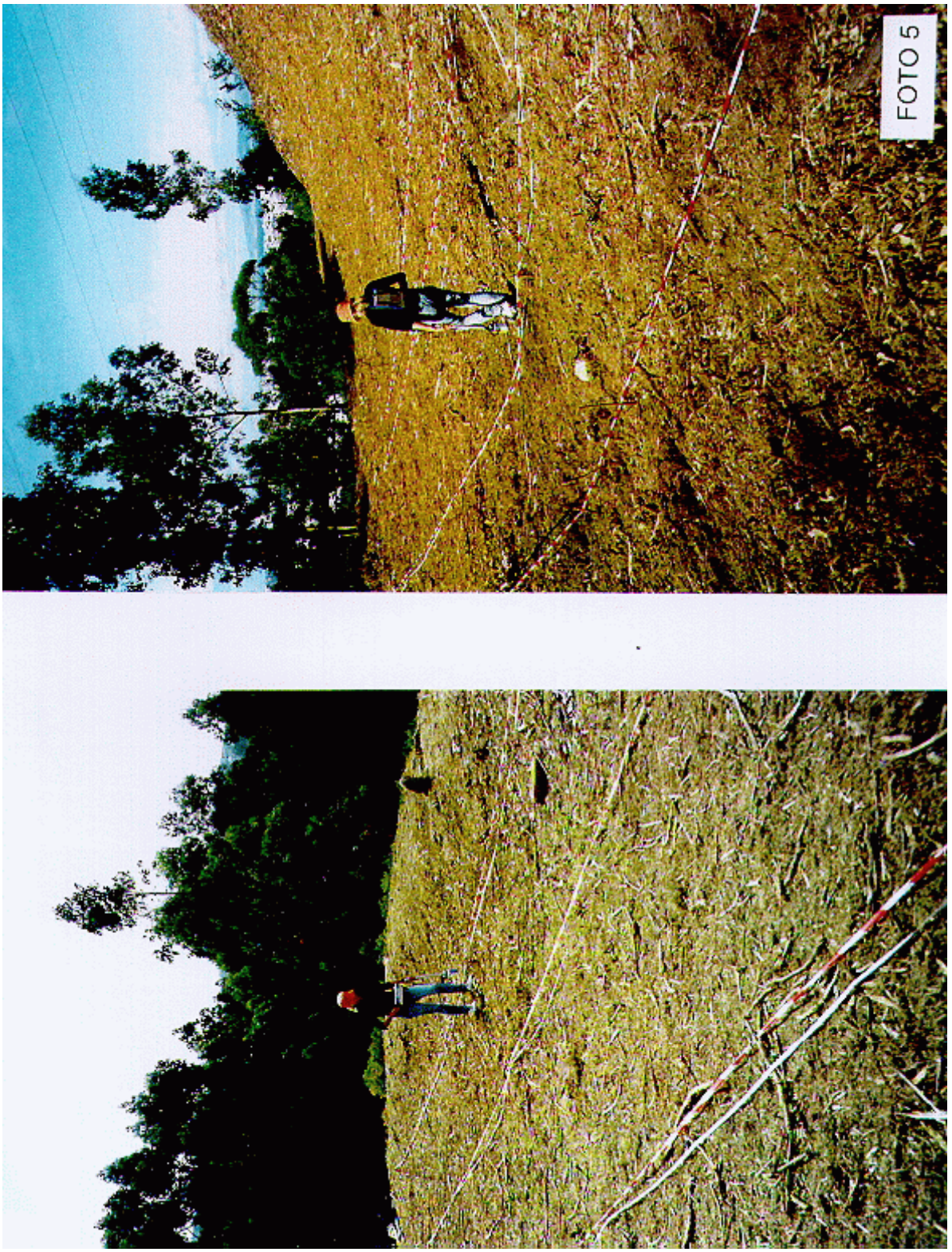


FOTO 5

metro, leyendo la componente en fase, que es la que proporciona mayor penetración (aproximadamente hasta 0,75 m).

El conductivímetro es un aparato que debe ajustarse repetidas veces a lo largo del día para conseguir que las medidas se realicen en condiciones comparables. Sin embargo, las influencias de los campos electromagnéticos creados por las líneas eléctricas que cruzan Elviña llegó a ser de tal magnitud que en gran parte del castro imposibilitaron la calibración del instrumento y, por tanto, la realización de lecturas mínimamente fiables. Por esta razón sólo está reconocida una porción de terreno.

La presencia de restos metálicos recientes de origen antrópico pudo constatarse al igual que con el magnetómetro.

5.3. ZONAS PROSPECTADAS

Las zonas prospectadas se indican en la Tabla 1.

ZONA	M E T O D O		
	ELÉCTRICO	MAGNÉTICO	ELECTROMAGNT.
1	X Wenner 2 m	X	X
2	X Wenner 2 m	X	X
3a 3b	X Wenner 1m Wenner 2 m X Wenner 1 m Dipolo 1 m	X	X
4	X Wenner 1 m Wenner 2 m	X	X
5	X Twin 1 m	X	X
6	X Wenner 2 m Dipolo 1 m	X	---------
7	X Twin 1 m	X	---------
8	X Twin 1 m	X	---------
9	----------	X	----------

TABLA 1. Métodos utilizados en cada una de las 9 zonas prospectadas

5.4. TRABAJOS PREVIOS

Previamente a la prospección propiamente dicha se realizaron una serie de trabajos con el fin de poner a punto el equipo, elegir el dispositivo a emplear así como seleccionar la escala de trabajo y la malla de investigación más adecuados a los objetivos planteados.

La situación de estos trabajos se refleja en la Figura 6.

El primero de ellos fue un sondeo eléctrico vertical (SEV) en la zona 1 (SEV-1) con el fin de definir por un lado los niveles geoeléctricos presentes, correlacionarlos con niveles litológicos y, finalmente, definir la resistividad real de estos niveles.

Además de estos objetivos se pretendía conocer, a partir de la profundidad máxima alcanzada en el SEV, la penetración del método en el terreno para poder definir la distancia inter electródica óptima a emplear en la prospección.

El SEV se realizó con dispositivo Schlumberger y distancia AB máxima de 64 metros. En la Figura 8 se refleja la curva de SEV y en el Anexo 1 la interpretación realizada con el software.

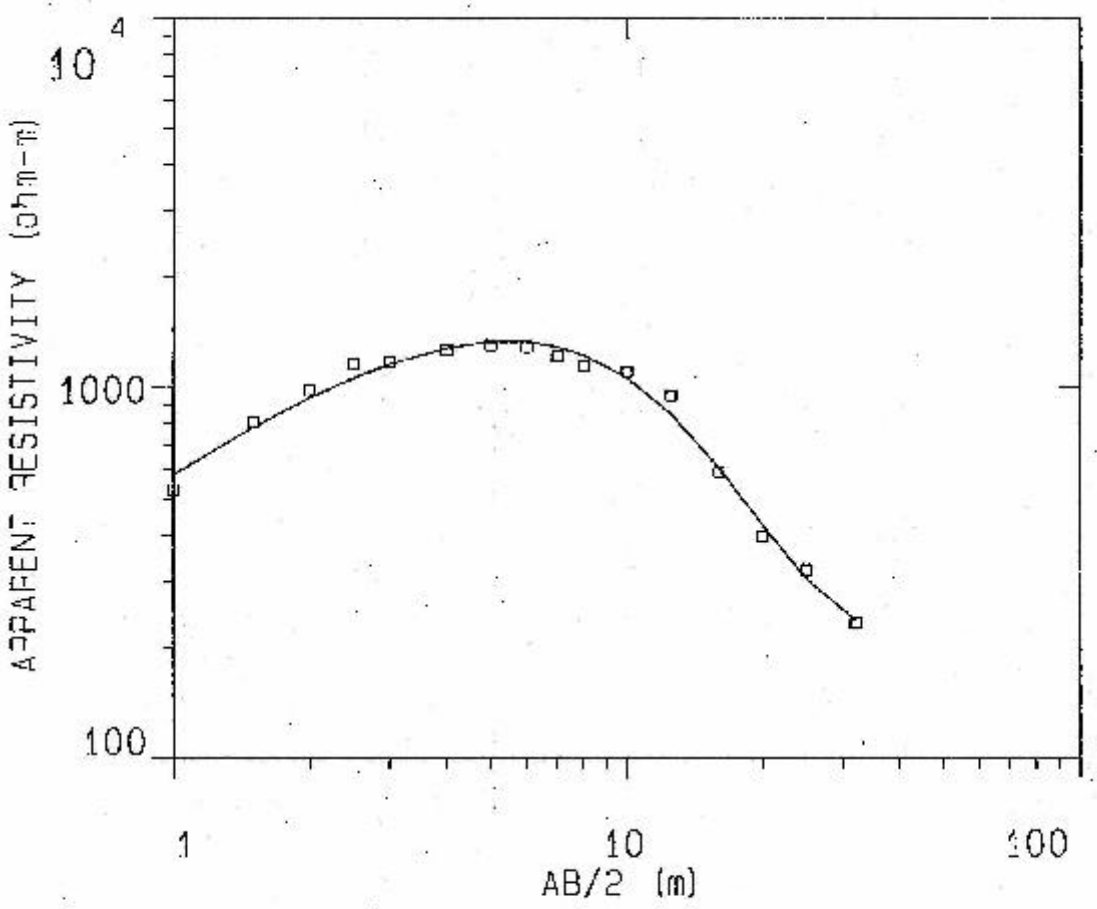
En la Tabla 2 se recogen los niveles geoeléctricos detectados y sus características así como la asignación litológica.

SEV - 1				
NIVEL GEOELÉCTRICO	RESISTIVIDAD (Ohmio/metro)	PROFUNDIDAD (metros)	ESPESOR (metros)	ASIGNACION LITOLÓGICA
1	179	0,24	0,24	Suelo
2	2.266	3,80	3,56	Relleno
3	190	-	-	-

TABLA 2. Resultados del SEV-1 en la Zona 1

A la vista de los resultados se decidió que el dispositivo a emplear era uno tetraelectródico simétrico tipo Wenner por las ventajas comentadas anteriormente tomando como distancia inter electródica 2 metros, lo que suponía una distancia AB máxima de 6 metros, ya que es con estas aperturas con las que se alcanzaba la profundidad suficiente para detectar restos en el relleno situados a una cota accesible.

A fin de conocer la resistividad del sustrato rocoso ampliamente aflorante en Elviña, en segundo lugar se realizó un nuevo SEV corto inmediatamente al norte de la zona 2,



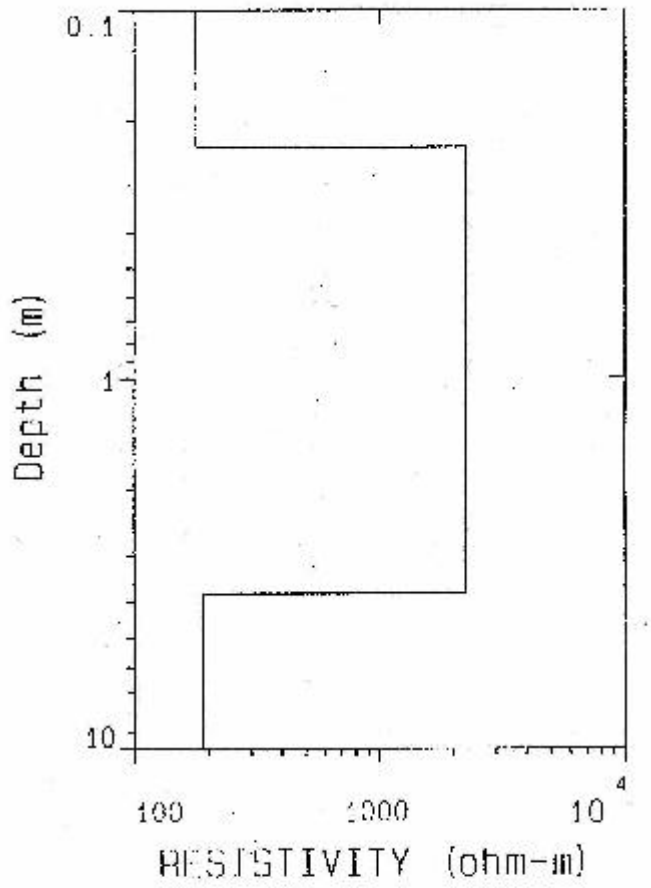
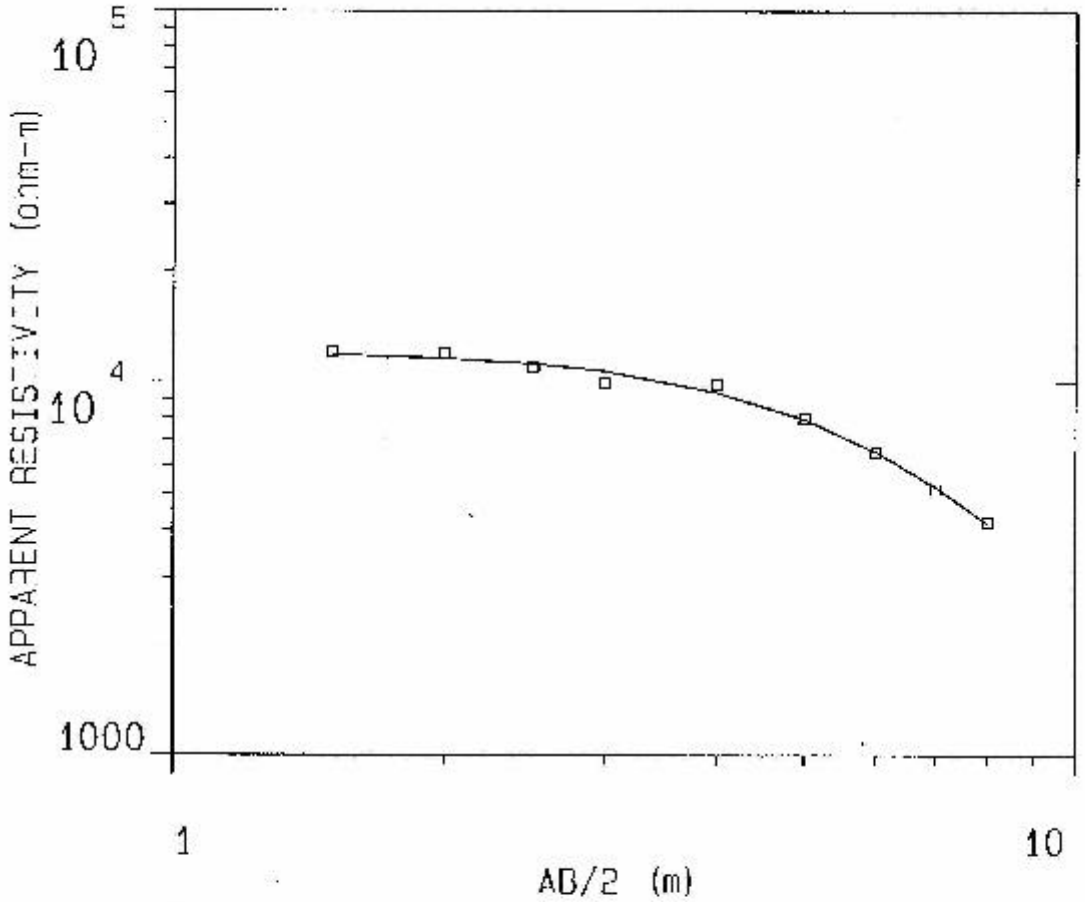


FIGURA 8

ZONA 1		PROSPECCION GEOFISICA
FISI Industriales y de Minas		CASTRO DE ELVINA LA CORUNA
Data Set: SEV-1	Date: AGOS 0 02	
Equipment: PASI	Sounding: 1	Azimuth: 00



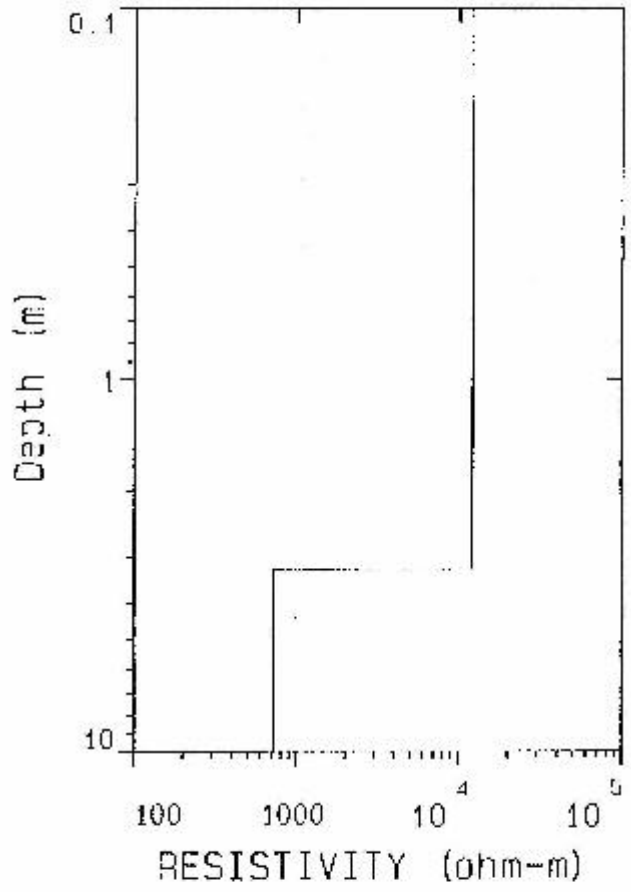
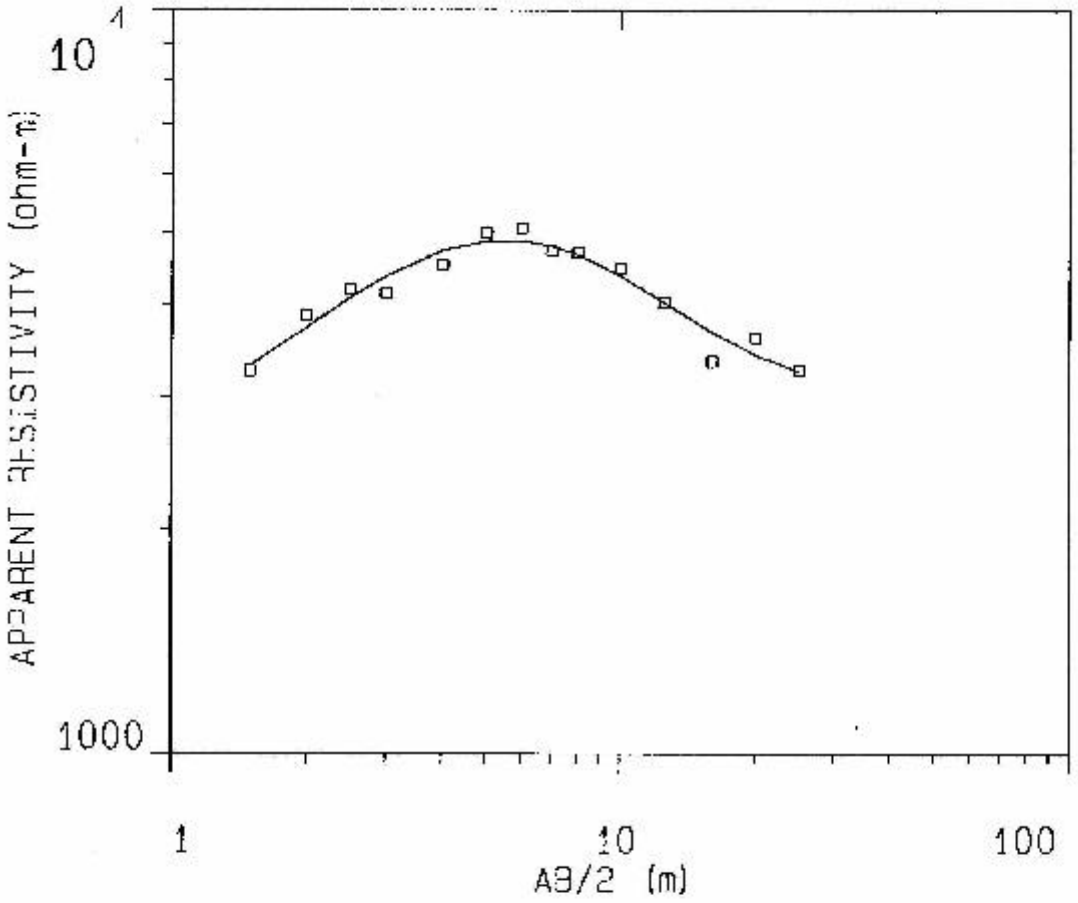


FIGURA 9

ZONA 2		PROSPECCION GEOFISICA
ETSI Industriales y de Minas		CASTRO DE ELVINA LA CORUNA
Data Set: SEV-6A	Date: AGOSTO 02	
Equipment: PASI	Sounding: 2	Azimuth: 310



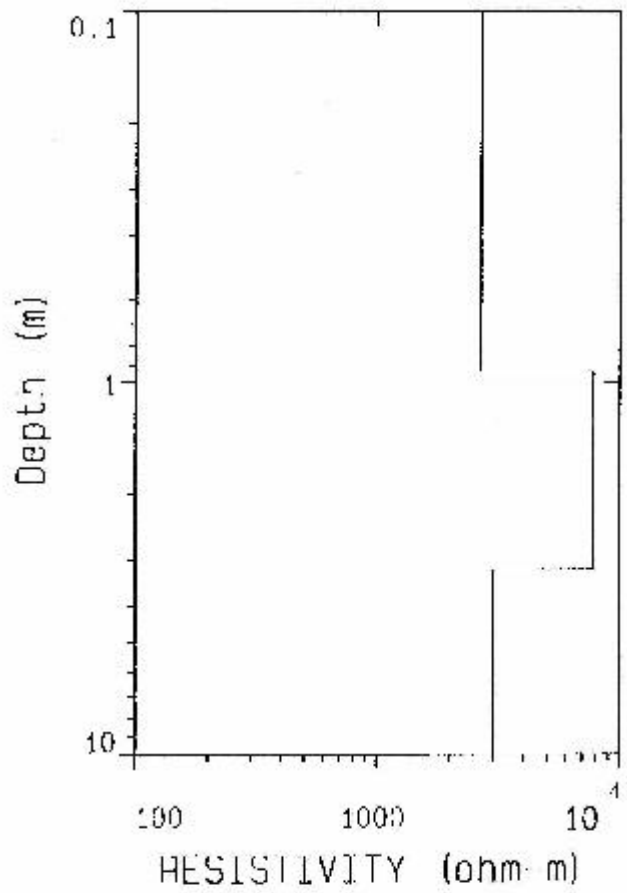


FIGURA 10

ZONA 2	PROSPECCION GEOFISICA
ETSI Industriales y de Minas	CASTRO DE ELVINA LA CORUNA
Data Set: SEV-08 / Date: AGOSTO 02	
Equipment: DASI / Sounding: 3	Azimuth: 70

sobre el piso de roca de dos cabañas castreñas excavadas en campañas pasadas, con dispositivo Schlumberger y distancia AB máxima de 20 metros (SEV-2A). Los resultados obtenidos se recogen en la Figura 9, Tabla 3 y Anexo 1.

SEV - 2A				
NIVEL GEOELÉCTRICO	RESISTIVIDAD (Ohmio·metro)	PROFUNDIDAD (metros)	ESPESOR (metros)	ASIGNACION LITOLÓGICA
1	12.127	3,2	3,2	Sustrato rocoso
2	725	-	-	

TABLA 3. Resultados del SEV-2A en la zona 2

Acto seguido se realizó un tercer SEV en la parte oriental de la zona 2 con dispositivo Schlumberger y distancia AB máxima de 50 m (SEV-2B), obteniéndose los resultados que se indican en de la Figura 10, Tabla 4 y Anexo 1.

SEV - 2B				
NIVEL GEOELÉCTRICO	RESISTIVIDAD (Ohmio·metro)	PROFUNDIDAD (metros)	ESPESOR (metros)	ASIGNACION LITOLÓGICA
1	2.650	0,9	0,9	Relleno
2	7.791	3,2	2,2	Sustrato rocoso
3	2.994	-	-	-

TABLA 4. Resultados del SEV-2B en la Zona 2

A la vista de los resultados de estas tres pruebas se puede observar que los valores de resistividad esperables en el relleno de naturaleza arcillosa son de unos 2.200-2.600 ohmio·m, bastante inferiores a la resistividad del sustrato rocoso, que es mucho más alta (7.800-12.200 ohmio·m).

Por último para confirmar las distancias interrelectródicas a emplear y definir el paso o distancia entre las medidas más adecuado, se realizaron tres calicatas eléctricas (CE) con varias distancias interrelectródicas de 0,5, 1 y 2 m y paso de 0,5 m sobre un mismo perfil coincidente con la traza del SEV-2A, es decir, atravesando dos cabañas castreñas. Las características de estas calicatas se recogen en la Tabla 5.

CE	DISPOSITIVO	PASO (m)
1	A-0.5-M-0.5-N-0.5-B	0,5
2	A-1-M-1-N-1-B	0,5
3	A-2-M-2-N-2-B	0,5

TABLA 5. Características de CE-1, 2 y 3 en la Zona 2

Los perfiles de resistividad obtenidos se reflejan en la Figura 11. En dicha figura se ha situado la posición de dos muros de las cabañas castreñas construidos con piedras

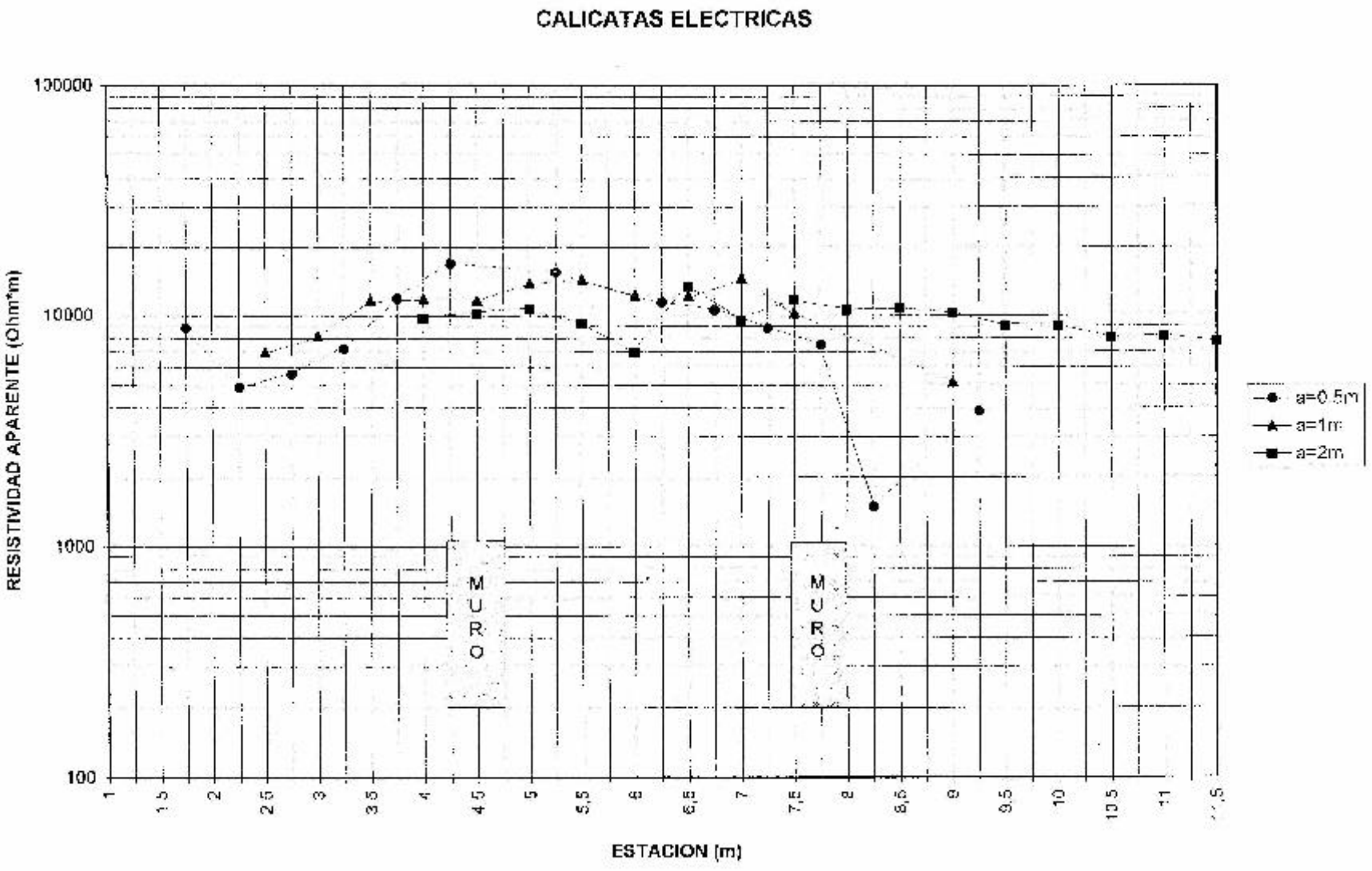

CALICATAS ELECTRICAS
RESISTIVIDAD APARENTE (Ohm*m)
100000
10000
1000
100
ESTACION (m)
MURO
MURO
a=0.5m
a=1m
a=2m

Figura 11

FOTO 6

FOTO 7

sueltas que cortaban el perfil, ubicados directamente sobre unos lisos del sustrato. Las Fotos 6 y 7 muestran la posición del perfil (línea roja) antes y después de la limpieza a la que fueron sometidas las cabañas, apreciándose perfectamente la posición de los dos muros, especialmente después de eliminar los restos de vegetación. Las medidas se iniciaron por el extremo más alejado, junto al muro del fondo, que corresponde al extremo izquierdo de la Figura 11. Los resultados obtenidos indican que, en las tres CE, las resistividades aparentes coinciden con los valores del sustrato rocoso (de 4.000 a 11.000 ohmios^{A}metro), que es precisamente la roca sobre la que se sitúa el perfil realizado, excepto en el tramo final de los perfiles donde las resistividades disminuyen notablemente coincidiendo con una zona que presentaba mayor espesor de relleno.

Llama la atención que en los tres perfiles se observa un ligero aumento de los valores de resistividad en el paso por los muros de las cabañas, especialmente visible en el primero de ellos. Esto podría indicar que, comparativamente, la resistividad de los muros de roca suelta es algo mayor que la del propio sustrato rocoso. Esta circunstancia puede ser un criterio a manejar localmente para la correlación entre anomalías. El fenómeno se puede atribuir, quizás, a que en el caso de los muros, sin argamasa y con espacios libres entre las piedras, la corriente siempre circula por roca (por los vacíos no puede), mientras que en el caso del sustrato, la corriente podría circular por el contacto roca/relleno, obteniéndose valores menores de la resistividad debido a la influencia de éste (Figura 12).

Para concluir, se puede resumir el resultado de estas pruebas en lo siguiente:

- Las resistividades de suelo y roca son muy distintas, siendo de 2.200 a 2.700 ohmio^{A}m en el primer caso y .de 7.800 a 12.200 en el segundo, aunque estos intervalos resultarían mayores una vez prospectadas las zonas.

- Las distancias inter electródicas a emplear serían de 1 o 2 metros según las zonas, lo que supone un AB de 3 a 6 metros que equivale a una profundidad máxima de investigación de entre 0,6 y 1,2 metros, profundidad que debe corresponder al techo del sustrato rocoso sobre el que se apoyan las estructuras a prospectar. En las zonas en las que se observe una mayor variación de espesores de relleno se tiene prevista la utilización de distintos dispositivos.

- El paso entre medidas sería de un metro, ya que con un paso menor no se mejora apenas la resolución de la anomalía y uno mayor dejaría pasar las estructuras sin detectarlas.

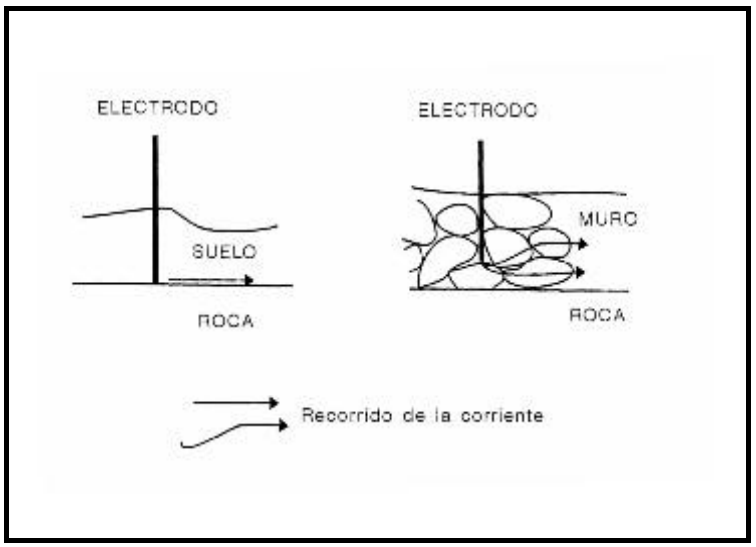


FIGURA 12

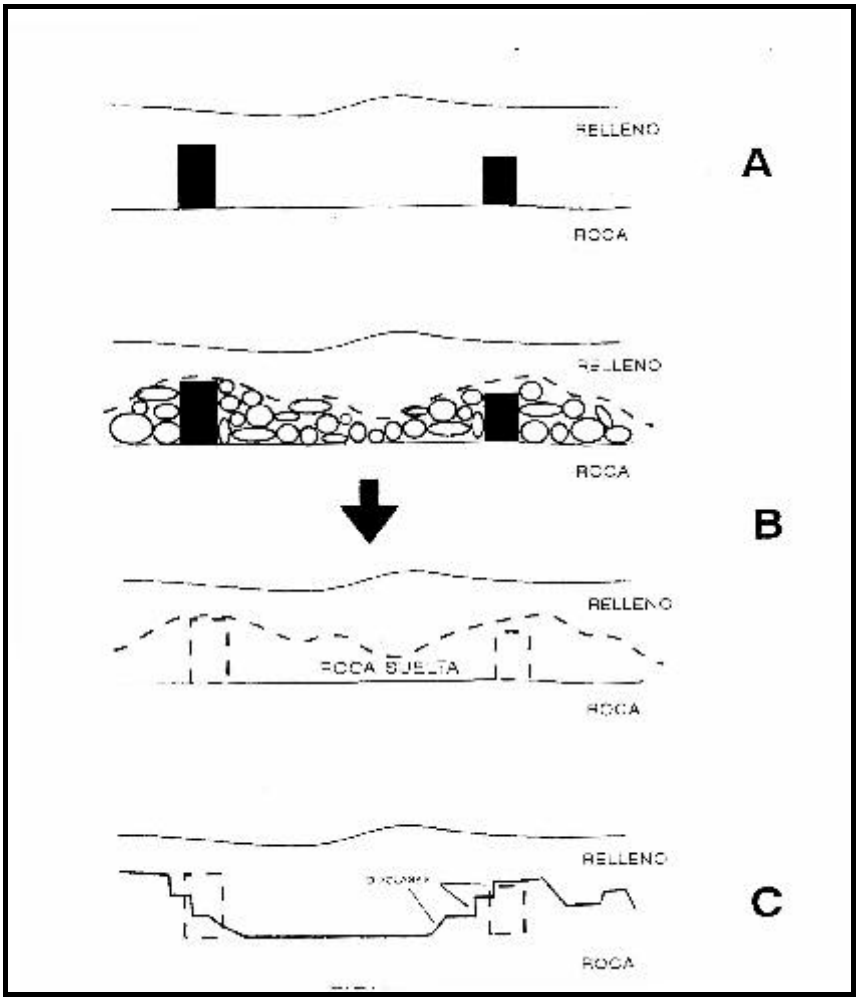


FIGURA 13

5.5. NATURALEZA DE LAS ESTRUCTURAS A PROSPECTAR

Las estructuras a prospectar en el castro de Elviña consisten básicamente en muros y murallas de piedra sin consolidar con aglomerante alguno. Ejemplos de muros excavados pueden verse en la Foto 8, que muestra dos tipos de distinto grosor y forma. Por su parte, las murallas son muros de piedra de mayores dimensiones que los anteriores. Su elevado espesor obliga a que el espacio entre las caras libres haya sido rellenado con piedras sueltas. Estas caras, en donde han sido excavadas, están bien perfiladas. La Foto 9 muestra la cara interna de un lienzo de muralla que ha sido parcialmente liberada de derrubios. Su aspecto en la parte externa puede apreciarse en la Foto 10, que también da idea del material de relleno que conforma el grueso de la muralla. En ambas fotos son evidentes los derrumbes y derrubios prevenientes de la propia estructura, que originan un grueso cordón de piedra suelta a ambos lados de su eje longitudinal que delata, sin duda, su presencia incluso antes de ser excavada.

Para el óptimo funcionamiento del sistema de prospección geofísico sería ideal que los muros se encontraran en pié, liberados de residuos y derrumbes, y enterrados en relleno arcilloso (Figura 13A). En esta situación, el contraste de resistividades y, posiblemente, de propiedades magnéticas, sería suficientemente fuerte como para que los equipos detectaran sin problema la presencia de los distintos medios. Lamentablemente la realidad es otra, pues los muros se encuentran enmascarados por derrubios (Figura 13B, parte superior), como puede apreciarse claramente en murallas (Foto 9) o cabañas (Foto 11). Cuando esto ocurre, lo que los equipos geofísicos detectarían en todo caso son tres medios superpuestos: un relleno superficial, un nivel de roca suelta y, debajo, el sustrato rocoso (Figura 13B, parte inferior). Sin embargo, como las propiedades de las rocas sueltas y del sustrato son similares, puesto que aquellas derivan de éste, el contraste es mínimo, y sólo se han detectado ligeras diferencias localmente en algunos puntos, como ya ha sido comentado con anterioridad.

La Foto 12 permite incidir más sobre esta cuestión. Si se midiera un perfil geofísico por la línea indicada en la foto, el muro que tan claramente aparece en ella sólo sería detectable si la parte excavada de la izquierda estuviera ocupada por relleno arcilloso; la parte derecha, con abundantes piedras sueltas, apenas contrastaría geofísicamente del muro y, desde este punto de vista, formaría una unidad con él. Algo similar ocurriría en la zona representada por la Foto 13. En esta vista parcial de un sondeo arqueológico se han resaltado con líneas discontinuas el límite interno de la muralla existente (a la izquierda) y un muro de menor entidad próximo a ella (a la derecha). Entre y sobre ambas estructuras se acumulan derrubios que han sido parcialmente

FOTO 8

FOTO 9

FOTO 10

FOTO 11

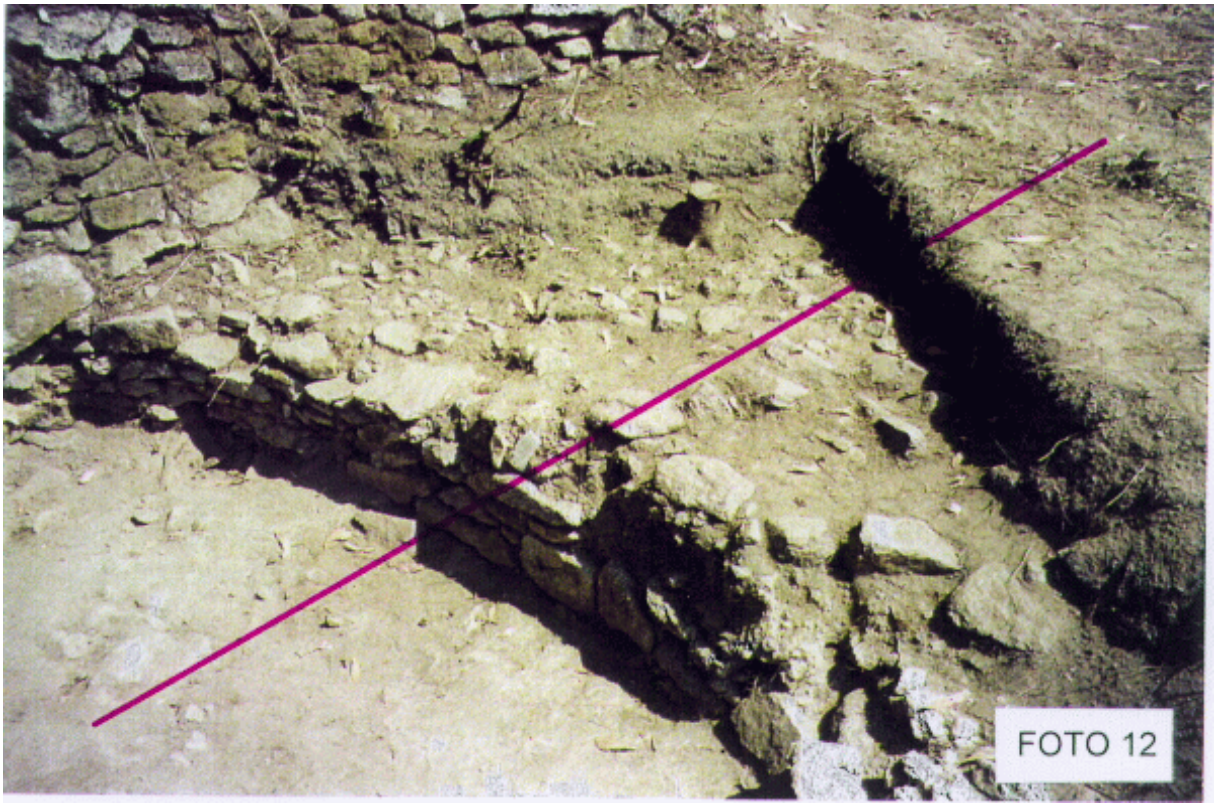


FOTO 12

FOTO 13

eliminados por la excavación. Esta ordenación presente en el interior del cordón de piedra que engloba a ambos muros no puede ser apreciada por los métodos geofísicos (excepto si los muros tuvieran propiedades distintas del resto de las piedras), que solo detectarían la acumulación en su conjunto por ser el material enteramente de la misma naturaleza.

Otro factor a considerar es la presencia de diaclasas (fracturas sin desplazamiento de la roca) en el sustrato próximo a la superficie. Cuando la configuración del subsuelo adopta la disposición de la Figura 13C, el modelo geofísico obtenido a partir de las medidas de campo puede ser equivalente al logrado a partir de los muros de la Figura 13A algo derrubiados, lo que induce a confusión a la hora de interpretar los resultados de las pruebas.

5.6. RESULTADOS DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

A continuación se presentan los resultados de la prospección geofísica de las nueve áreas prospectadas.

El método de representación elegido ha sido el de isolíneas con bandas a color, debido a que permite visionar con facilidad las anomalías. En cada figura se han incluido las correspondientes escalas gráfica y de colores. Debe advertirse que la gama de colores utilizada es arbitraria y, por tanto, cada color no está indisolublemente ligado a un rango de valores determinado de la propiedad medida (resistividad, conductividad y valor del campo magnético). Por tanto, las equivalencias color/valor son válidas exclusivamente para cada figura.

En todos los gráficos se ha representado con triángulos la situación de las estacas de posicionamiento dejadas en el campo como referencia. No se han ubicado los puntos de medida, para mejor apreciación de las bandas de colores y de las potenciales anomalías.

Las figuras que resumen los resultados de la prospección geofísica se han denominado mediante un código en el que el primer número indica el de la zona, seguido por dos letras que remiten al método de prospección utilizado (EL: eléctrico; EM: electromagnético; MG: magnético), y un número de orden (1, 2...). Todas las zonas están posicionadas en la Figura 6.

Las figuras se han agrupado juntas al final del informe.

En cuanto a la localización en estas figuras de los puntos o áreas referenciadas en el texto,

se ha empleado una notación basada en las coordenadas locales en donde se sitúan. El orden es siempre X/Y (la barra inclinada separa siempre X de Y); cuando la referencia es un punto, cada coordenada es un simple valor numérico (12/15, que significa X=12, Y=15); si la referencia es de un área, se emplean las coordenadas X e Y de los valores límite de los extremos de la misma, separadas por un guión (1-5/3-8, que significa X=1 a 5, Y=3 a 8).

5.6.1. Zona 1

La zona 1 se sitúa fuera del perímetro actualmente definido como límite del castro. Su prospección se debe al hecho de que en ella estaba previsto inicialmente instalar el campamento base de los trabajos de campo de 2002, aunque luego se montó en otro lugar.

Esta zona es una pequeña planicie (Foto 14) de unos 40x16 m formada por un relleno de tierra apilado sobre una ladera que está contenido por un muro de piedras paralelo muy próximo al eje de abscisas (X) de los gráficos. El espesor del relleno aumenta con la ordenada Y.

El terreno presenta abundantes restos metálicos recientes al estar ubicada a la vera de un camino que es lugar de paso. En ella está también colocada una caseta de obra metálica (Foto 14) que se usa habitualmente como vestuario y comedor por algunos obreros de las excavaciones arqueológicas.

Los registros efectuados en la zona 1 han sido de tres tipos: eléctrico con dispositivo Wenner a 2 m, electromagnético y magnético. Los resultados obtenidos están representados en las Figuras 1-EL-1, 1-EM -1 y 1-MG-1.

Del análisis del registro de resistividades se deduce que todas las medidas están en el rango de lo que se considera relleno. Las áreas de mayor resistividad corresponden posiblemente a afloramientos de piedra bajo el relleno (en la parte superior e izquierda de la Figura 1-EL-1), y a piedras sueltas del muro o afloramientos existentes en la banda inferior izquierda.

El mapa electromagnético (Figura 1-EM-1) muestra anomalías en la parte superior, aproximadamente en una banda que franquea el lado derecho del camino, cuya traza limita los registros por la parte superior. Estas anomalías se deben a restos metálicos recientes en la superficie o enterrados a pequeña profundidad, sin interés

FOTO 14

FOTO 15

FOTO 16

arqueológico.

La mayor parte de ellos puede identificarse también en el registro magnético (Figura 1-MG-1). Así ocurre con los localizados en las coordenadas X/Y de valor 16/12, 20-26/14-16, 0-1/8-9 y 33-40/10-16. La gran anomalía magnética de la esquina inferior derecha es debida a la presencia de la caseta metálica, cuya fuerza enmascara a la electromagnética situada en 33/2 (Figura 1-EM-1). Tan sólo el pico puntual de coordenadas 44/15 no tiene una clara correspondencia en el mapa electromagnético.

En conclusión, en esta zona se ha detectado básicamente material de relleno, en algunas áreas posiblemente en relación con rocas pseudoaflorantes in situ o piedras sueltas del muro que limita la terraza. El material magnético se reduce, salvo en un punto, a distintos restos recientes de diversos tipos con disposición puntual en el entorno del camino que atraviesa dicha zona.

5.6.2. Zona 2

La zona 2 ocupa un área aproximadamente rectangular de 64x30 m. Está dividida transversalmente por un muro de piedra reciente, por encima del cual no ha sido posible prospectar. Por esta razón, el muro ha sido utilizado para delimitar dos subzonas: 2a, al oeste (Foto 15) y 2b al este (Foto 16). La planta general de esta zona se puede apreciar en la Figura 2-EL-1.

La zona 2 es atravesada por dos líneas eléctricas. Una, de media tensión, la cruza por el extremo oriental (Foto 16), mientras que la segunda, de alta tensión, lo hace aproximadamente por su punto medio (Foto 17), en dirección a una torre de apoyo metálica situada en la cumbre del cerro que alberga el castro.

En el terreno aflora la roca y, en algunos puntos, también piedras sueltas.

Los registros efectuados han sido el eléctrico con dispositivo Wenner a 2 m, el electromagnético y el magnético.

Las subzonas 2a y 2b tienen un comportamiento geofísico bastante diferente. Desde el punto de vista eléctrico, la Figura 2-EL-1 muestra claramente esta característica. La subzona 2a está compuesta fundamentalmente por materiales muy resistivos mientras que en la 2b se detecta la presencia de una banda resistiva intercalada en terreno poco resistivo. Un detalle ampliado de estas subzonas se muestra en las Figuras 2-EL-2 y 2-EL-3.

Los resultados de la prospección electromagnética se presentan en la Figura 2-EM-1: en ella se aprecia un marcado bandeado. Las mayores anomalías se encuentran bajo la traza de la línea eléctrica de media tensión, aunque probablemente no tienen que ver con ella, dado su tamaño restringido. En la zona 2 la influencia de los conductores aéreos condicionó sobremanera el uso del conductivímetro, el cual, afectado por los campos electromagnéticos inducidos por ellos apenas pudo tararse como es preceptivo en este tipo de aparatos. Por ello, a partir de X=24 se decidió suspender la prospección. Los resultados de las mediciones electromagnéticas hasta ese momento muestran pequeñas y débiles anomalías, excepto en 59-60/24, aunque no es demasiado fuerte. El tratamiento de la señal por filtrado no ha añadido nada reseñable. Por lo dicho, el interés del registro en esta zona es relativo.

Los resultados de la prospección magnética (Figura 2-MG-1) también muestran diferencias notables entre las subzonas 2a y 2b. En la primera hay anomalías puntuales mientras que en la segunda hay un modelo más complejo. En la subzona 2a llama la atención una alineación entre 49/13 y 55/19 que posiblemente corresponda a algún rasgo geológico del subsuelo. Una segunda alineación a lo largo de X=2-3 es artificial. En 56/4, coincidiendo con una oquedad del terreno, con roca aflorante, existe un mínimo magnético, al igual que en 35/0-8, en muy probable relación con la presencia de afloramientos pequeños y dispersos de roca. En la subzona 2b se encuentra una gran anomalía entre 29-33/16-30 que se corresponde con un área de elevada resistividad (roca previsiblemente). Paralela a ella también es mínimo el campo magnético en 23-25/21-29. Junto con 26-27/20 podría pensarse que vienen a constituir un recinto rectangular de 7x11m. Otras anomalías que pueden ser de interés son las situadas en X=4-6, 12/27, 21-23/12 y 24-28/7-10. Algunas de ellas está relacionadas con afloramientos de roca. De los resultados de esta prospección en la zona 2 se deduce que existen rocas con distinto comportamiento magnético, localmente identificadas por mínimos.

Para interpretar estos resultados se han buscado modelos geométricos de isolíneas que puedan haber sido originados por estructuras arqueológicas del tipo indicado en la Figura 13A . Empezando por la subzona 2a puede verse que aparecen dos de ellos en 49-51/15 y 44-45/19. En ambos casos, un área resistiva (roca) rodea a otra menos resistiva (relleno), lo que es favorable. Sin embargo, sus dimensiones y la presencia de afloramientos rocosos en sus inmediaciones inducen a pensar que más bien se trata de estructuras del tipo C de la Figura 13 o, alternativamente, corresponden a senos o depresiones de la roca en las que el relleno es más potente. Son, no obstante, una posibilidad. En esta misma subzona, la anomalía 56/4, a pesar de su pequeño tamaño, podría tener algún interés. La banda magnética situada en 35/0-8 parece que

FOTO 17

FOTO 18

corresponde a la presencia de roca muy próxima al terreno, como sugiere que su continuidad en el mapa de resistividades indica elevados valores de ésta.

Mayor interés tiene la subzona 2b. En ella es claramente apreciable una banda curva de elevada resistividad enmarcada por terrenos mucho menos resistivos (Figura 2-EL-4). La presencia de esta banda, previsiblemente de roca o piedras sueltas (ambas afloran en sus inmediaciones) es confirmada por anomalías magnéticas en algunos puntos. Por el oeste, esta estructura parece que termina apoyándose o adosándose a la roca, según un modelo visto en otras partes del castro. Su continuidad por el otro extremo se pierde debido a la presencia de muros, caminos y desmontes que han alterado fuertemente la morfología del terreno. Llama la atención que el teórico muro que constituye el límite meridional de esta zona 2, con un importante desnivel (Foto 17), apenas muestra piedras sueltas en sus inmediaciones, a diferencia de lo que es habitual en otros lugares de similar configuración en el castro. Cabe hacerse, pues, la pregunta de si esta banda es un resto de muralla que ha sido denudada y recubierta por derrubios y rellenos posteriores los cuales, finalmente, han conformado el talud actual de la terraza. Sea como fuere, esta estructura presenta un potencial interés arqueológico.

Al norte de esta banda aparecen tres áreas adosadas a ella, de baja resistividad (previsiblemente relleno), limitadas por estructuras orientadas en la dirección del eje Y, con mayor resistividad. Son respectivamente el extremo izquierdo de la propia banda, las dos situadas en X=11-13 y X=23-24 y, finalmente, en el extremo derecho, una cuarta área de gran resistividad. La estructura completa se ha señalado en trazo discontinuo en la Figura 2-EL-4 y están confirmadas por la prospección magnética, especialmente la más oriental, que es cubierta prácticamente en su totalidad por la gran anomalía magnética de la parte central la Figura 2-MG-1. El tratamiento de las señales eléctrica y magnética mediante filtros que realzan los contrastes y las estructuras lineales (especialmente derivadas según X e Y y segunda derivada), refuerzan esta interpretación.

Otra anomalía que puede ser de interés es la magnética de 24-28/7-10. Queda prácticamente fuera del mapa de resistividades pero su forma, extensión y posible continuidad lateral a la izquierda, hacia la banda (20/12), determinan su interés.

Finalmente indicar que, en determinadas zonas de relleno no comentadas previamente, existen máximos magnéticos (7-12/9-14, 8/28, 14/23-28, etc.) que pudieran tener alguna significación.

En resumen, constituyen anomalías de potencial interés arqueológico:

- La banda resistiva y las estructuras relacionadas con ella (Figura 2-EL-4).
- La anomalía magnética ubicada en 24-28/7-10 (Figura 2-MG-1).
- La anomalía magnética 56/4 (Figura 2-MG-1).
- Los máximos magnéticos en rellenos no incluidos en la relación anterior, como son los ubicados en 7-12/9-14, 8/28, 14/23-28, etc. (Figura 2-MG-1).

5.6.3. Zona 3

La zona 3 tiene forma de L, siendo sus lados mayor y menor de 68x16 m y de 30x16 m respectivamente. Con esta configuración, lo más apropiado ha sido dividirla en dos subzonas 3a (Foto 18) y 3b (Foto 19) que han sido prospectadas independientemente. La planta general puede apreciarse en la Figura 3-EL-1.

En el terreno aflora roca en algunos puntos y también piedras sueltas. El lateral occidental de la subzona 3a está constituido por un muro bastante derrubiado.

Los registros efectuados han sido los siguientes:

- Subzona 3a: Eléctrico con dispositivo Wenner a 1 m y 2 m.
  Electromagnético.
  Magnético.
- Subzona 3b: Eléctrico con dispositivo Wenner a 1 m y Dipolo dipolo a 1 m.
  Electromagnético.
  Magnético.

La Figura 3-EL-1 muestra la integración de la prospección eléctrica con dispositivo Wenner 1 m. La Figura 3-EL-2 presenta los resultados de la prueba eléctrica con Wenner a 2 m en 3a, con penetración superior al anterior. Finalmente la Figura 3-EL-3 contiene las medidas de resistividad obtenidas con el dispositivo Dipolo dipolo en la subzona 3b. Todas ellas coinciden en detectar una banda de elevada resistividad que proviene del muro que limita la subzona 3a (parte inferior de la Figura 3-EL-1), la cual gira bruscamente 90º avanzando hacia la subzona 3b debilitándose progresivamente aunque manteniendo valores de resistividad propios de la roca. Ya en esta subzona, vuelve a girar 90º en dirección al límite meridional de la misma, donde parece entroncar con un posible muro que causa el desnivel existente. La abundante vegetación de este lugar no permite precisar más. Sobre la traza de esta banda existen frecuentes piedras sueltas.

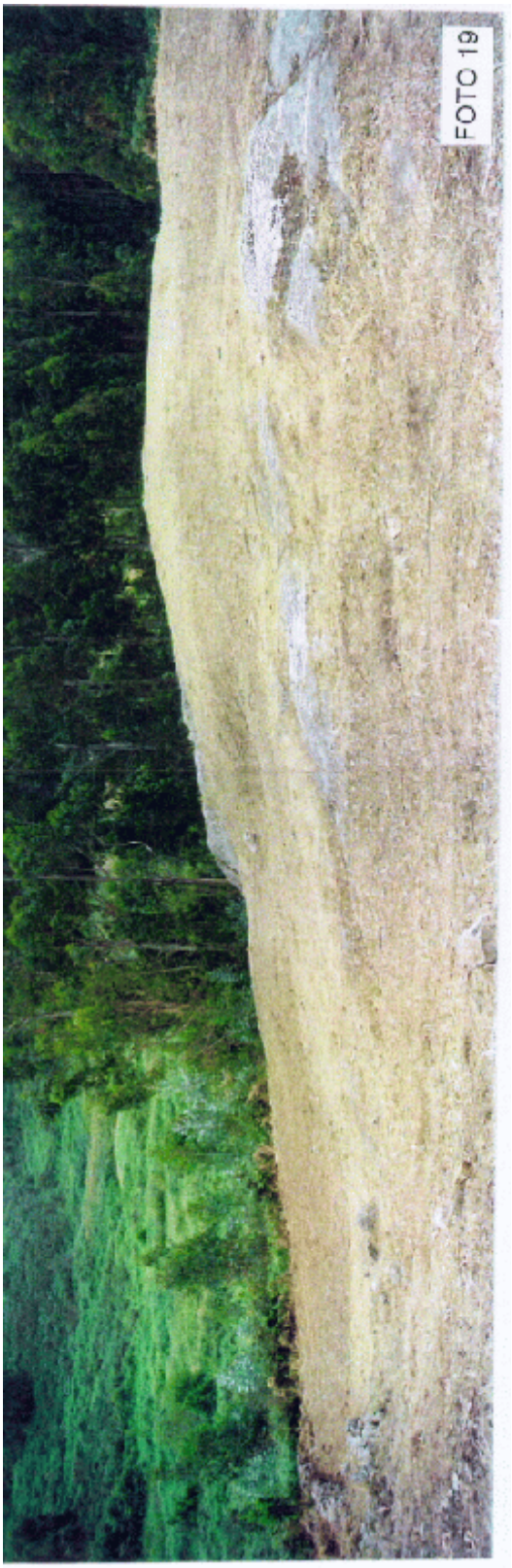


FOTO 19

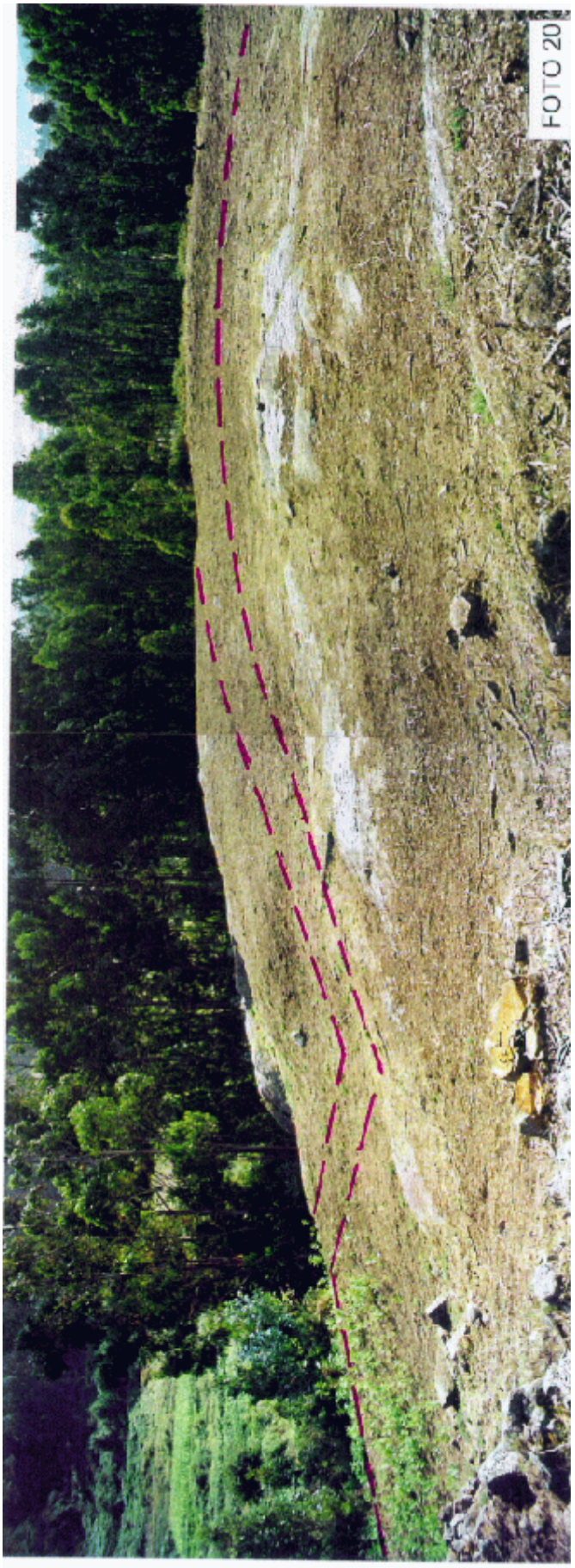


FOTO 20

Los resultados de la prospección electromagnética (Figura 3-EM-1) son bastante pobres habida cuenta del escaso margen de variabilidad de la conductividad del terreno. No se manifiesta la estructura resistiva comentada anteriormente y apenas se detectan anomalías superficiales de restos metálicos recientes.

La prospección magnética ha proporcionado la información que se presenta en la Figura 3-MG-1. De ella se deduce la inexistencia de grandes anomalías; tampoco se identifica suficientemente bien la banda resistiva, aunque parece coincidir, a semejanza de la zona 2, con valores magnéticos reducidos. El filtrado de la señal no aporta mayores precisiones. Lo que si se detectan son pequeñas anomalías puntuales, en algún caso confirmadas por el método electromagnético, lo que indica su carácter superficial. Estas anomalías se sitúan en 29/9, 38/15, 42/3, 43/13, 52-60/8-14, 69/9 y 74/40-48.

Para efectuar la interpretación de esta zona debe tenerse en cuenta que los valores de resistividad en 3a con Wenner a 1 y 2 m corresponden a roca (>5.600 ohmios.metro) por lo que no son esperables rellenos de cierto espesor ni se aprecian estructuras lineales bien delimitadas, salvo la descrita anteriormente. En la subzona 3b los rellenos parecen limitarse a la esquina 76/44, en las inmediaciones del terraplén que la limita por el sur, sin conexión aparente con estructura resistiva alguna.

Por tanto, la única estructura de cierto tamaño de interés arqueológico es la banda de elevada resistividad señalada a trazos discontinuos en la Figura 3-EL-4, y en la Foto 20. Existen, no obstante, otras alineaciones curvilíneas en 3a que han sido identificadas mediante lineas de cruces aunque parecen corresponder, más bien, a rasgos geológicos. Además de ésta, se pueden reseñar pequeñas anomalías magnéticas en 29/9, 38/15, 42/3, 43/13, 52-60/8-14, 69/9 y 74/40-48 (Figura 3-MG-1).

5.6.4. Zona 4

La zona 4 morfológicamente está constituida por una terraza curvilínea de anchura bastante constante y dimensiones aproximadas de 85x15 m (Foto 21). Su planta general puede verse en la Figura 4-EL-1.

El límite exterior, en la parte de mayor curvatura, es la muralla del castro, y el interior, un talud que comunica con las partes altas del cerro. Esta terraza ha sido parcialmente excavada en pasadas campañas arqueológicas por su extremo noreste, labores que han servido para delimitar la prospección geofísica en ese lugar.

FOTO 21

DIACLASAS
FOTO 22

En el terreno afloran piedras sueltas, especialmente hacia el sur, en donde ha habido algún asentamiento reciente, ahora completamente derruido. Hacia el tercio más septentrional, la zona es atravesada por un muro moderno que ha impedido realizar medidas en su entorno inmediato. Se han encontrado restos recientes metálicos.

Los registros efectuados han sido el eléctrico con Wenner a 1 y 2 m, el electromagnético y el magnético.

La prospección eléctrica ha puesto de manifiesto la presencia de roca en la parte interna y en los extremos de la zona, y de relleno en el resto (Figuras 4-EL-1 y 4-EL-2), sin que sean evidentes estructuras que indiquen una continuidad de los restos excavados. Una posibilidad puede ser la estructura que está centrada entre las cuatro estacas en 80-85/6-12, que configuraría un modelo tipo A ó B de los definidos en la Figura 13. Esta estructura se aprecia mejor con Wenner a 1 m ya que se difumina a mayor profundidad, con Wenner a 2 m. Aplicados los filtros, la derivada sobre X y, sobre todo, el residual o segunda derivada, resaltan una serie de estructuras que habían permanecido sin revelar. Así, la Figura 4-EL-3, que muestra los resultados de aplicar el filtro residual a los dos registros de resistividad obtenidos, permite observar unas alineaciones, prácticamente coincidentes en ambas gráficas, resaltadas con líneas rojas y negras. Estas alineaciones presentan la ventaja de disponerse, bastantes de ellas, en concordancia con las direcciones de los límites de la zona y en conexión con la muralla, hecho éste observado en algún resto excavado en otros lugares del castro.

El registro electromagnético (Figura 4-EM-1) muestra diversas anomalías no siempre respaldadas por el método magnético. No son fuertes. Llama la atención que en el extremo NE, en el mismo lugar en que se sitúa la posible anomalía resistiva, aparezcan unos mínimos de conductividades. Además, puede tener interés la alineación 32-46/26 al coincidir con una anomalía residual. El resto son anomalías puntuales de restos metálicos superficiales sin aparente interés.

El campo magnético se presenta relativamente uniforme en toda la zona (Figura 4-MG-1) con excepción de algunos mínimos, algunos de ellos en relación con afloramientos de roca. Aparece también un bandeado próximo a la muralla bastante en concordancia con las alineaciones residuales. Por el contrario, no se detecta respuesta alguna de la posible anomalía resistiva.

Desde el punto de vista de la interpretación, esta zona despertaba grandes expectativas ya, en su prolongación hacia el norte, las excavaciones pusieron de manifiesto un intenso

grado de ocupación humana a escasa distancia de la prospección. A partir de los mapas residuales se pueden establecer direcciones en las que existen alineaciones bien definidas, que se aprecian sobre todo en el registro más profundo (Wenner 2 m). De esta forma se definieron dos posibles anomalías A y B (Figura 4-EL-3) que tuvieron la posibilidad de ser excavadas.

Un sondeo arqueológico atravesó la estructura A, mostrando que no existía habitáculo alguno (Foto 22) y que el modelo resistivo obedecía claramente al tipo C de la Figura 13. A partir de él se dedujo que, posiblemente, una buena parte de las alineaciones residuales estaba producida por la red de diaclasas (fracturas) que afectaba al macizo rocoso, produciendo en él senos y huecos, posteriormente rellenados, de equívoca interpretación. La anomalía de resistividades del extremo noreste coincide con la correspondiente B residual. A la finalización de la campaña geofísica de campo, dicho lugar estaba siendo excavado, sin que se hubiera llegado a contactar con roca o muro alguno en relación con el presunto resto. Sin embargo, el hecho de que la anomalía se oriente según la dirección del diaclasado no es buen augurio.

A la izquierda de la anomalía A existe una amplia zona entre X=12 y 55, con una marcada orientación (Figura 4-EL-3), que es corroborada en alguna de sus partes por los registros electromagnético y eléctrico. Tales estructuras, de dirección distinta de la del diaclasado, excepto en el extremo occidental, podría tener un potencial interés.

En conclusión, se consideran de interés la estructura B y las alineaciones comprendidas en 12-55/18-26 Figuras 4-EL-3 y 4-MG-1.

5.6.5. Zona 5

La zona 5 ocupa una terraza casi rectangular cuyas dimensiones máximas son de 64x30 m (Foto 23). Los límites occidental y septentrional están constituidos por una muralla de piedra, mientras que el oriental es un talud con piedras derrubiadas provenientes de una muralla situada en lo alto del mismo (Foto 10). El talud restante, orientado al sur, parece estar formado por afloramientos y subafloramientos de roca recubiertos por un relleno de escasa potencia. La planta general de la zona 5 se puede apreciar en la Figura 5-MG-1.

El terreno presenta un gran afloramiento de roca en su parte central, muy posiblemente en conexión muy poco profunda con los afloramientos del talud sur. En las proximidades de las murallas existen piedras sueltas, especialmente en el extremo norte.

FOTO23

FOTO 24

Los registros efectuados han sido el eléctrico con dispositivo Twin con los electrodos a 1 m, el electromagnético y el magnético.

La prospección eléctrica ha presentado dos dificultades que han sido la abundante presencia de roca aflorante en la terraza, y la mala conexión eléctrica proporcionada por el terreno. Efectivamente, el posicionamiento de los electrodos fijos (B, N) a más de 30 m de distancia de los móviles (A,M) ha habido que tantearlo en numerosas ubicaciones ya que el terreno no era capaz de conducir la corriente y, por tanto, el circuito permanecía abierto. El mapa de resistividades (Figura 5-EL-1) muestra que la mayor parte de la zona tiene valores superiores a 4.700 ohmio.metro, que están ya en el rango asignado a las rocas. Por lo dicho anteriormente, los rellenos deben ser de escasa entidad y no conforman estructura arqueológica evidente. La mancha resistiva de 23/20 corresponde a un afloramiento de roca; la aún mayor de 4-12/4-18 debe haber sido originada por subafloramientos de la misma roca, que asoma en algunos lugares del talud meridional, muy próximos a la cabeza del mismo. Ambas zonas resistivas tienen el mismo modelo magnético, luego la roca tiene continuidad por el subsuelo a muy escasa profundidad. En estas condiciones, el espacio entre ellas debe ser muy probablemente un seno natural sin interés arqueológico. El filtrado de la señal eléctrica no ha aportado nada significativo.

El reconocimiento electromagnético (Figura 5-EM-1) apenas tiene utilidad ya que los resultados obtenidos casi no varían de unos puntos a otros: la conductividad es muy constante, moviéndose dentro de un margen de un milisiemens/metro. Por lo dicho, no se manifiesta anomalía alguna.

El campo magnético (Figura 5-MG-1) se mueve también dentro de un pequeño rango de variación, aunque se pueden reseñar cuatro máximos en 8/2, 30/4, 58-64/5 y 62-66/8-16, el segundo de los cuales está relacionado con un objeto metálico superficial. No se observan estructuras ni el filtrado ha conseguido mejorar la calidad de la información.

Desde el punto de vista interpretativo, por tanto, sólo reseñar las citadas tres anomalías magnéticas ubicadas en 8/2, 58-64/5 y 62-66/8-16.

5.6.6. Zona 6

La zona 6 está formada por un terreno rectangular de dimensiones aproximadas 36x8 m situado en la parte alta del castro (Foto 24).

Está limitado por dos de sus lados (oeste y sur) por sendos muros recientes de piedra,

bastante derruidos, parte de cuyos cantos se encuentran desparramados por las inmediaciones. Los otros dos lados limitan con taludes que bajan a la zona 4, ocasionalmente formados por roca aflorante, que también se presenta en el terreno prospectado.

Los registros efectuados han sido el eléctrico con dispositivos Wenner a 2 m (Figura 6-EL-1) y Dipolo dipolo a 1 m (Figura 6-EL-2), y el magnético (Figura 6-MG-1).

La prospección eléctrica muestra, a las dos profundidades registradas, la presencia de roca en la parte izquierda y en las inmediaciones del talud, coincidente con sus afloramientos. En la parte central de la zona se detecta un amplio mínimo de resistividades que, a escasa profundidad (Dipolo) está relativamente estructurado mientras que esta ordenación se diluye a mayor profundidad (Wenner). El filtrado de la señal no ha supuesto mejora de la calidad de la respuesta.

Por otro lado, la prospección magnética apenas permite corroborar esta estructura en la parte izquierda de la misma. La gran anomalía en la esquina superior derecha de la Figura 6-MG-1 se debe a la presencia de un hito topográfico metálico clavado en el suelo. La ubicación de los mínimos magnéticos coincide con afloramientos de roca o piedras sueltas, excepción hecha de la anomalía 22/7 de aquella figura, que parece situarse en relleno. El tratamiento informático no ha mejorado la delineación de estas posibles anomalías.

En conclusión, desde el punto de vista interpretativo no se aprecia ordenación alguna que invite a suponer la existencia de restos arqueológicos de interés. Con todas las reservas se llama la atención sobre el mínimo resistivo existente en la parte central del terreno (a trazos en la Figura 6-EL-2) que, posiblemente, esté causado por una estructura tipo C de la Figura 13, ya que la roca aflora por tres de sus lados.

5.6.7. Zona 7

Esta zona ocupa la parte superior del castro, rodeando por dos lados la torre metálica de alta tensión que está ubicada en ella (Foto 1). Existe, además, una segunda torre de hormigón, de media tensión (Foto 25), pero queda ligeramente fuera del perímetro de la zona, inmediatamente al este de la misma.

La torre de alta tensión ha dado lugar a una gran anomalía magnética mientras que los cables de las dos líneas han interferido en el registro electromagnético de tal modo que no se ha podido realizar. Por tanto, el único registro válido para la interpretación ha sido

el eléctrico.

La zona presenta afloramientos de piedra y numerosas piedras sueltas, especialmente en los extremos septentrional y occidental. En éste último, y fuera pero prácticamente anexa a la zona prospectada, existe una estructura excavada que la vegetación y los derrumbes apenas dejan ver.

Los registros geofísicos realizados han sido el eléctrico con Twin a 1 m y el magnético.

Los resultados de la prospección eléctrica (Figura 7-EL-1) muestran unos valores de resistividad en el rango de roca en casi toda la zona, aunque los restos de piedras sueltas se encuentran especialmente en lugares de resistividades en torno a 6.500-6.700 ohmios.metro. En este sentido se destacan la presencia de una banda en la esquina superior izquierda, y el neto contraste de resistividades que marcan los valores citados (en amarillo) respecto de los que están por encima y por debajo de ellos. Estos últimos, por otra parte, aparentemente están estructurados a lo largo y ancho de toda la zona.

La prospección magnética (Figura 7-MG-1) proporciona un modelo en el que la torre metálica de alta tensión, situada en 24/28, da lugar a una gran anomalía caracterizada por un máximo (apenas visible) y un mínimo, con aureolas de influencia que enmascaran cualquier otra anomalía, excepción hecha en 7/16.

Desde el punto de vista interpretativo puede tener interés la banda resistiva curvada que corre desde 5/26 a 11/34 en dirección al resto arqueológico excavado (Figura 7-EL-2). No se sabe la importancia que pueda tener, a pesar de su geometría un tanto artificial, la banda amarilla que revela tan nítidamente el contraste de resistividades de 6.500-6.700 ohmios.metro, caracterizada por la presencia de roca suelta en sus proximidades. Ambas estructuras han sido representadas en negro en la figura mencionada. Otra anomalía a reseñar es la magnética en 7/16, que debe corresponder a un resto metálico, posiblemente reciente, de los cuales se encontraron varios sobre el suelo.

5.6.8. Zona 8

La zona 8 constituye una banda de terreno que abarca desde el pie de la torre de alta tensión de la parte superior del castro hasta la muralla situada al oeste de la misma que sirve de límite oriental a la zona 5 (Foto 26). Sus dimensiones aproximadas son 40x14 m. Es la única que presenta una pendiente continua de cierta entidad (hacia el oeste).

En esta zona son válidas las consideraciones hechas en la zona 7 acerca de la influencia perturbadora de la torre eléctrica y los cables de la línea de alta tensión.

En el terreno afloran tanto piedras sueltas como roca in situ, especialmente en la mitad occidental.

Los registros efectuados han sido el eléctrico con dispositivo Twin a 1 m y el magnético.

Los resultados de la prospección eléctrica (Figura 8-EL-1) apenas permiten vislumbrar estructuras arqueológicas claras, correspondiendo las mayores resistividades a lugares con piedras sueltas. Hacia la parte derecha de la figura se aprecia una zona de menor resistividad que, localmente, aparenta ser relleno. La aplicación de filtros no ha aportado nada relevante.

El mapa magnético (Figura 8-MG-1) muestra la influencia que supone la presencia de la gran torre metálica, que afecta a la mitad de la zona más próxima a ella. Anulados artificialmente los valores magnéticos más cercanos a la torre, se mejora la definición (Figura 8-MG-2), realzándose lo que en la Figura 8-MG-1 apenas se llega a vislumbrar. De todas formas, tampoco se evidencian estructuras, aunque si algunas anomalías locales con mínimos que están en relación con afloramientos de piedra o piedras sueltas. El máximo de 9/13 muy posiblemente corresponda al resto de un hogar reciente, semienterrado, construido con piedras sueltas. Los máximos en 6/18, 15/19 y 20/19 están cerca de un muro y deben señalizar la presencia de restos metálicos.

En cuanto a la presencia de potenciales restos arqueológicos, reseñar que las elevadas resistividades del extremo occidental (X=5-6) se deben a derrubios de la muralla, como se aprecia en la Foto 13. En ella incluso se ven dos estacas de posicionamiento de los perfiles geofísicos. Estos derrubios enmascaran la cara libre de la muralla y un muro de menor entidad que son indetectables por geofísica al estar completamente recubiertos y rodeados por rocas sueltas de similares características y, por tanto, no existir contraste de resistividades. Se ignora si la banda resistiva entre X=5 y X=12, cuyo límite oriental a la altura de X=12 parece que marca un sutil cambio magnético, se debe a algo distinto que la acumulación de derrubios de la muralla. También se llama la atención sobre la aparente estructura resistiva alineada en ángulo recto que pasa por 38/2, 32/6 y 36/12 (Figura 8-EL-2). Desde el punto de vista magnético, las únicas anomalías reseñables son las ubicadas en 6/18, 15/19 y 20/19.

5.6.9. Zona 9

Se sitúa entre las zonas 6 y 7 ocupando un terreno rectangular de 17x22 m (Foto 27).

La zona está delimitada por tres muros recientes de piedra. Hasta el comienzo de las actuales excavaciones, esta zona albergaba un campamento de indigentes que han dejado abundantes restos de su paso.

Numerosos cantos sueltos se encuentran repartidos por la mayor parte de la superficie, lo que ha impedido efectuar la prospección eléctrica debido a dificultades para posicionar los electrodos. La presencia de cables de alta y media tensión tampoco ha aconsejado realizar las medidas electromagnéticas. Por ello, el único registro ha sido el magnético (Figura 9-MG-1).

Como por otra parte era de prever, la presencia humana reciente ha generado abundantes restos metálicos que es lo que, básicamente, ha detectado el magnetómetro. Sin embargo, por no pecar de imprudentes, se deja una puerta abierta a la posibilidad de que estas anomalías se deban a restos magnéticos antiguos aunque, la rareza de este tipo de material en el resto de terrazas del castro, no debe hacer concebir demasiadas esperanzas. En este sentido llama la atención la serie de cuatro máximos que, alineados a lo largo de unos 8 m, se han detectado en 10-18/18-23, en la esquina superior derecha que está ocupada por terreno con abundante roca suelta. Los máximos de la zona central corresponden a hogares que son perfectamente identificables en el propio terreno. El máximo en 16/14 se ignora a qué se debe. El resto de máximos está causado por basura metálica superficial. Los mínimos coinciden con la presencia de piedra suelta, en los muros o sobre el terreno. En ningún caso el empleo de filtros ha permitido clarificar la naturaleza o geometría de los elementos más y menos magnéticos.

En conclusión, en esta zona 9 existen abundantes anomalías magnéticas muy posiblemente originadas por los muros limitantes, las abundantes piedras sueltas en la superficie del terreno y la basura metálica reciente, aunque no debe descartarse la presencia de restos más antiguos en 10-18/18-23 y 16/14.

FOTO 25

FOTO 26

FOTO 27

A N E X O

RESULTADO DE LOS SEV

DATA SET: SEV 1

CLIENT: ZONA 1 DATE: AGOSTO 02
LOCATION: CASTRO DE ELVINA SOUNDING: 1
COUNTY: LA CORUNA AZIMUTH: 90
PROJECT: PROSPECCION GEOFISICA EQUIPMENT: PASI
ELEVATION: 0.00
SOUNDING COORDINATES: X: 0.0000 Y: 0.0000

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR: 5.933 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	LONG. COND. (Siemens)	TRANS. RES. (Ohm-m^2)
			0.0		
1	175.7	0.237	-0.237	0.00133	42.35
2	2266.4	3.56	-3.80	0.00157	8082.9
3	190.5				

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm-m) DATA	RHO-A (ohm-m) SYNTHETIC	DIFFERENCE (percent)
1	1.00	530.4	581.2	-9.57
2	1.50	805.5	780.1	3.15
3	2.00	981.2	938.2	4.38
4	2.50	1164.0	1062.7	8.70
5	3.00	1176.1	1159.0	1.45
6	4.00	1269.7	1282.2	-0.980
7	5.00	1306.1	1332.8	-2.03
8	6.00	1290.9	1330.2	-3.05
9	7.00	1214.9	1290.5	-6.21
10	8.00	1144.8	1226.2	-7.11
11	10.00	1106.5	1061.9	4.03
12	12.50	950.4	848.7	10.70
13	16.00	599.8	605.5	-2.85
14	20.00	396.4	424.8	-7.17
15	25.00	322.3	304.5	5.52
16	32.00	232.0	235.9	-1.64

PARAMETER RESOLUTION MATRIX:
"F" INDICATES FIXED PARAMETER

* ETSI Industriales y de Minas *

DATA SET: SEV-2A

CLIENT: ZONA 2 DATE: AGOSTO 02
LOCATION: CASTRO DE ELVIRA SOUNDING: 2
COUNTY: LA CORUNA AZIMUTH: 310
PROJECT: PROSPECCION GEOFISICA EQUIPMENT: PASI
ELEVATION: 0.00
SOUNDING COORDINATES: X: 0.0000 Y: 0.0000

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR: 3.250 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	LONG. COND. (Siemens)	TRANS. RES. (Ohm-m^2)
			0.0		
1	12127.3	3.23	-3.23	2.664E 04	39181.6
2	725.1				

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm-m) DATA	RHO-A (ohm-m) SYNTHETIC	DIFFERENCE (percent)
1	1.50	12074.2	11902.6	1.42
2	2.00	11980.3	11629.4	2.93
3	2.50	10999.1	11229.3	-2.09
4	3.00	9999.6	10711.5	-7.11
5	4.00	9915.5	9412.3	5.07
6	5.00	7982.8	7949.2	0.420
7	6.00	6483.4	6519.3	-0.553
8	7.00	5182.0	5245.5	-1.23
9	8.00	4209.9	4180.5	0.696

PARAMETER RESOLUTION MATRIX:
"F" INDICATES FIXED PARAMETER

	P 1	P 2	T 1
P 1	1.00		
P 2	-0.01	0.46	
T 1	0.00	0.05	0.99

DATA SET: SEV 2B

CLIENT: ZONA 2 DATE: AGOSTO 02
LOCATION: CASTRO DE ELVIÑA SOUNDING: 3
COUNTY: LA CORUÑA AZIMUTH: 70
PROJECT: PROSPECCION GEOFISICA EQUIPMENT: PASI
ELEVATION: 0.00
SOUNDING COORDINATES: X: 0.0000 Y: 0.0000

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR: 3.966 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	LONG. COND. (Siemens)	TRANS. RES. (Ohm-m^2)
			0.0		
1	2649.3	0.936	0.936	3.535E-04	2481.2
2	7791.1	2.25	-3.18	2.892E-04	17554.6
3	2994.3				

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm-m) DATA	SYNTHETIC	DIFFERENCE (percent)
1	1.50	3268.0	3320.8	-1.61
2	2.00	3879.1	3732.7	3.77
3	2.50	4194.9	4093.4	2.41
4	3.00	4156.0	4379.7	-5.38
5	4.00	4528.5	4740.2	-4.67
6	5.00	5005.2	4883.9	2.42
7	6.00	5085.0	4886.5	3.90
8	7.00	4730.1	4804.3	-1.57
9	8.00	4712.2	4676.9	0.771
10	10.00	4486.4	4377.7	2.42
11	12.50	4030.6	4031.1	-0.0130
12	16.00	3363.3	3675.6	-9.28
13	20.00	3621.1	3427.5	5.34
14	25.00	3271.1	3258.4	0.388

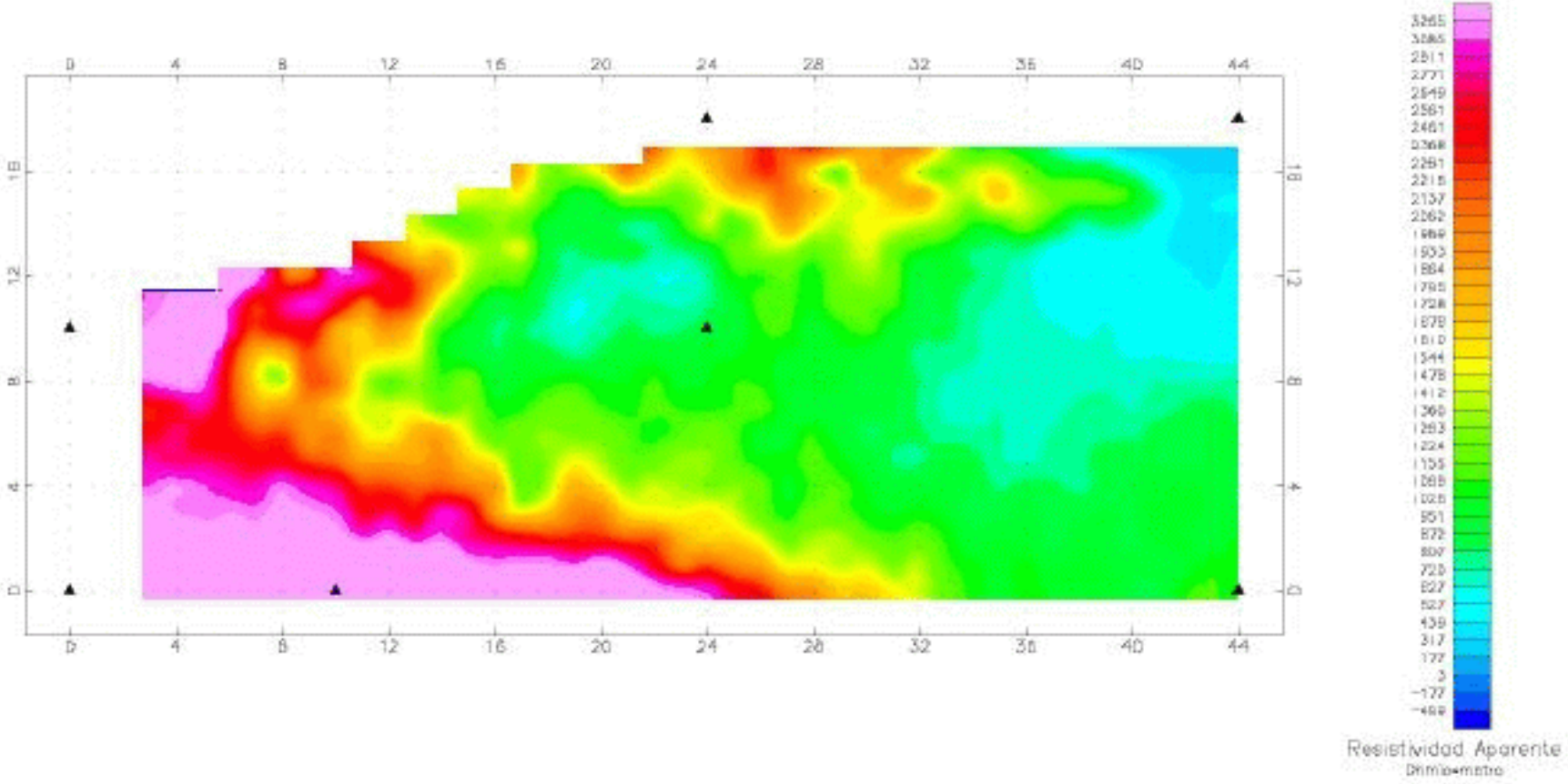
PARAMETER RESOLUTION MATRIX:
"F" INDICATES FIXED PARAMETER.
P 1 0.98
P 2 -0.03 0.90

* ETSI Industriales y de Minas *

F I G U R A S

RESULTADOS GEOFÍSICOS POR ZONAS

FIGURA 1-EL-1

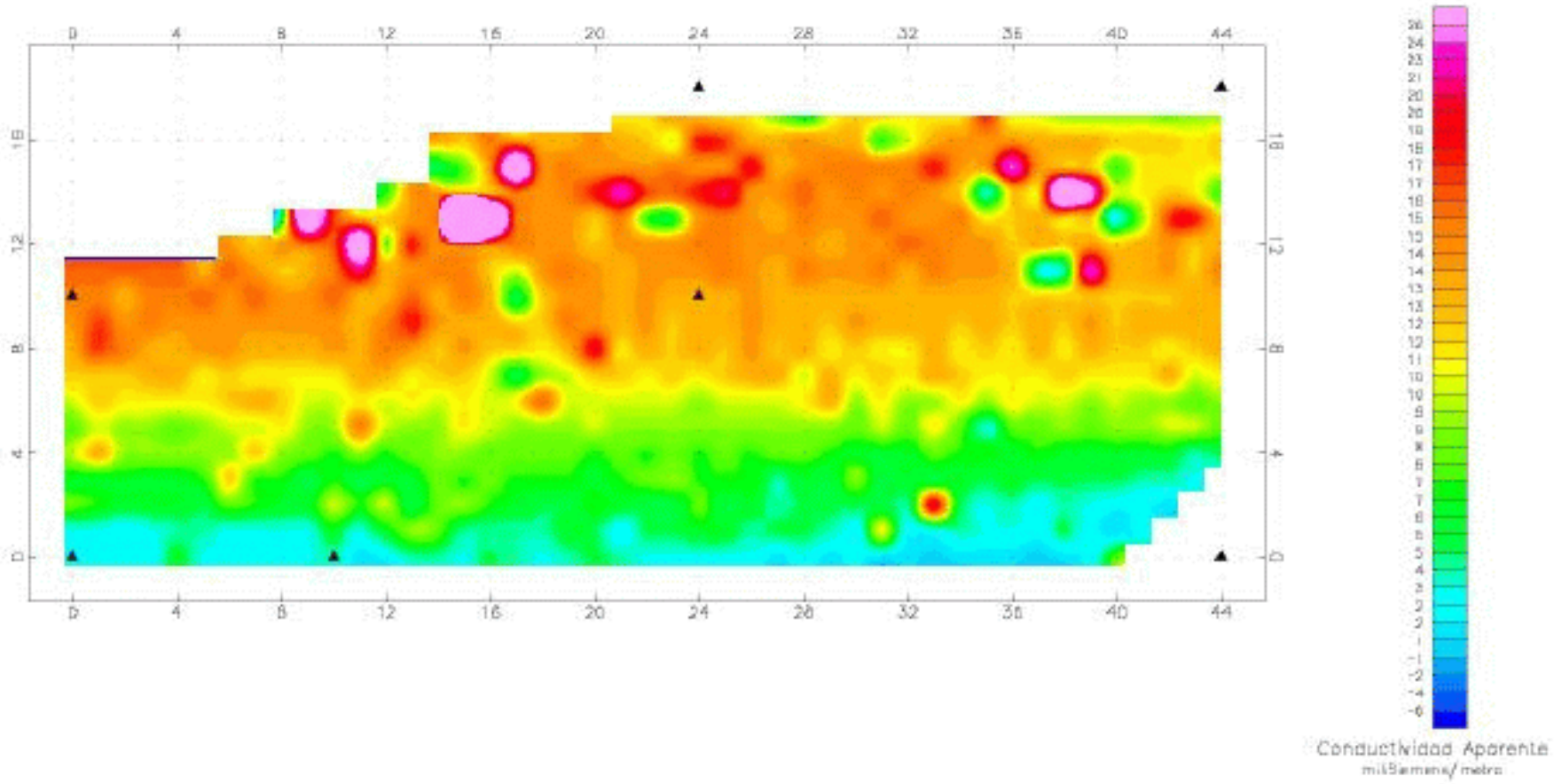


CASTRO DE ELVINA (Zona 1)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm.m)

Dispositivo Wenner a=2m

FIGURA 1-EM-1

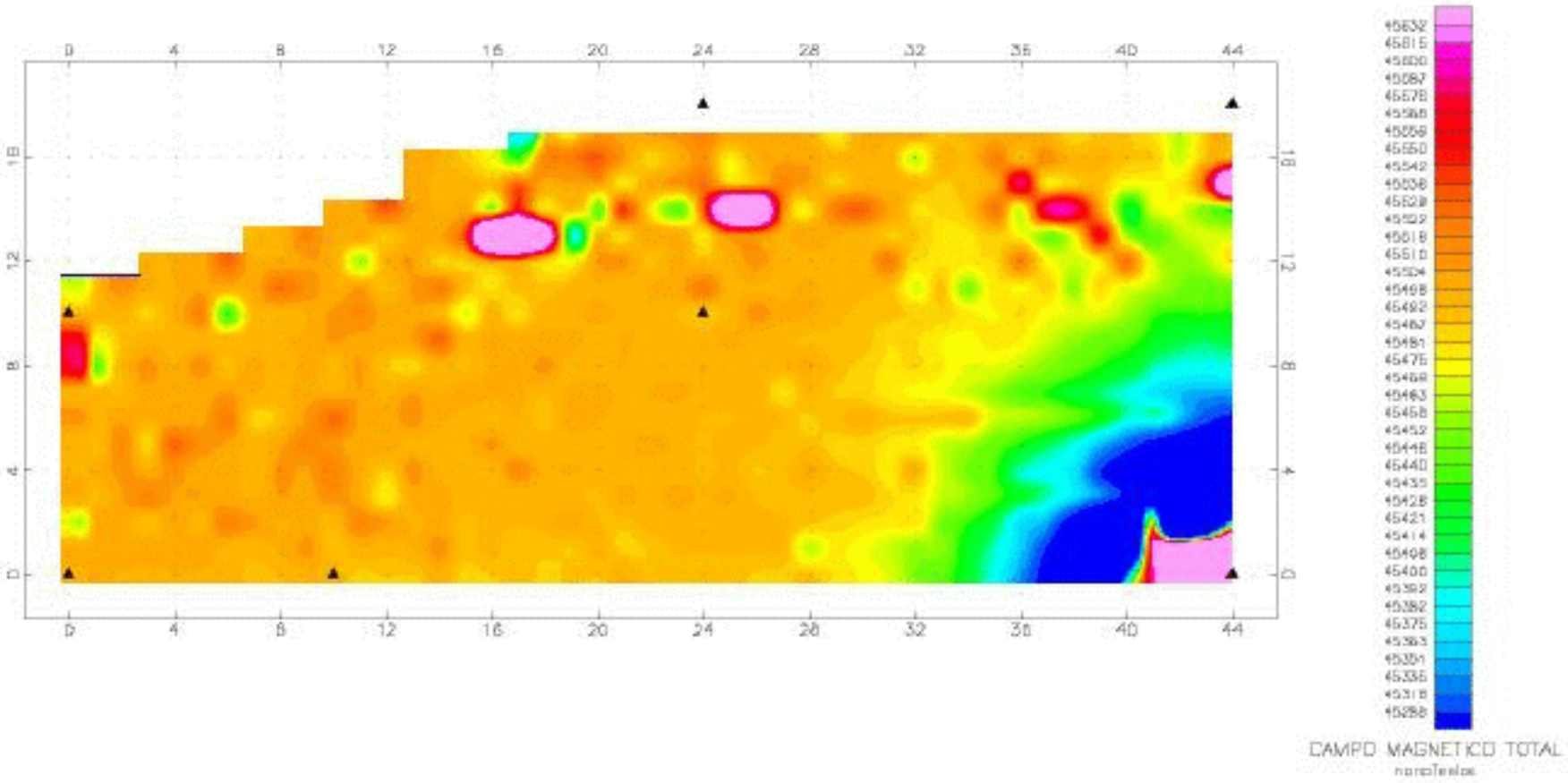


CASTRO DE ELVINA (ZONA 1)

Mapa de Conductividad Aparente (mS/m)

Dispositivo Dipolo Vertical

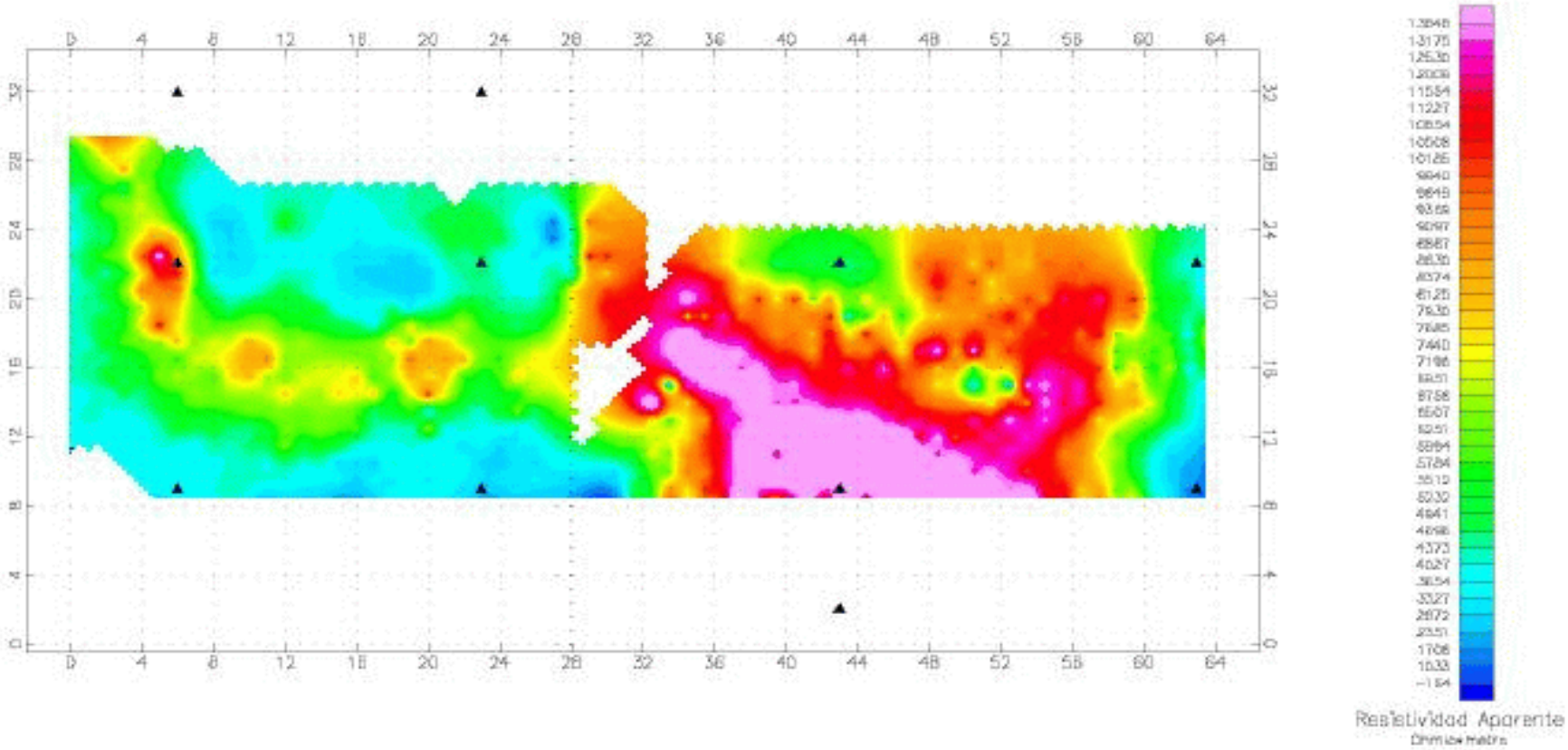
FIGURA 1-MG-1



CASTRO DE ELVINA (Zona 1)

Mapa de Campo magnético Total (nT)

FIGURA 2-EL-1

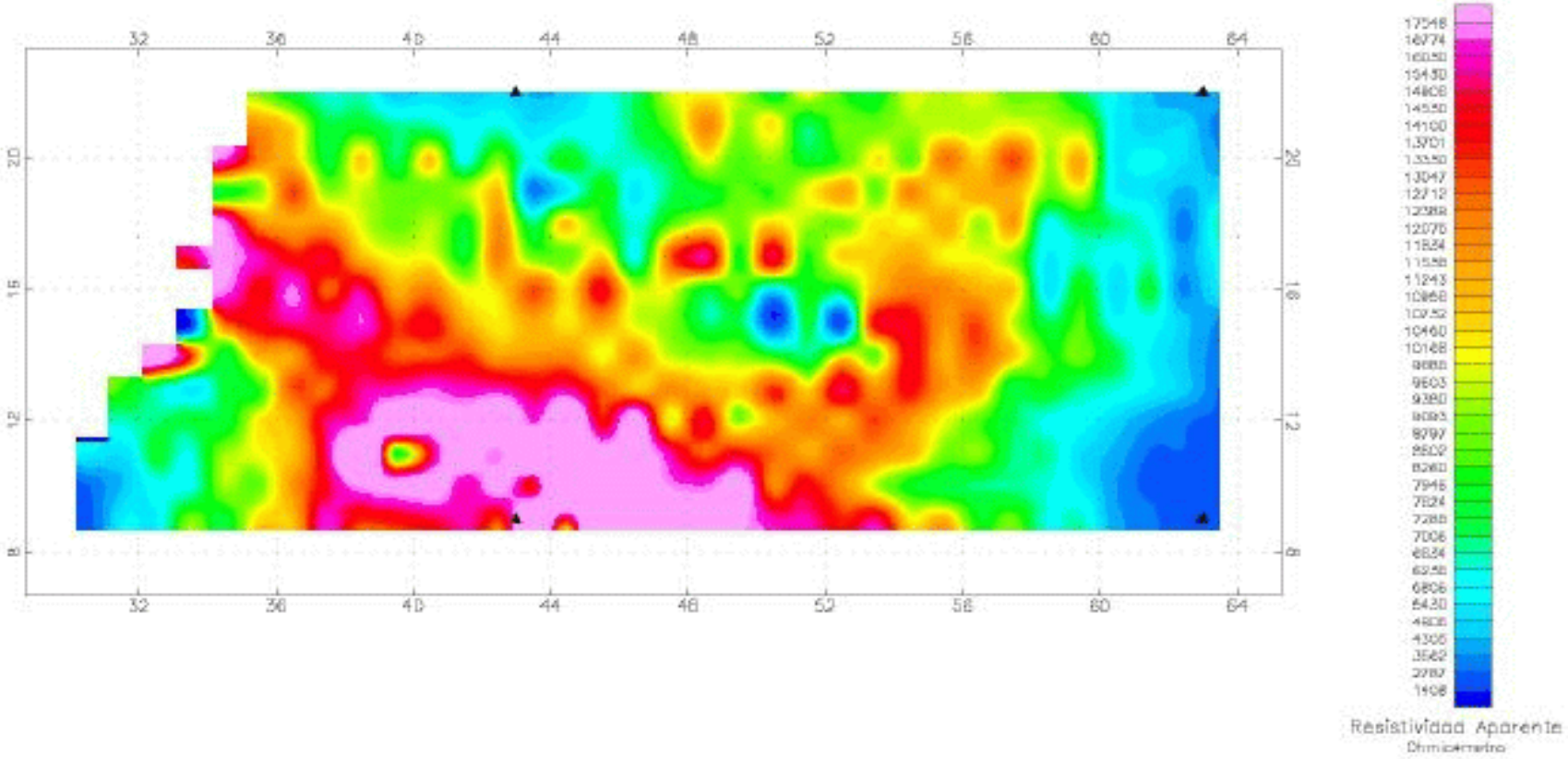


CASTRO DE ELVINA (ZONA 2)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohmm)

Dispositivo Wenner a=2m

FIGURA 2-EL-2

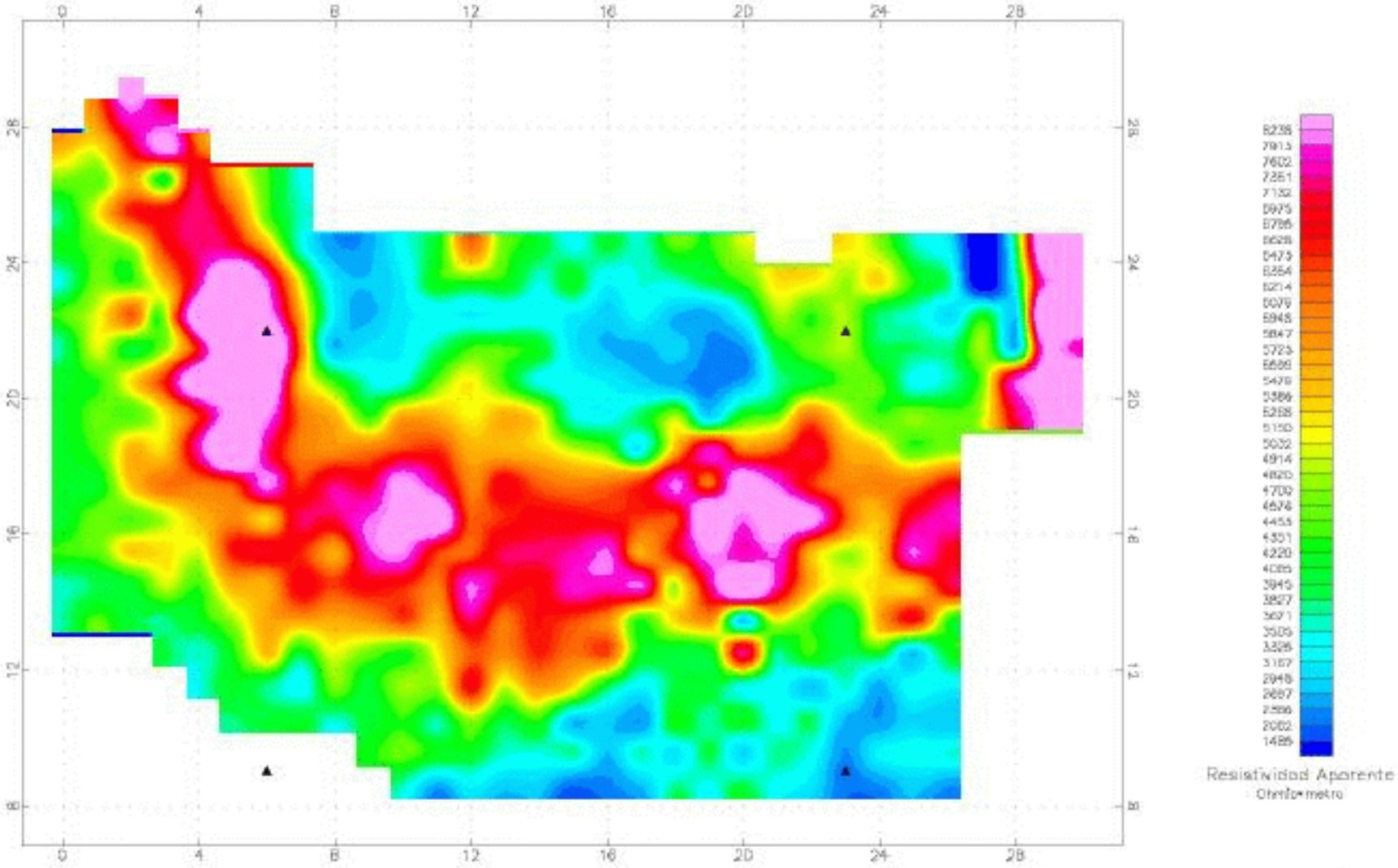


CASTRO DE ELVINA (ZONA 2a)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm*m)

Dispositivo Wenner a=2m

FIGURA 2-EL-3



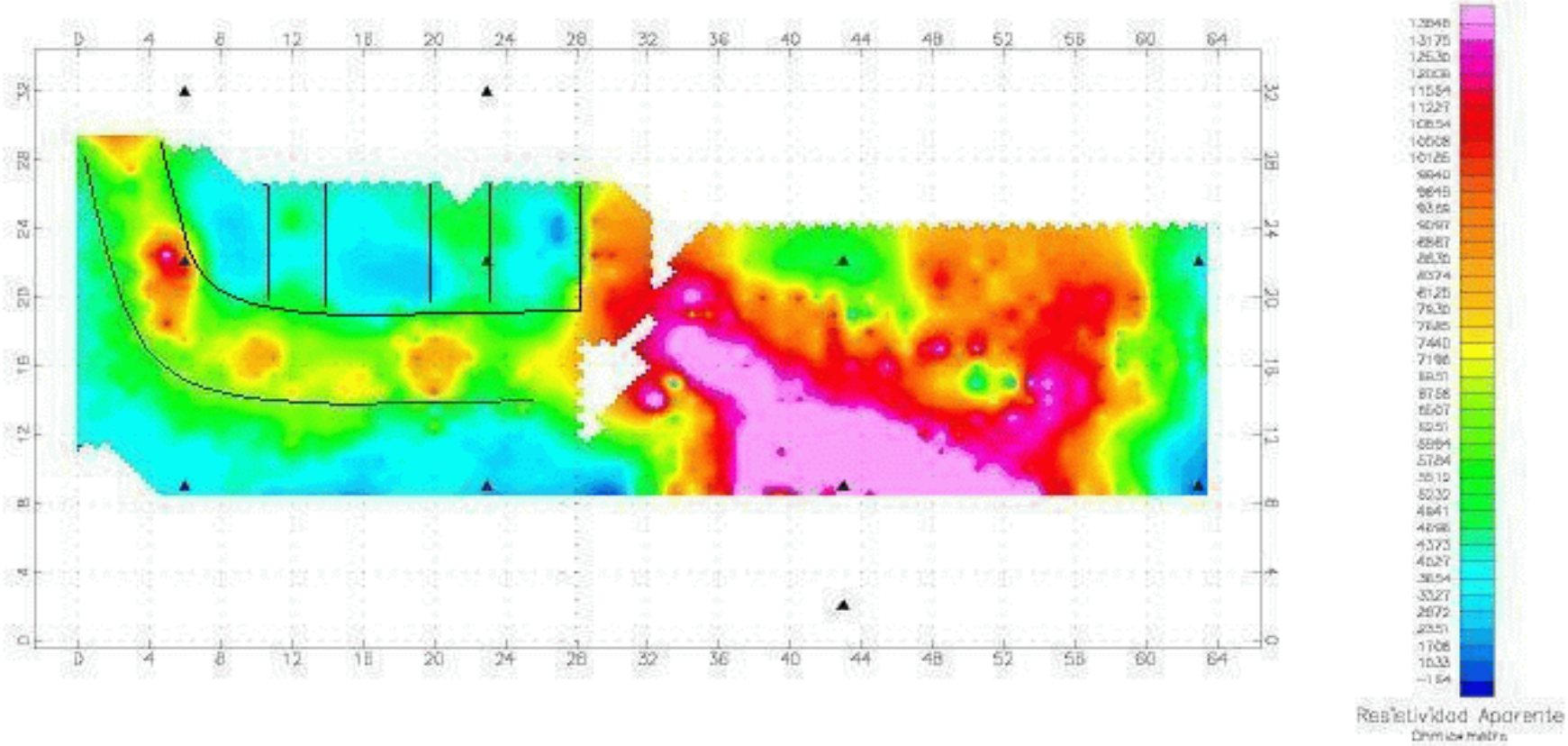
CASTRO DE ELVINA (ZONA 2b)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm-m)

Dispositivo Wenner a=2m

2.5 0 2.5
(metros)

FIGURA 2-EL-4

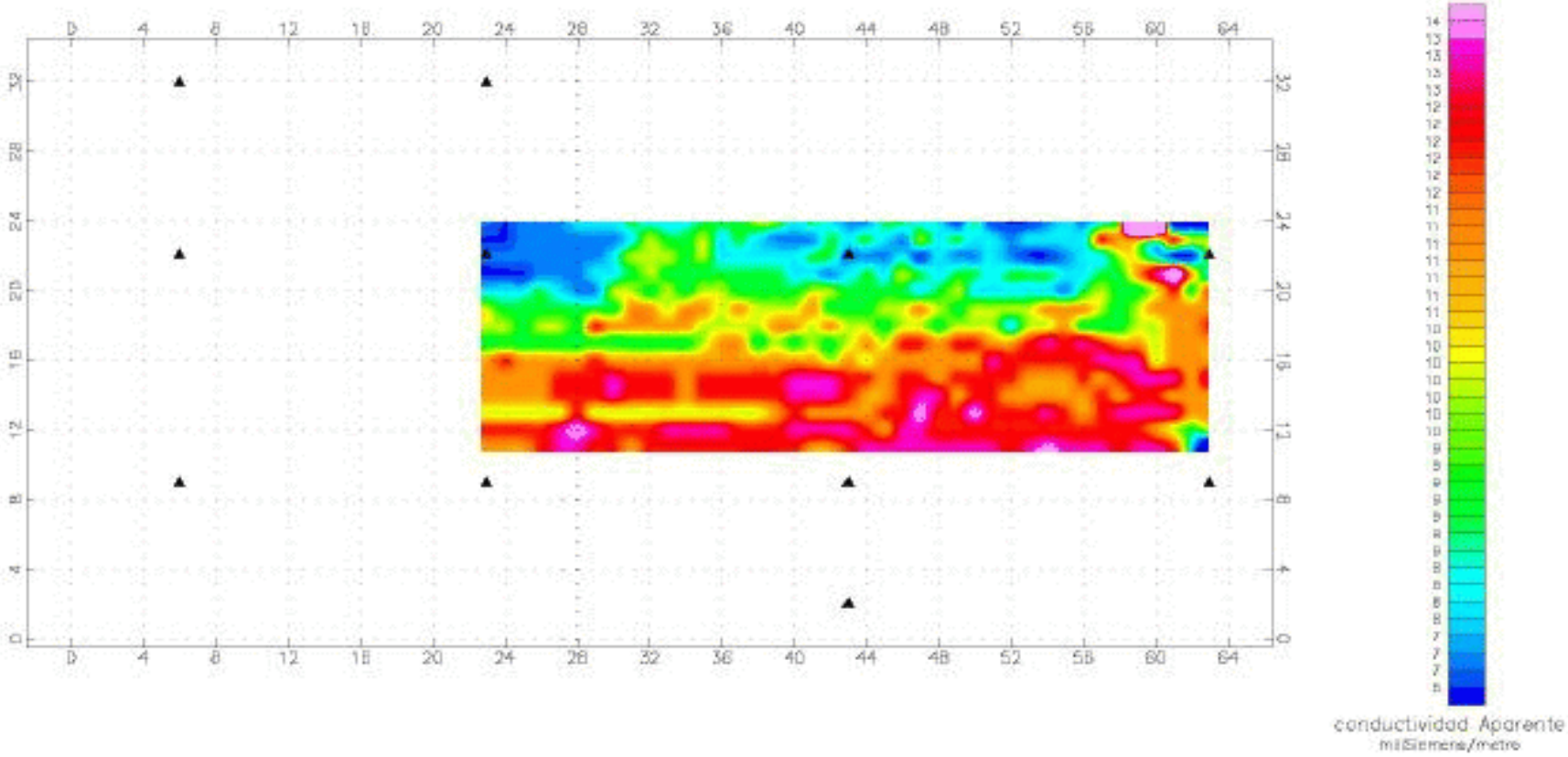


CASTRO DE ELVINA (ZONA 2)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohmm)

Dispositivo Wenner a=2m

FIGURA 2-EM-1

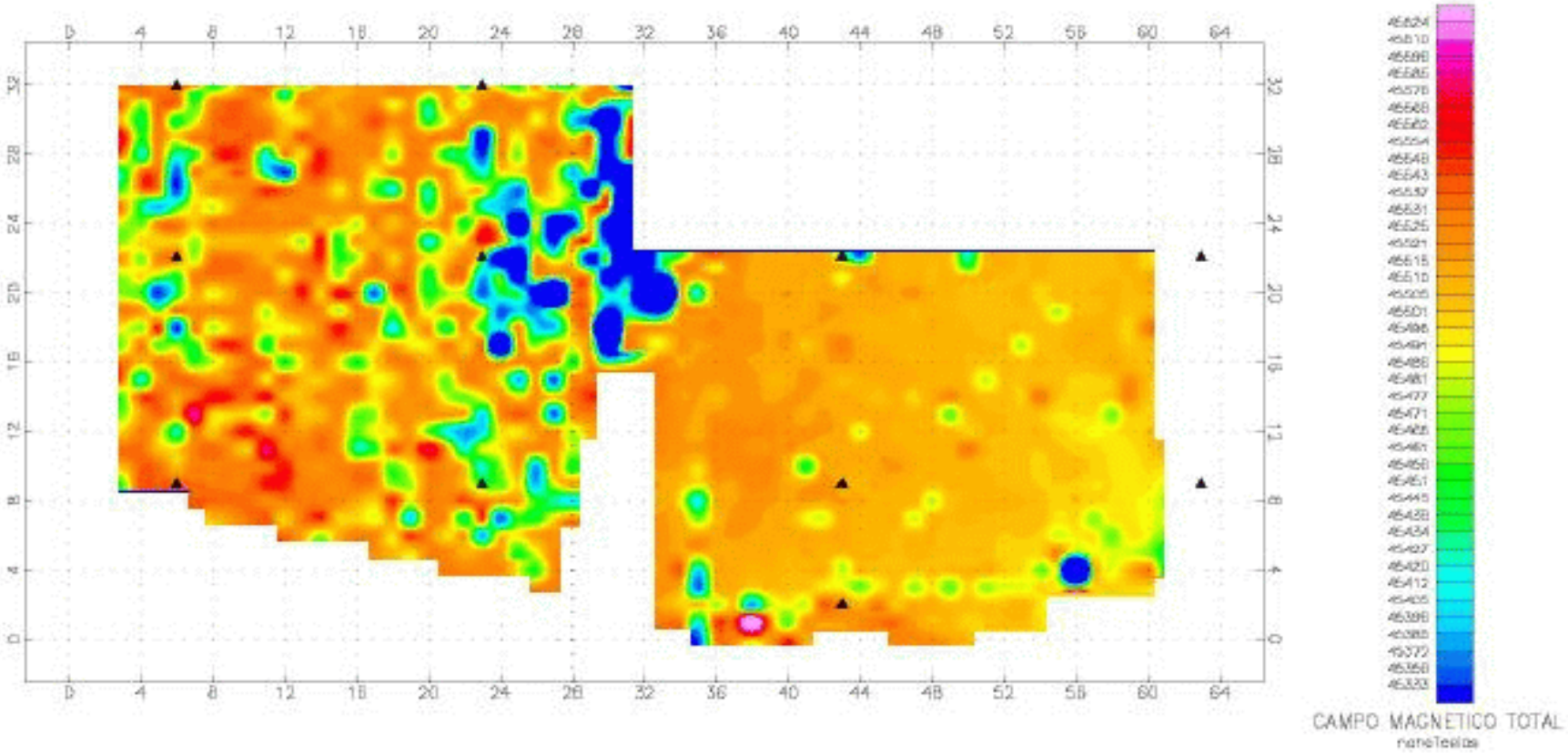


CASTRO DE ELVINA (Zona 2)

Mapa de Conductividad Aparente (mS/m)

Dispositivo Dipolo Vertical

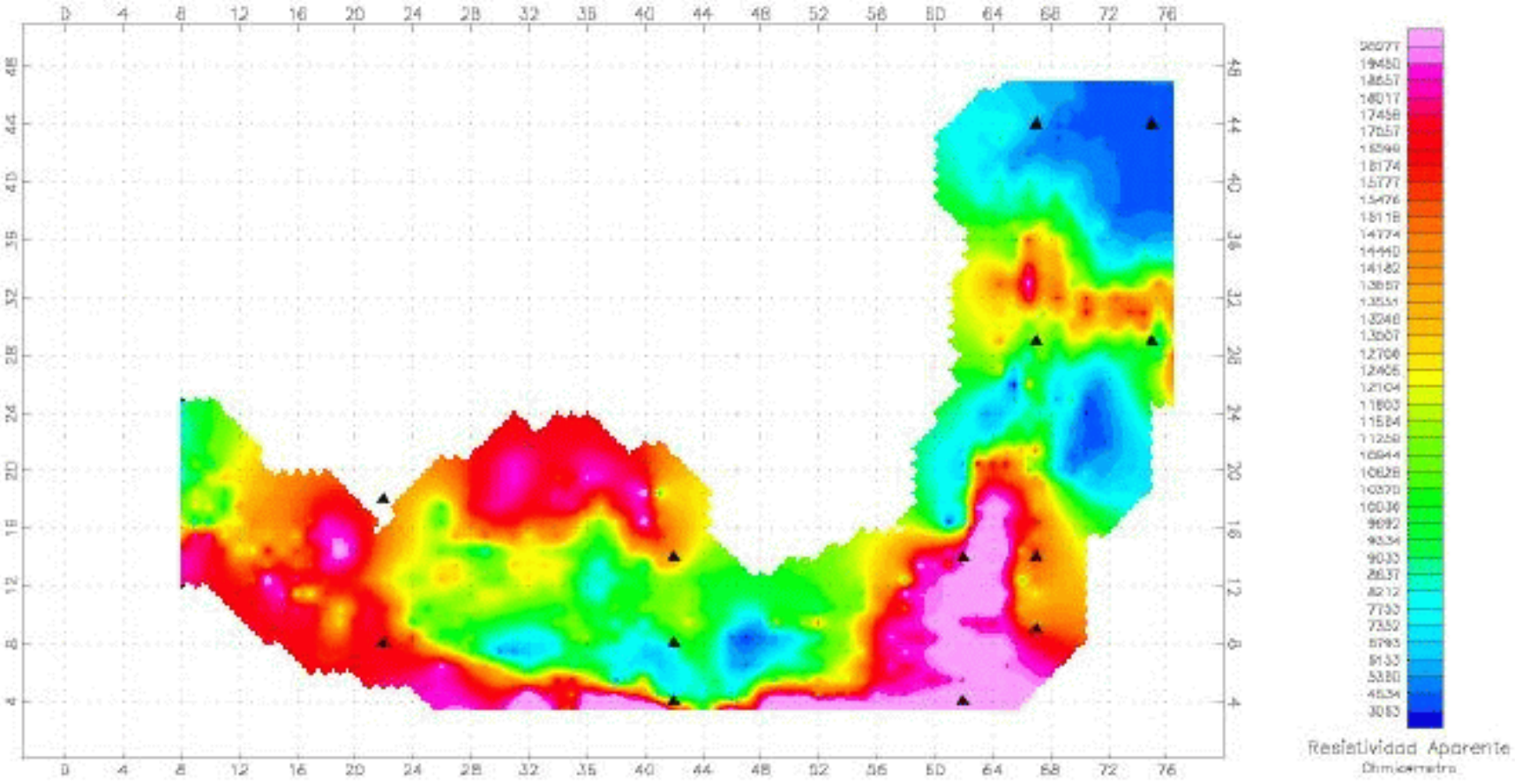
FIGURA 2-MG-1



CASTRO DE ELVINA (Zona 2)

Mapa de Campo magnético Total (nT)

FIGURA 3-EL-1

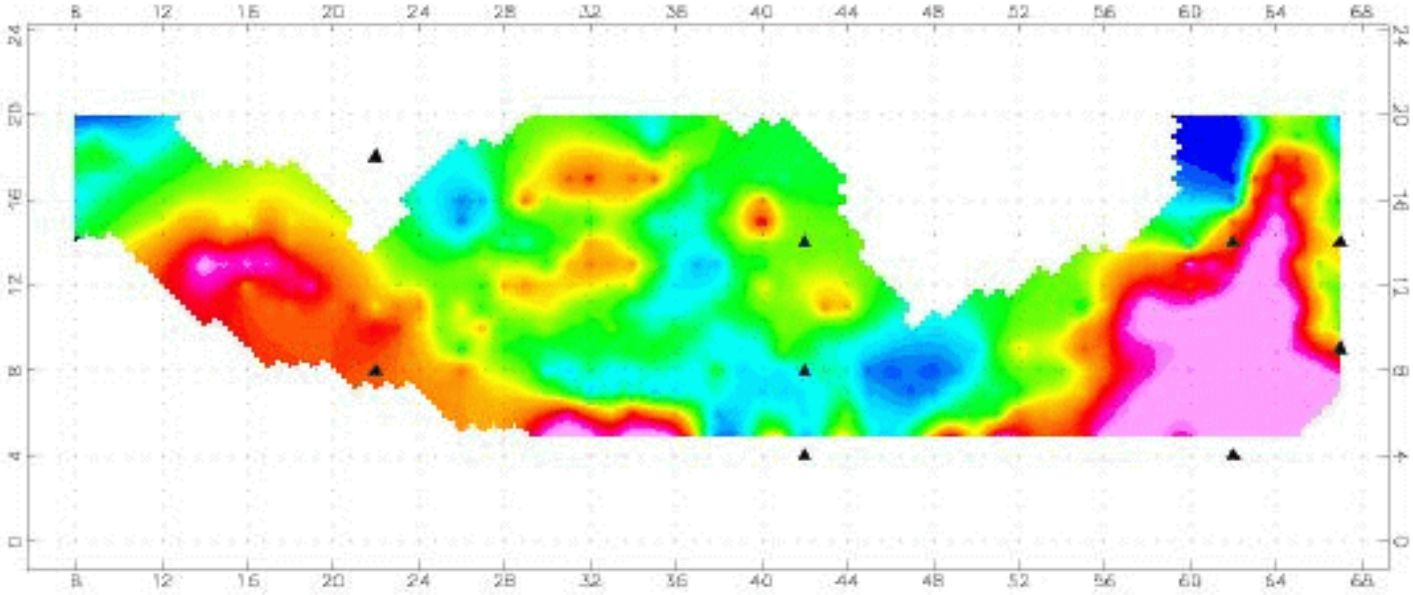


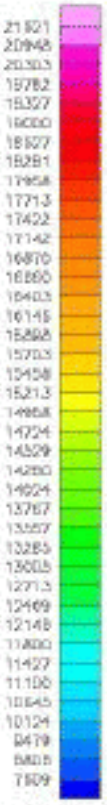
CASTRO DE ELVINA (ZONA 3)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm-m)

Dispositivo Wenner a= 1m

FIGURA 3-EL-2





Resistividad Aparente
Ohmio-metro

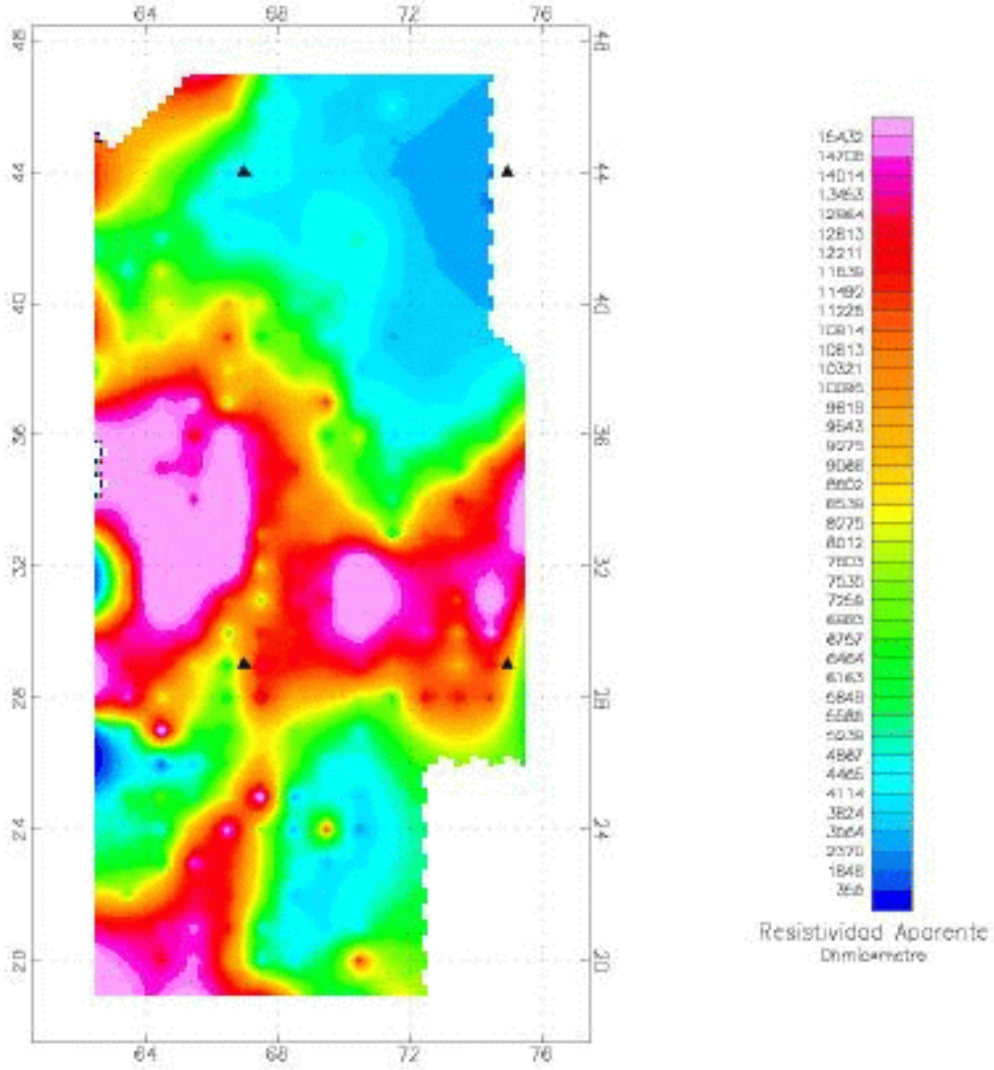
CASTRO DE ELVINA (ZONA 3a)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm-m)

Dispositivo Wenner a=2m

2.5 0 2.5 5 7.5
(metros)

FIGURA 3-EL-3

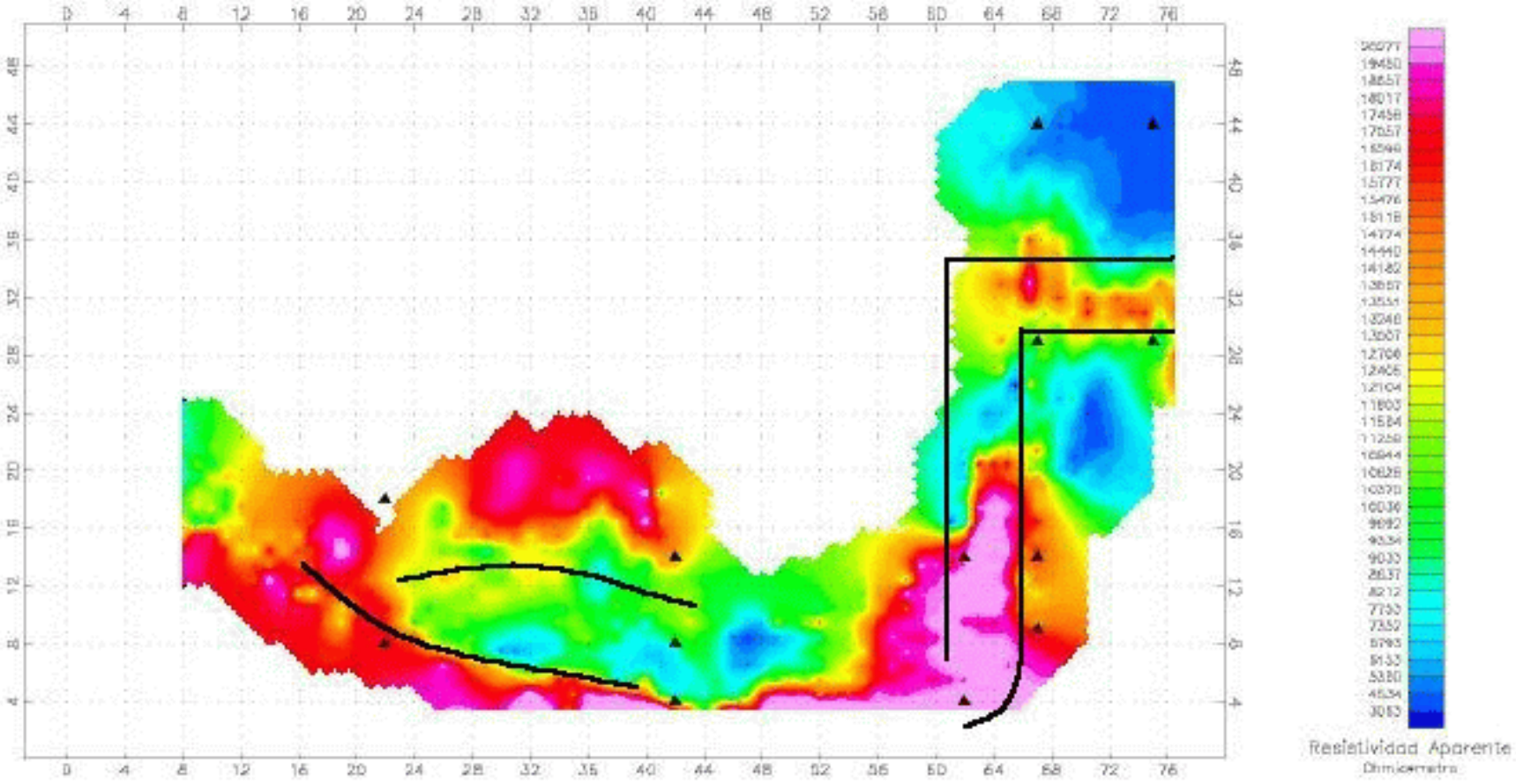


CASTRO DE ELVINA (ZONA 3b)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm*m)

Dispositivo Dipolo-Dipolo a=1m

FIGURA 3-EL-4



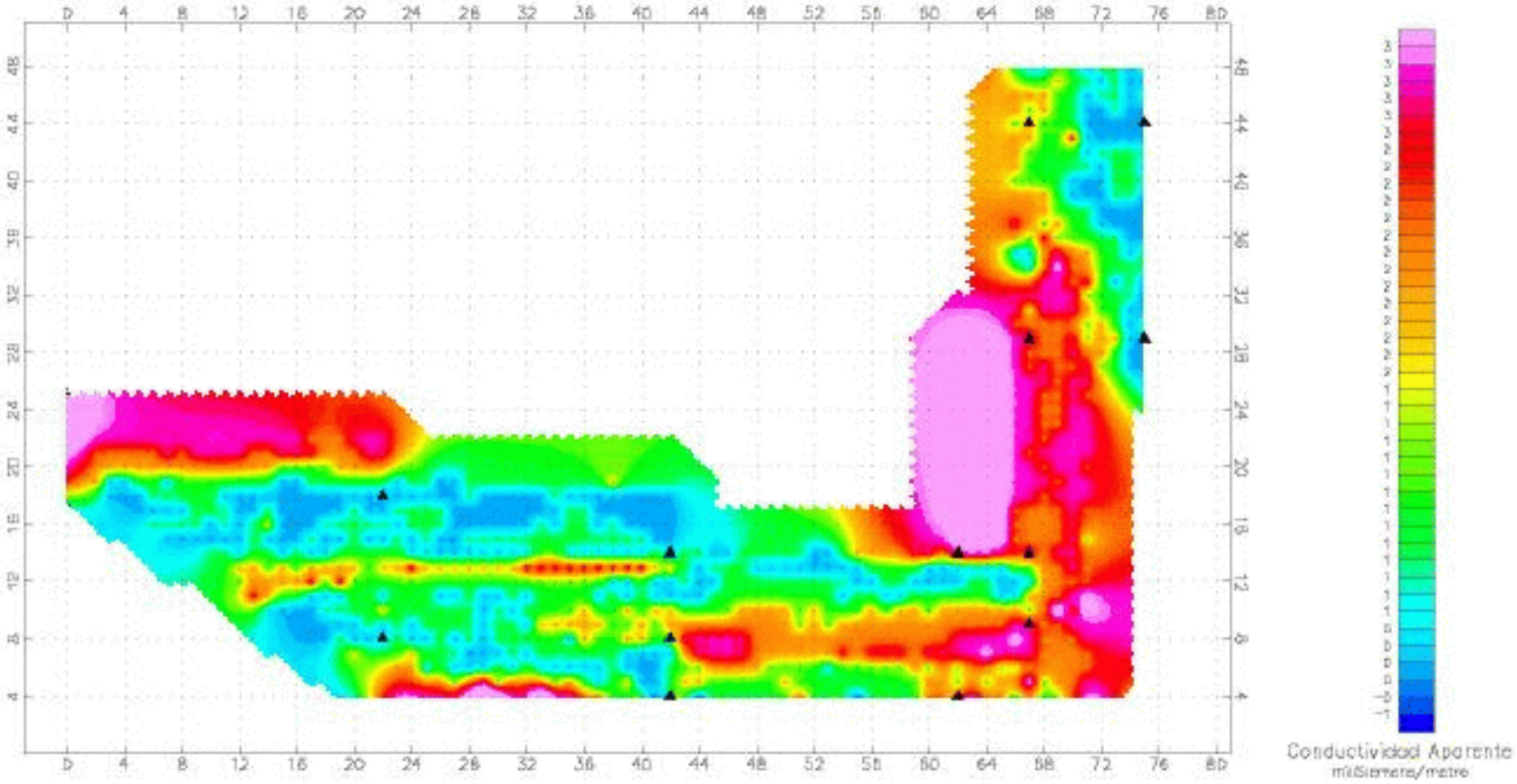
CASTRO DE ELVINA (ZONA 3)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm*m)

Dispositivo Wenner a=1m

(metros)

FIGURA 3-EM-1

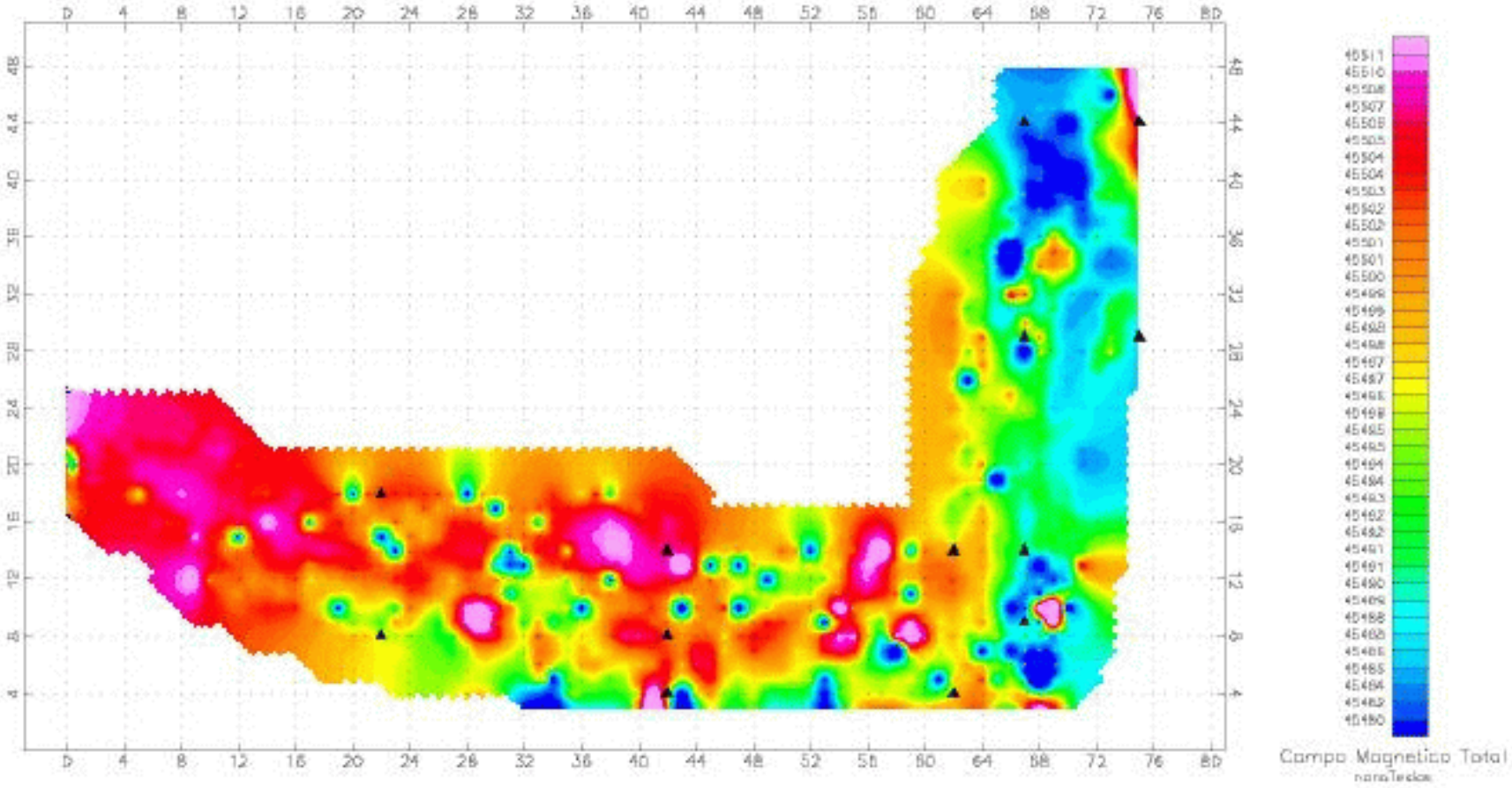


CASTRO DE ELVINA (Zona 3)

Mapa de conductividad Aparente (mS/m)

Dispositivo Dipolo Vertical

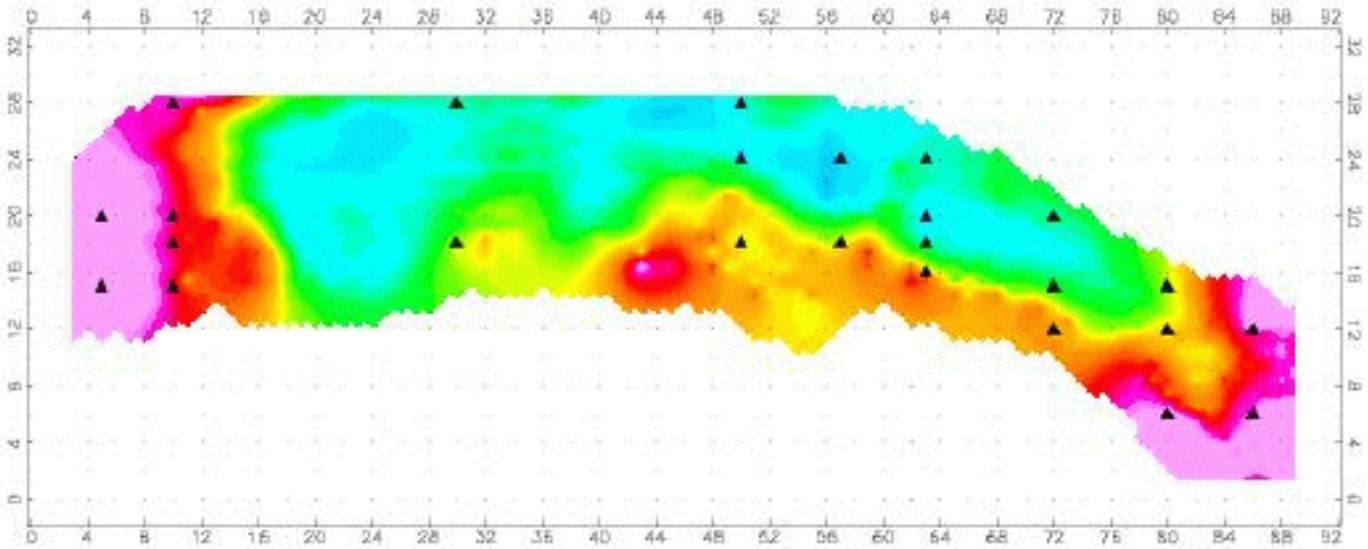
FIGURA 3-MG-1

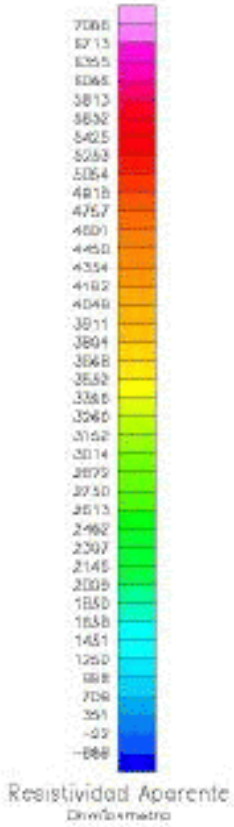


CASTRO DE ELVINA (Zona 3)

Mapa de Campo Magnetico Total (nT)

FIGURA 4-EL-1



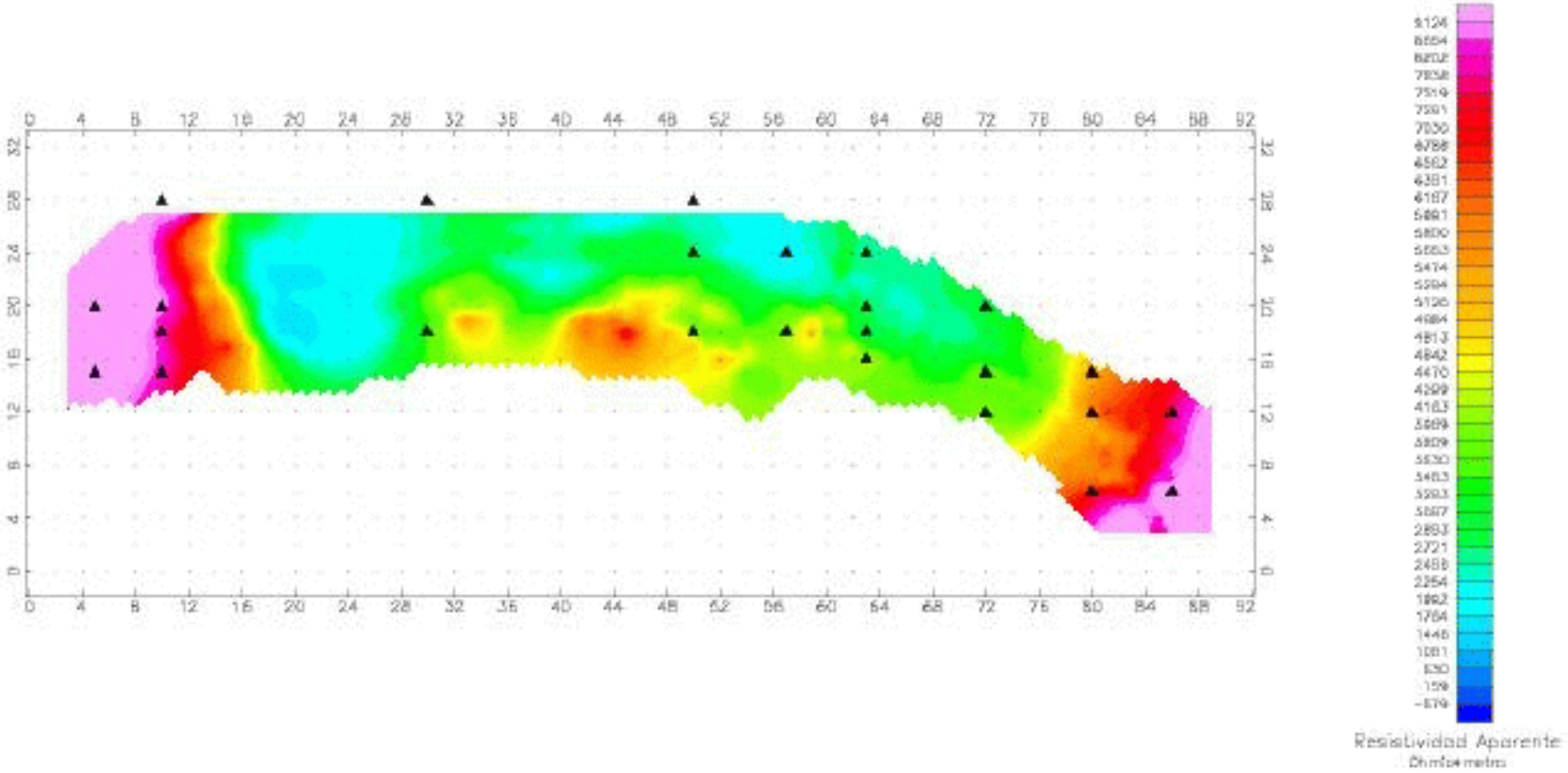


CASTRO DE ELVINA (ZONA 4)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm.m)

Dispositivo Wenner a=1m

FIGURA 4-EL-2



CASTRO DE ELVINA (Zona 4)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm.m)

Filtro Residual Wenner a=2m

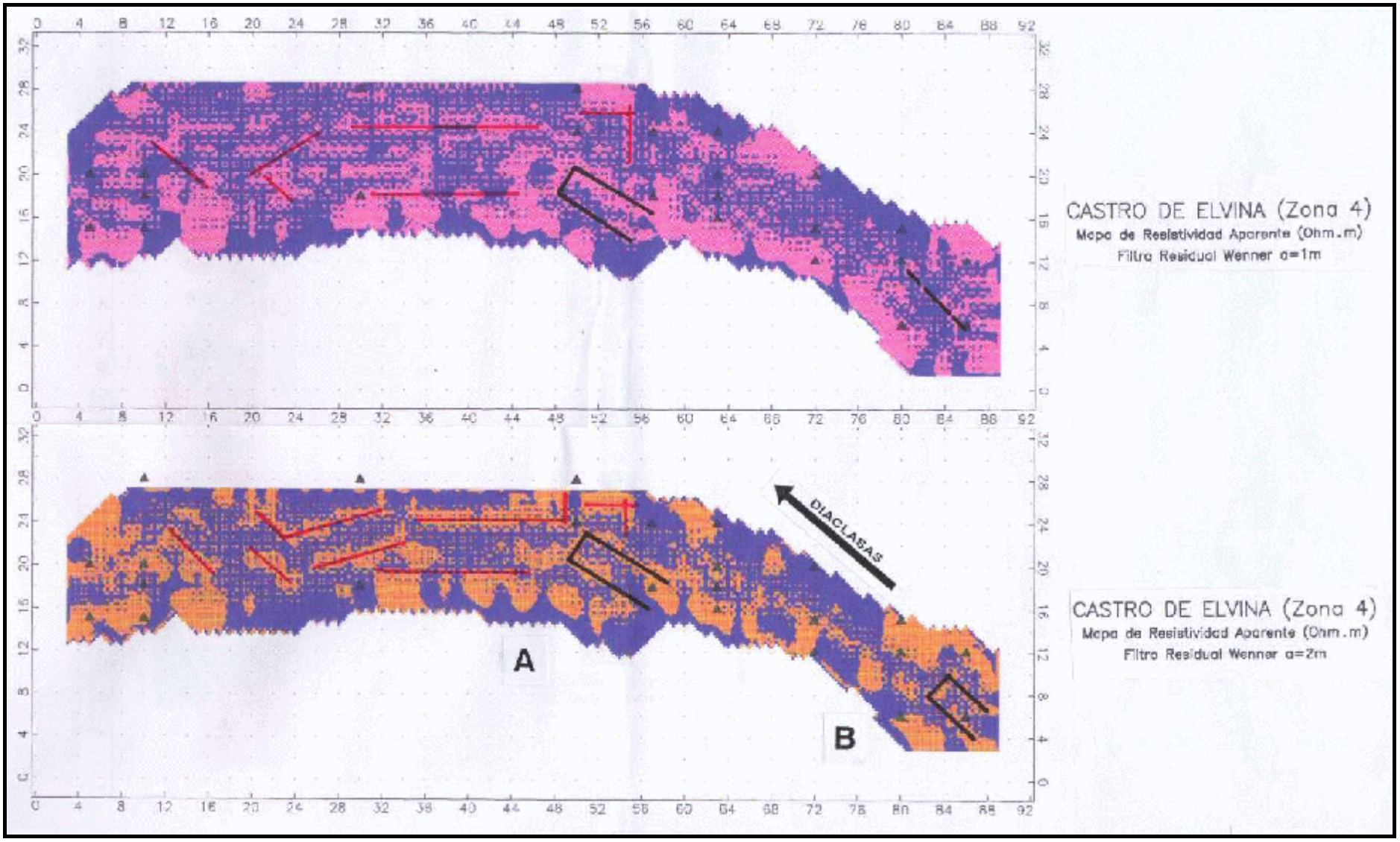
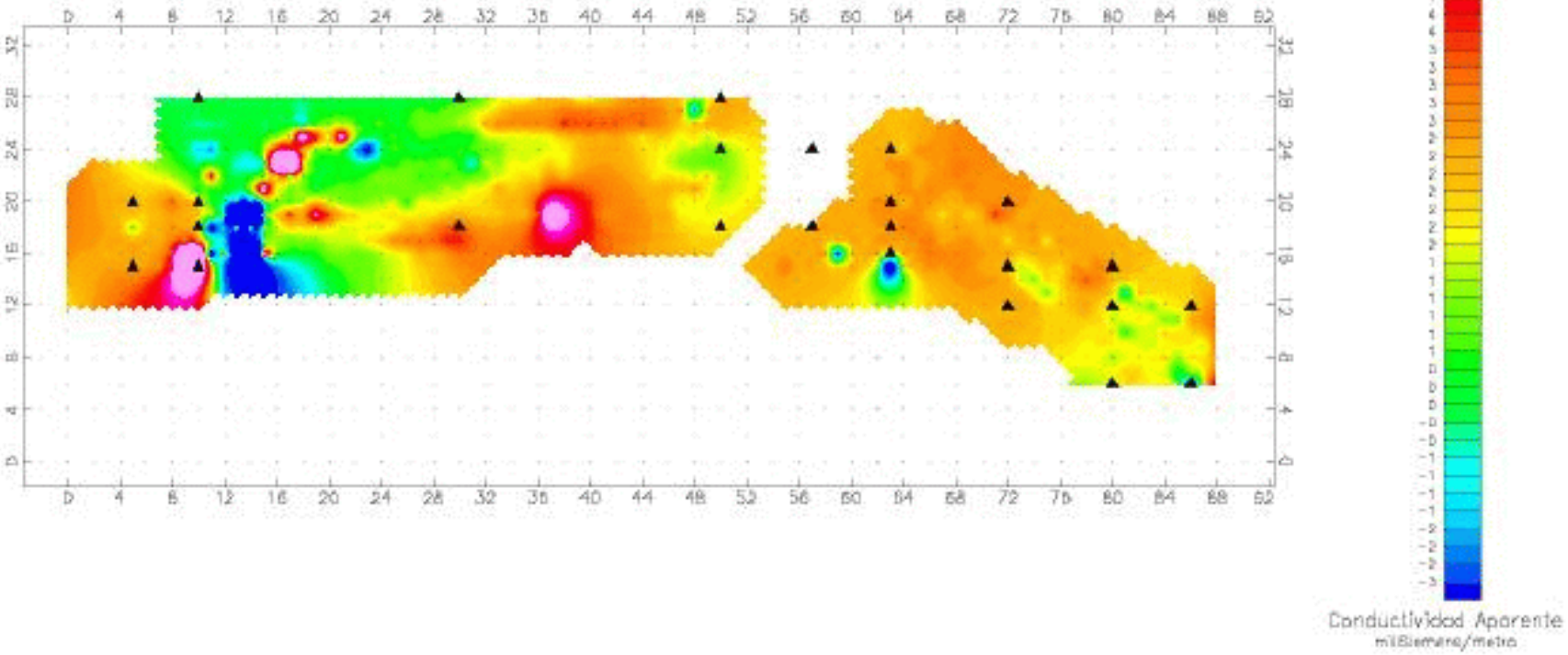

CASTRO DE ELVINA (Zona 4)
Mapa de Resistividad Aparente (Ohm.m)
Filtro Residual Wenner a=1m
CASTRO DE ELVINA (Zona 4)
Mapa de Resistividad Aparente (Ohm.m)
Filtro Residual Wenner a=2m
DIACLASAS
A
B

FIGURA 4-EM-1



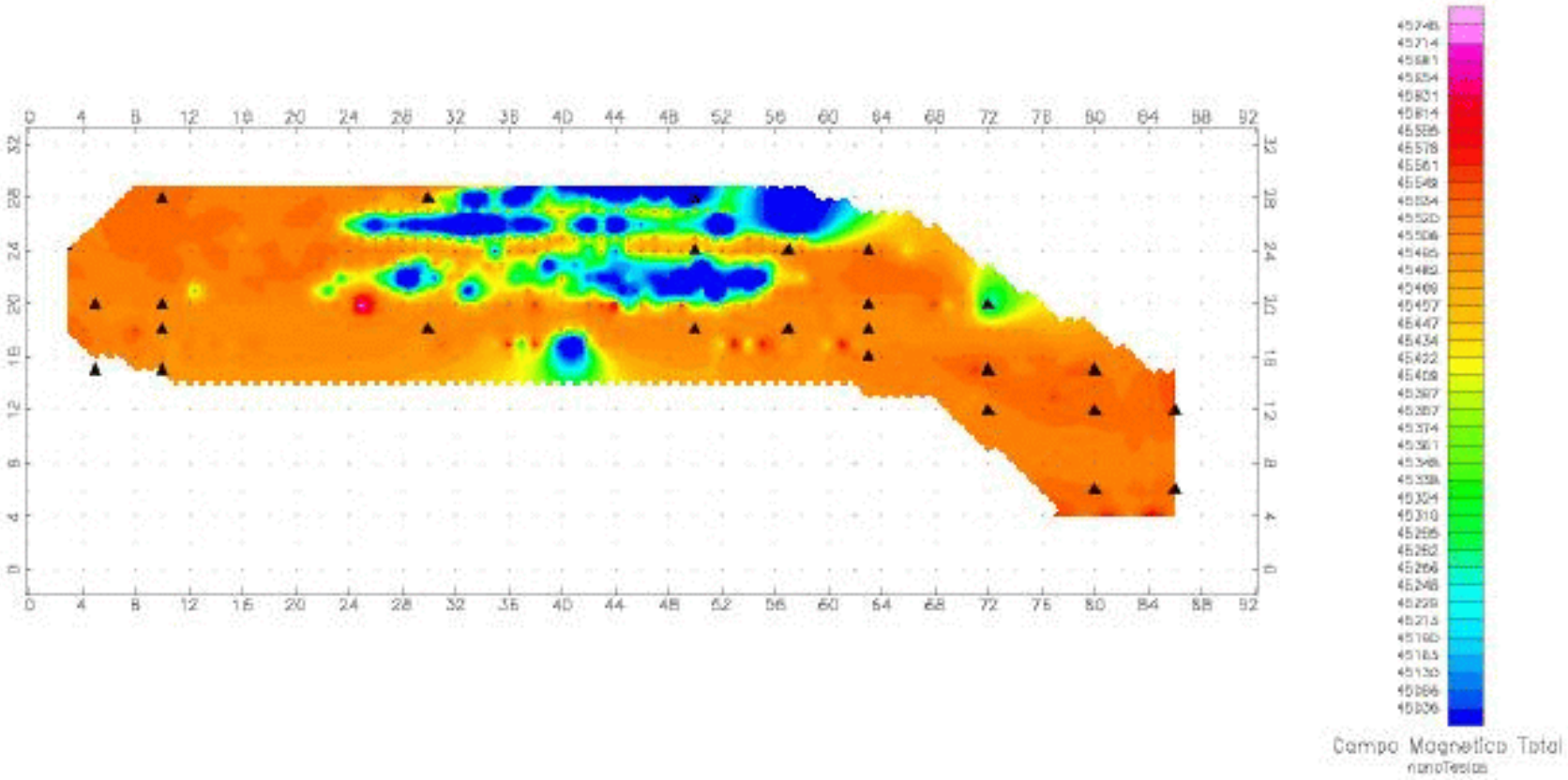
CASTRO DE ELVINA (Zona 4)

Mapa de Conductividad Aparente (mS/m)

Dispositivo Dipolo Vertical

(metros)

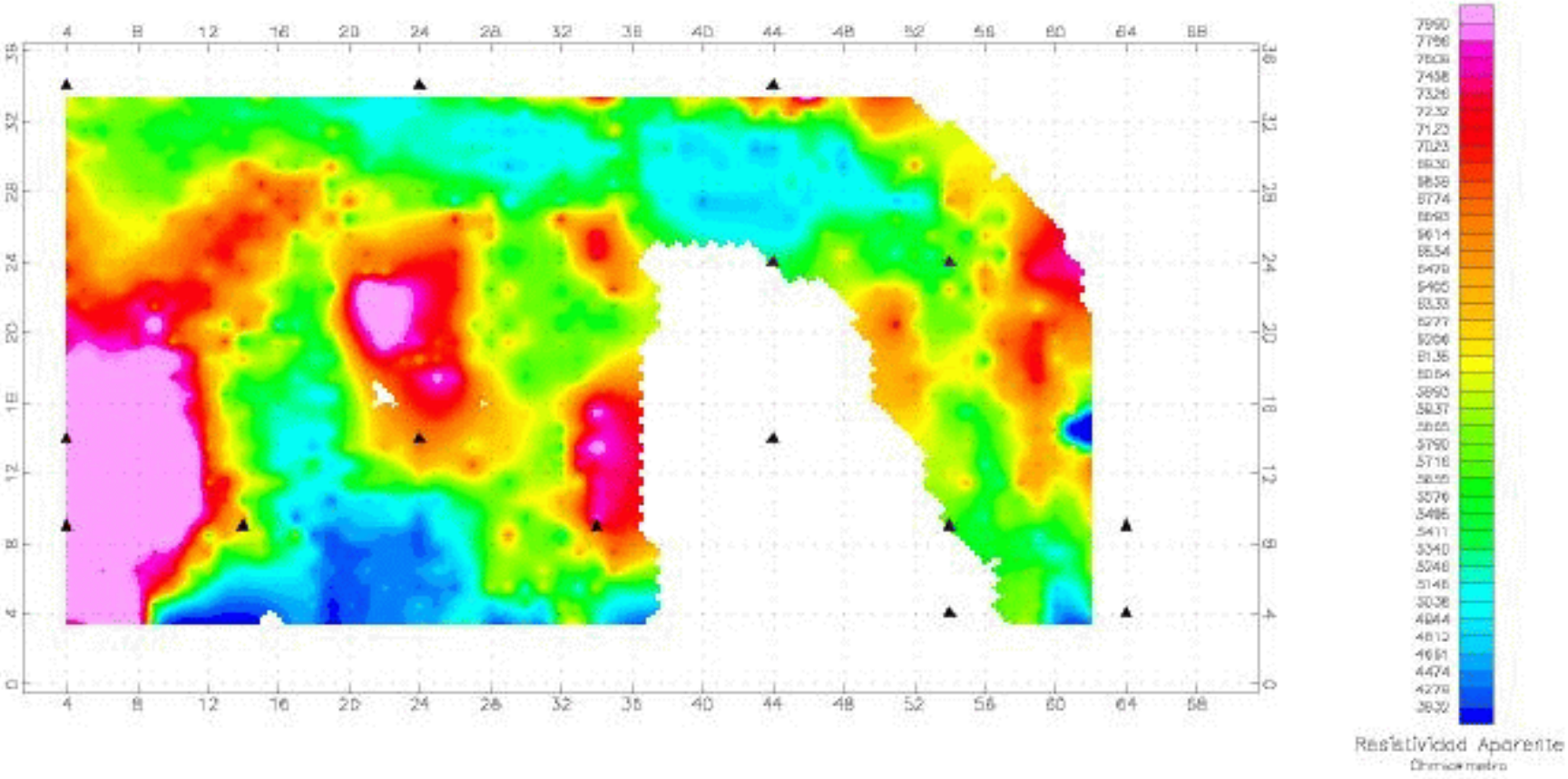
FIGURA 4-MG-1



CASTRO DE ELVINA (ZONA 4)

Mapa de Campo Magnetico Total (nT)

FIGURA 5-EL-1



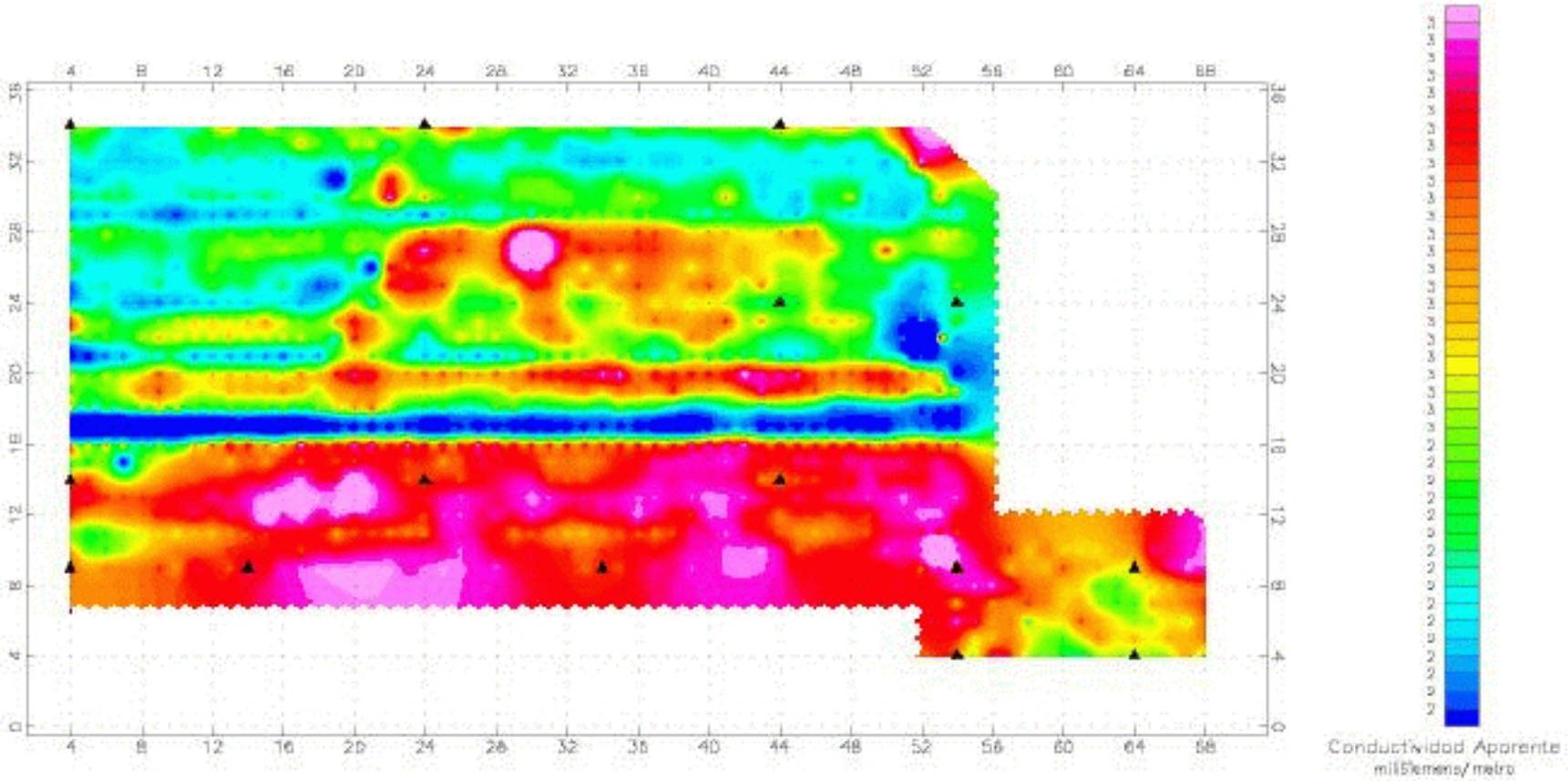
CASTRO DE ELVINA (ZONA 5)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm.m)

Dispositivo Twin Electrode

(metros)

FIGURA 5-EM-1

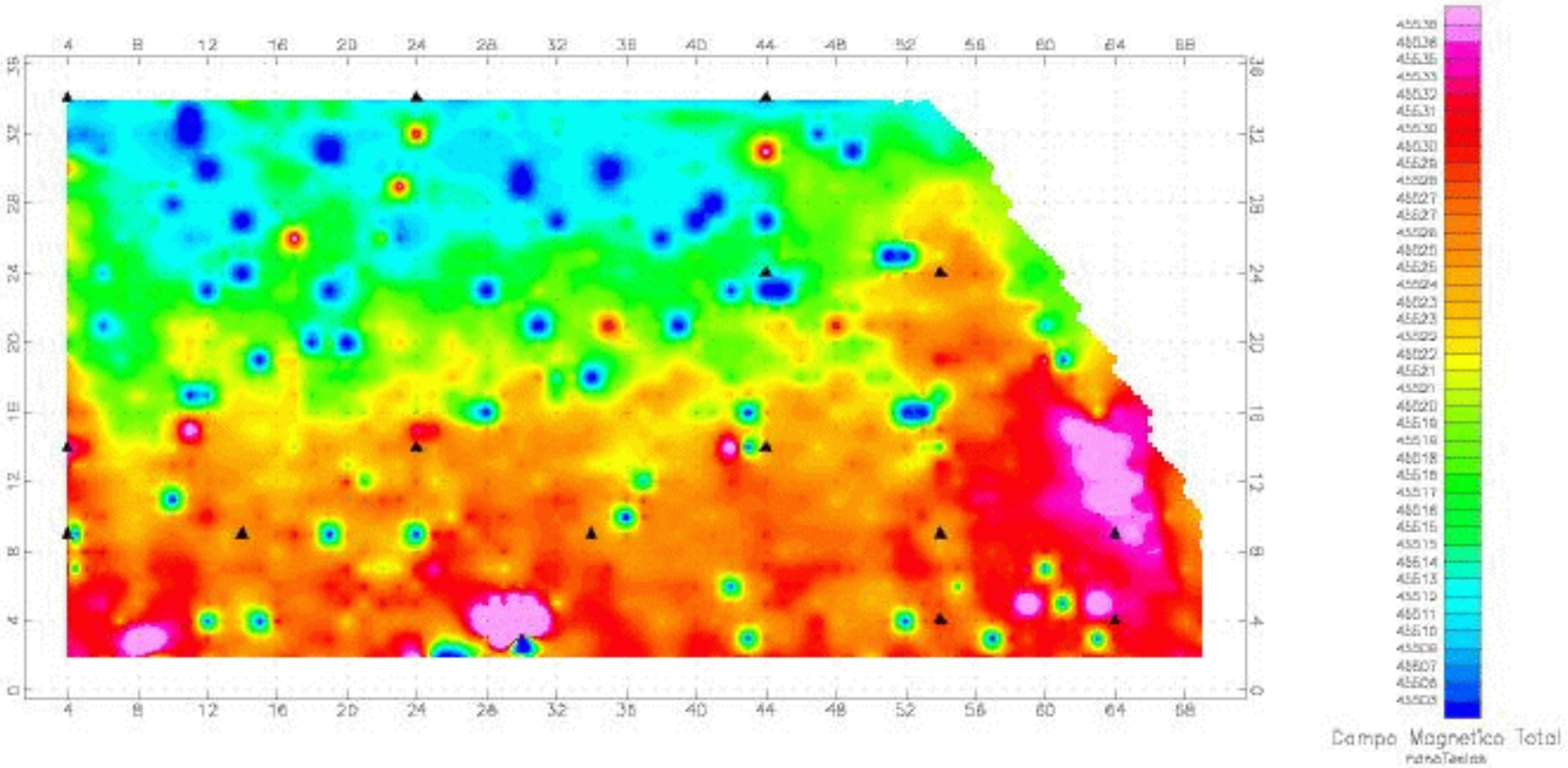


CASTRO DE ELVINA (ZONA 5)

Mapa de Conductividad Aparente (mS/m)

Dispositivo Dipolo Vertical

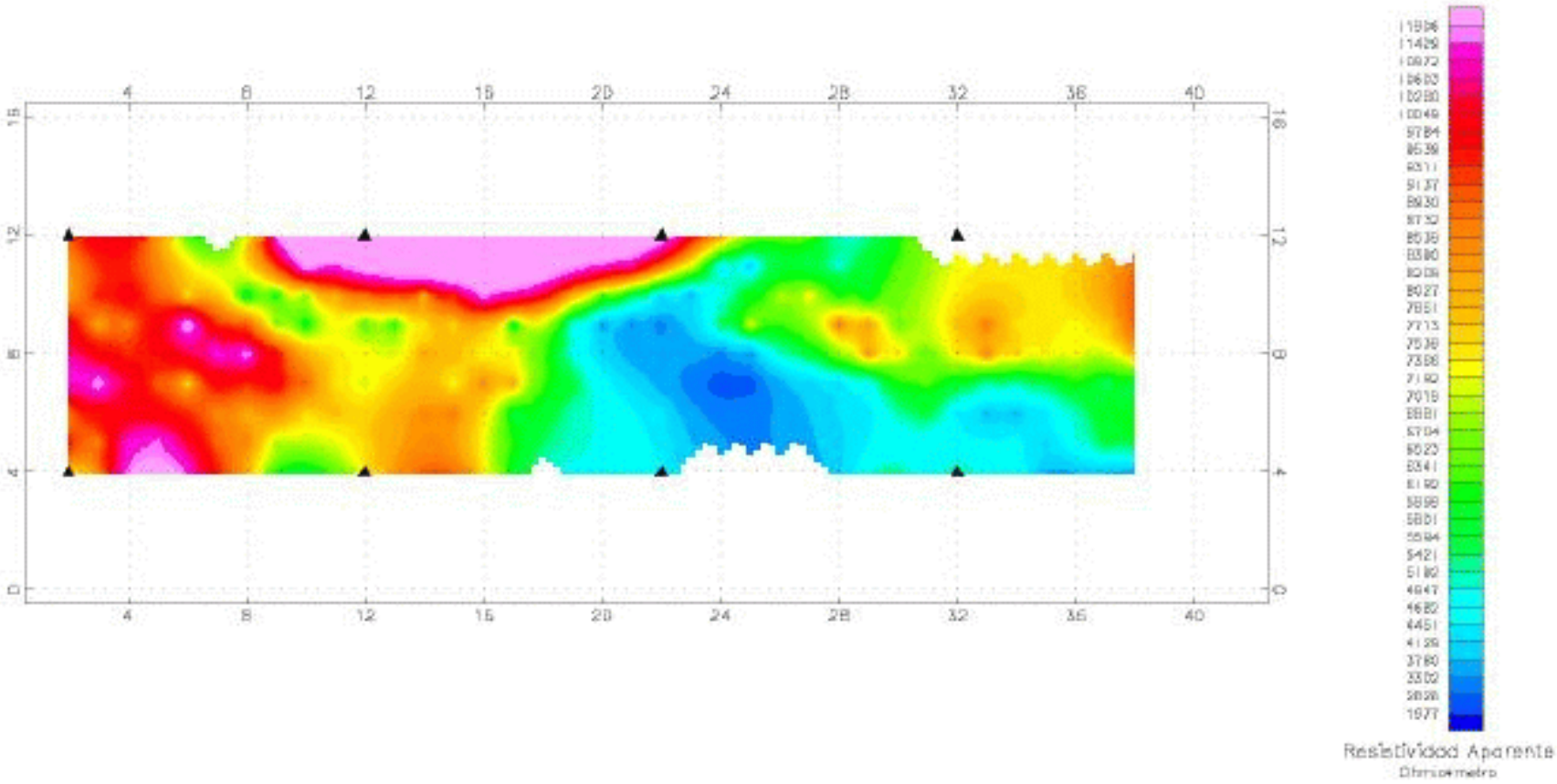
FIGURA 5-MG-1



CASTRO DE ELVINA (ZONA 5)

Mapa de Campo Magnetico Total (nT)

FIGURA 6-EL-1



CASTRO DE ELVINA (ZONA 6)

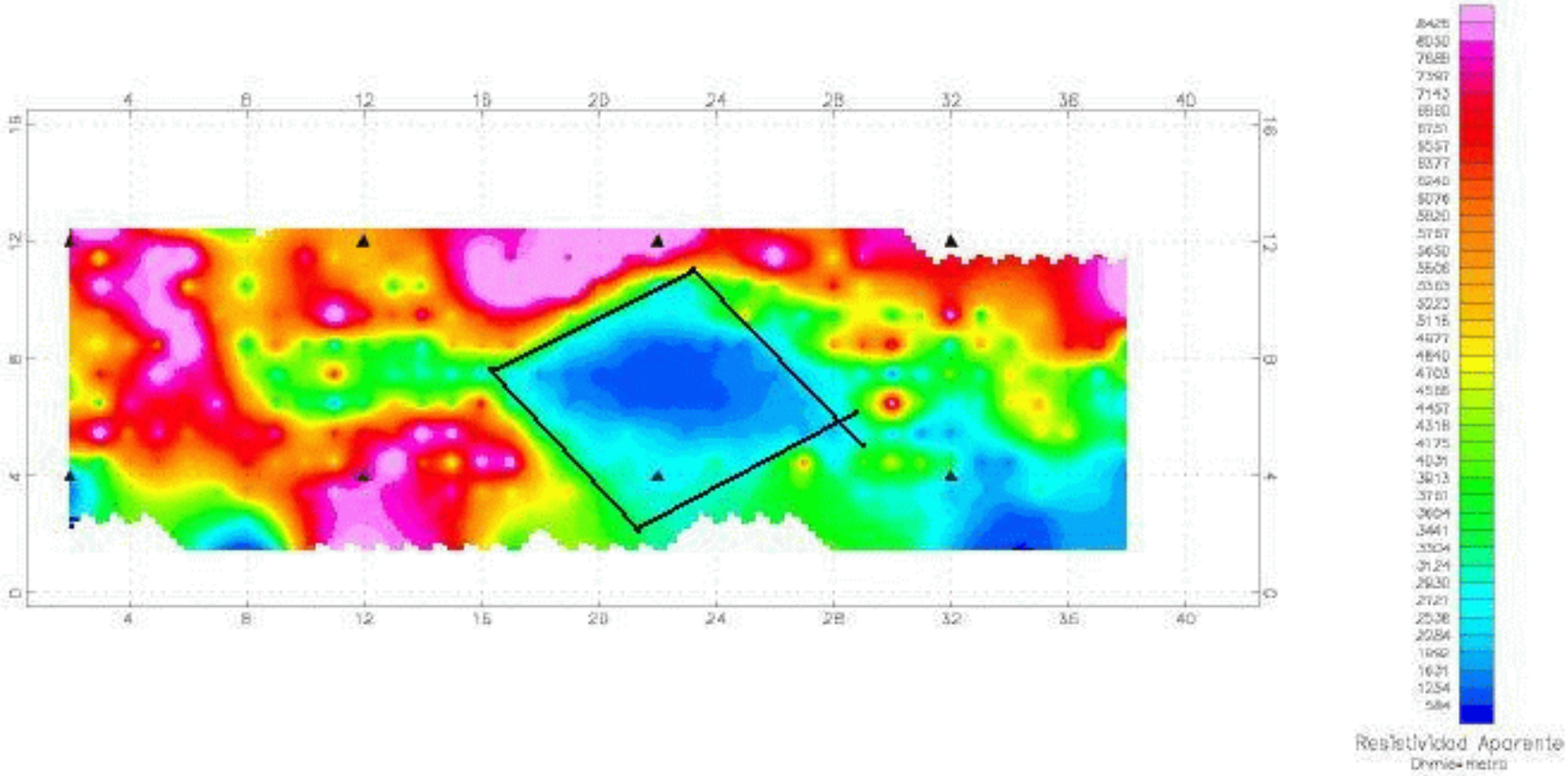
Mapa de Resistividad Aparente (Ohm.m)

Dispositivo Wenner a=2m

2.5 0 2.5

(metros)

FIGURA 6-EL-2



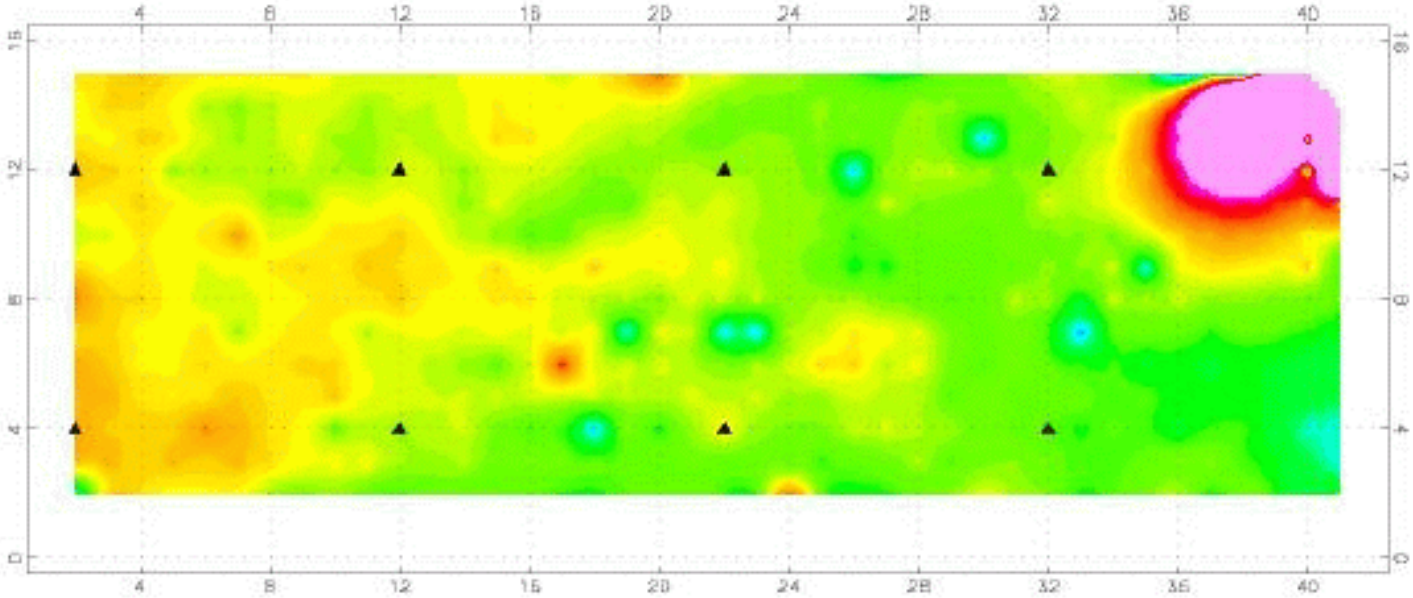
CASTRO DE ELVINA (ZONA 6)

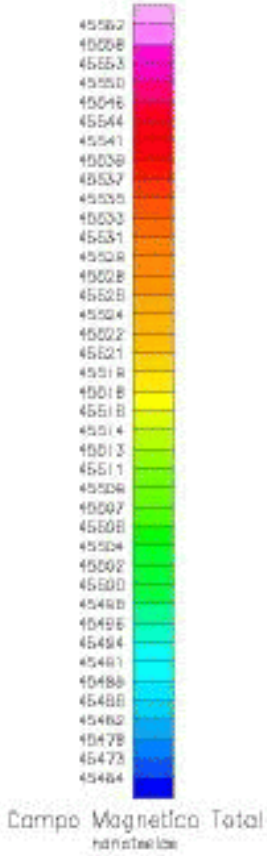
Mapa de Resistividad Aparente (Ohm . m)

Dispositivo Dipolo-Dipolo a=1m

(metros)

FIGURA 6-MG-1

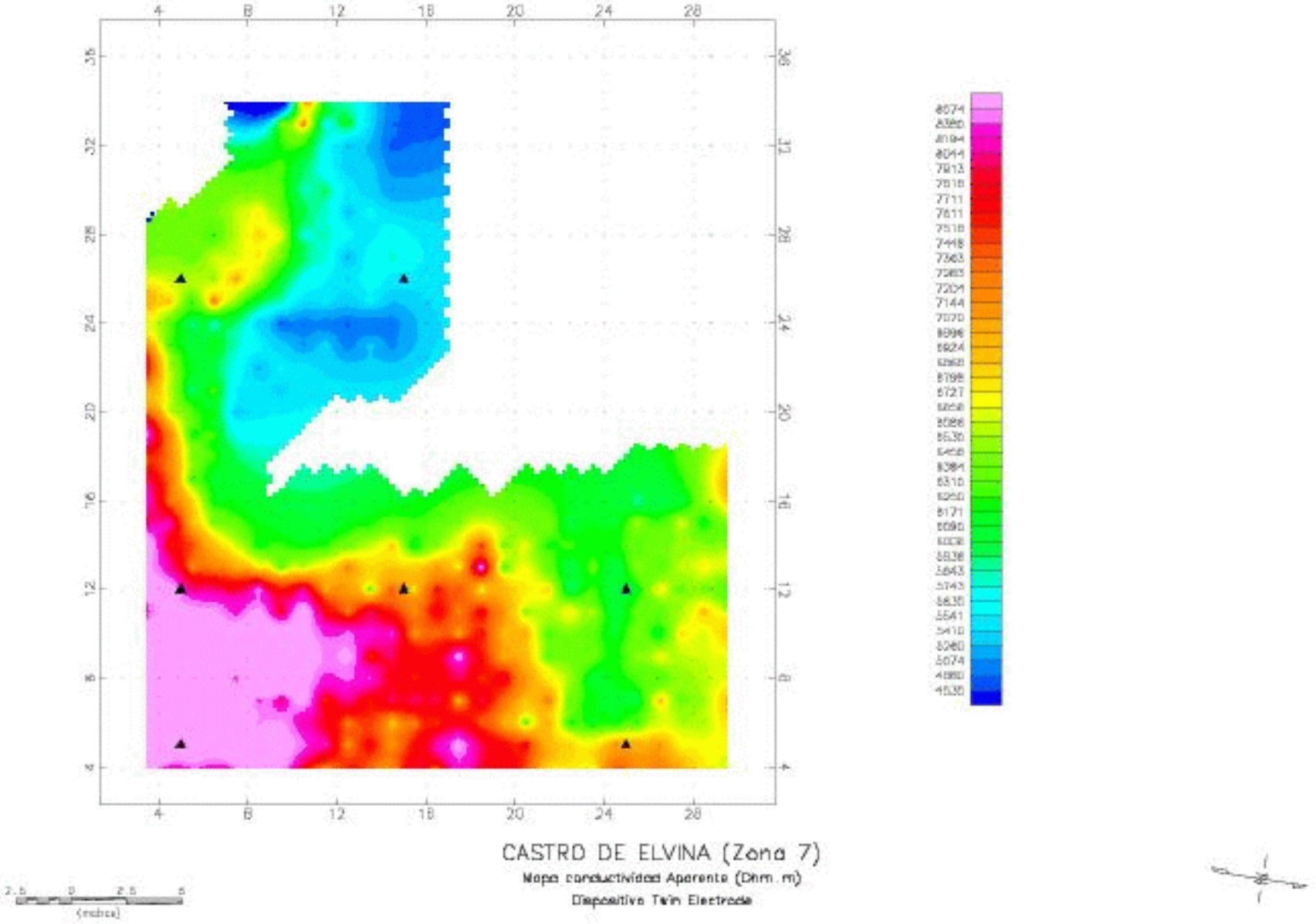




CASTRO DE ELVINA (ZONA 6)

Mapa de Campo Magnetico Total (nT)

FIGURA 7-EL-1

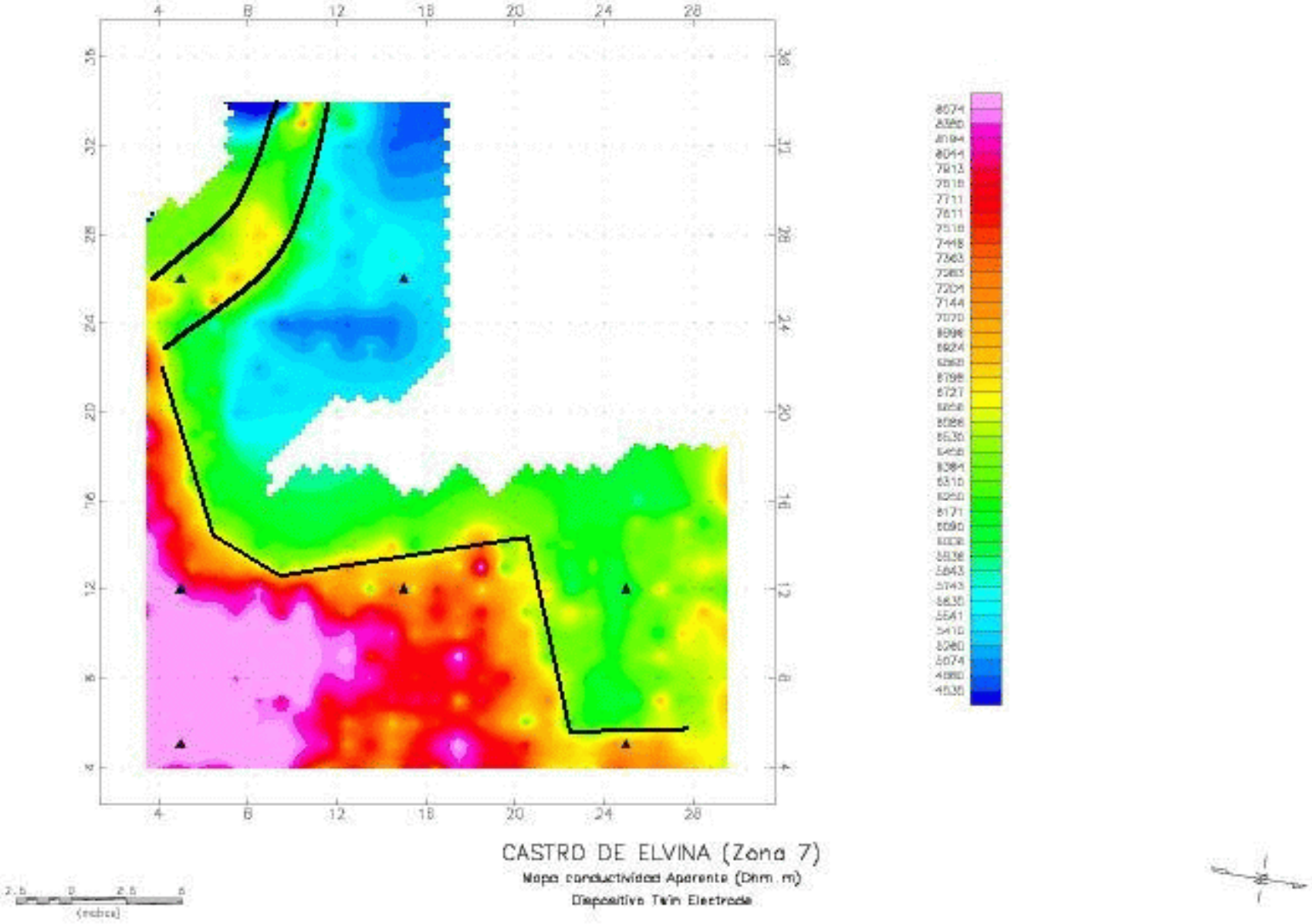


CASTRO DE ELVINA (Zona 7)

Mapa conductividad Aparente (Ohm.m)

Dispositivo Twin Electrode

FIGURA 7-EL-2

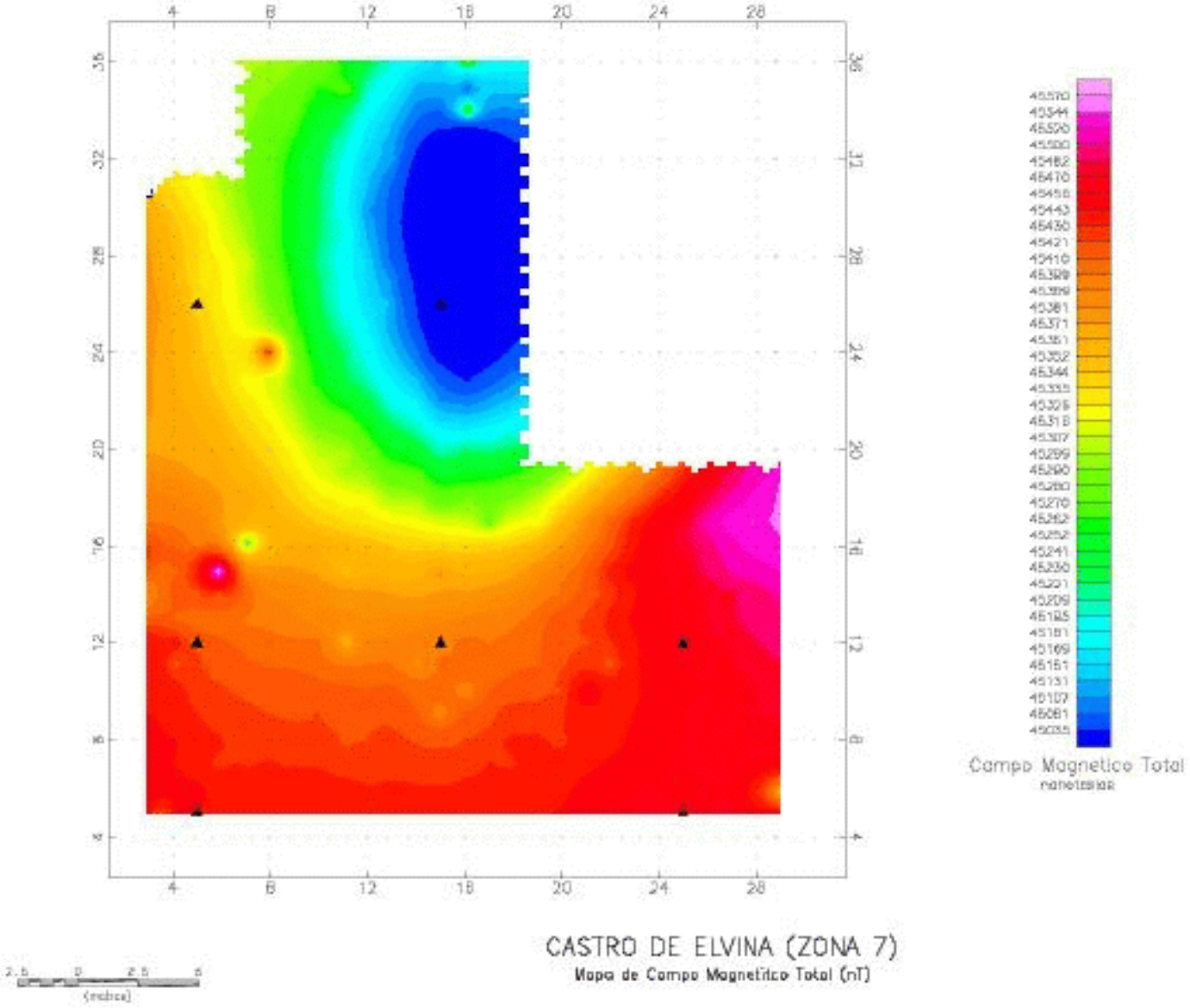


CASTRO DE ELVINA (Zona 7)

Mapa conductividad Aparente (Ohm.m)

Dispositivo Twin Electrode

FIGURA 7-MG-1



CASTRO DE ELVINA (ZONA 7)

Mapa de Campo Magnetico Total (nT)

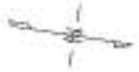
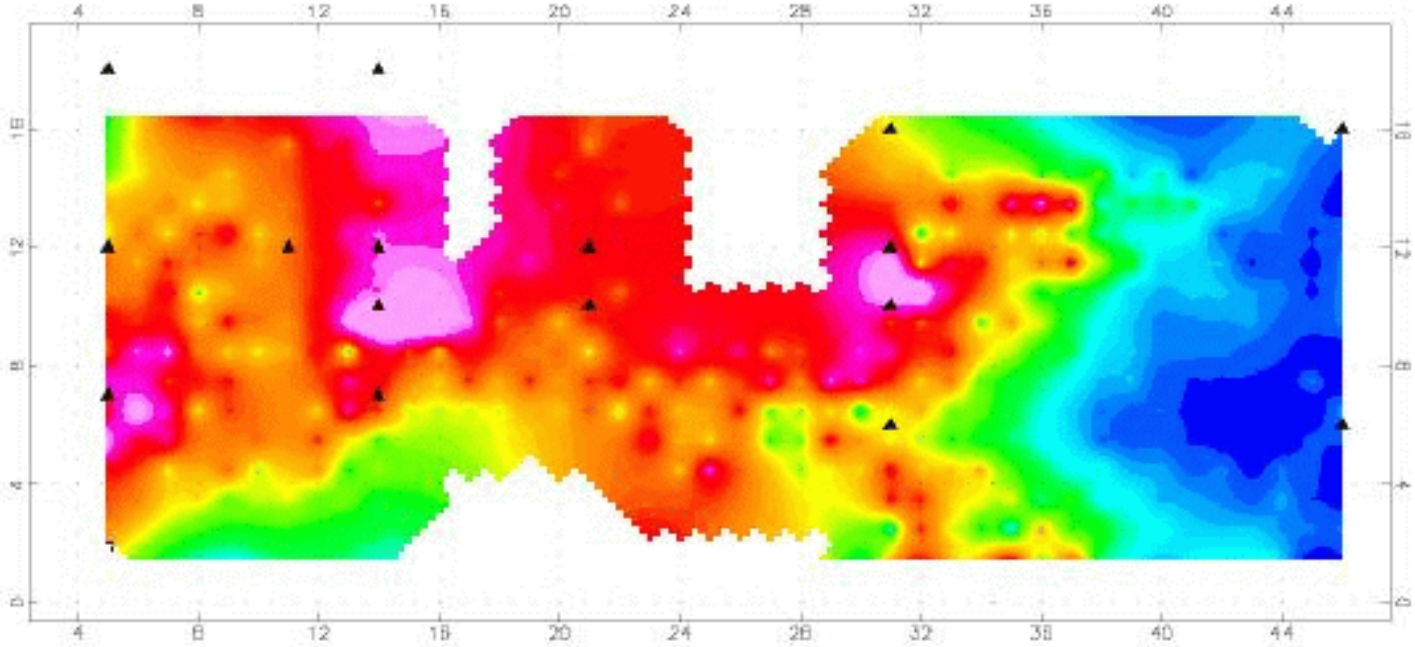
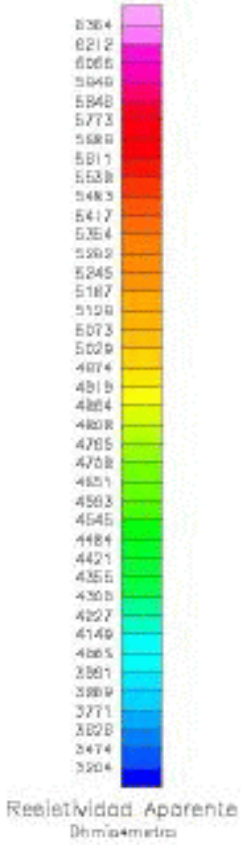


FIGURA 8-EL-1



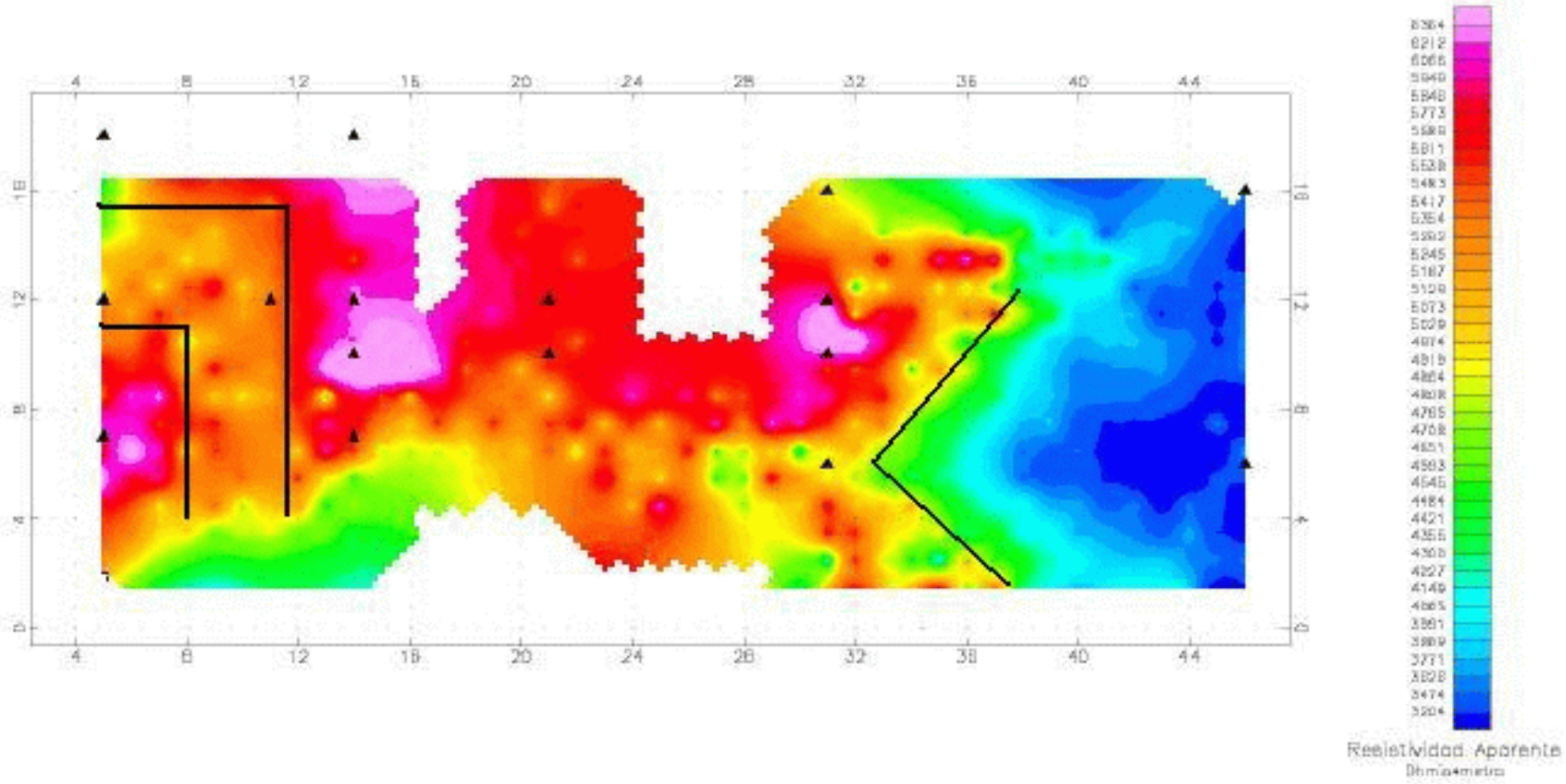


CASTRO DE ELVINA (ZONA 8)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm . m)

Dispositivo Twin Electrode

FIGURA 8-EL-2



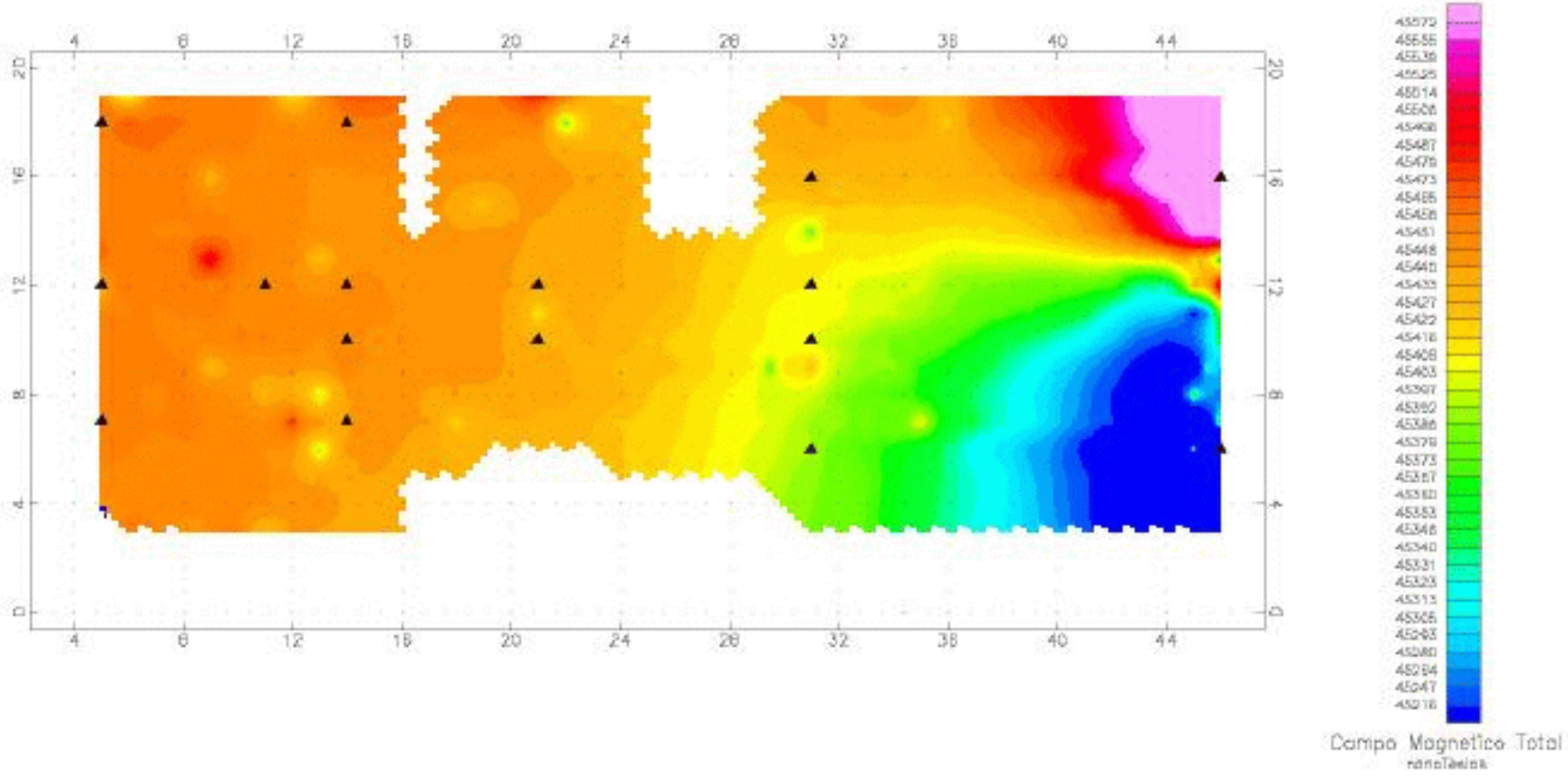
CASTRO DE ELVINA (ZONA 8)

Mapa de Resistividad Aparente (Ohm . m)

Dispositivo Twin Electrode

(metros)

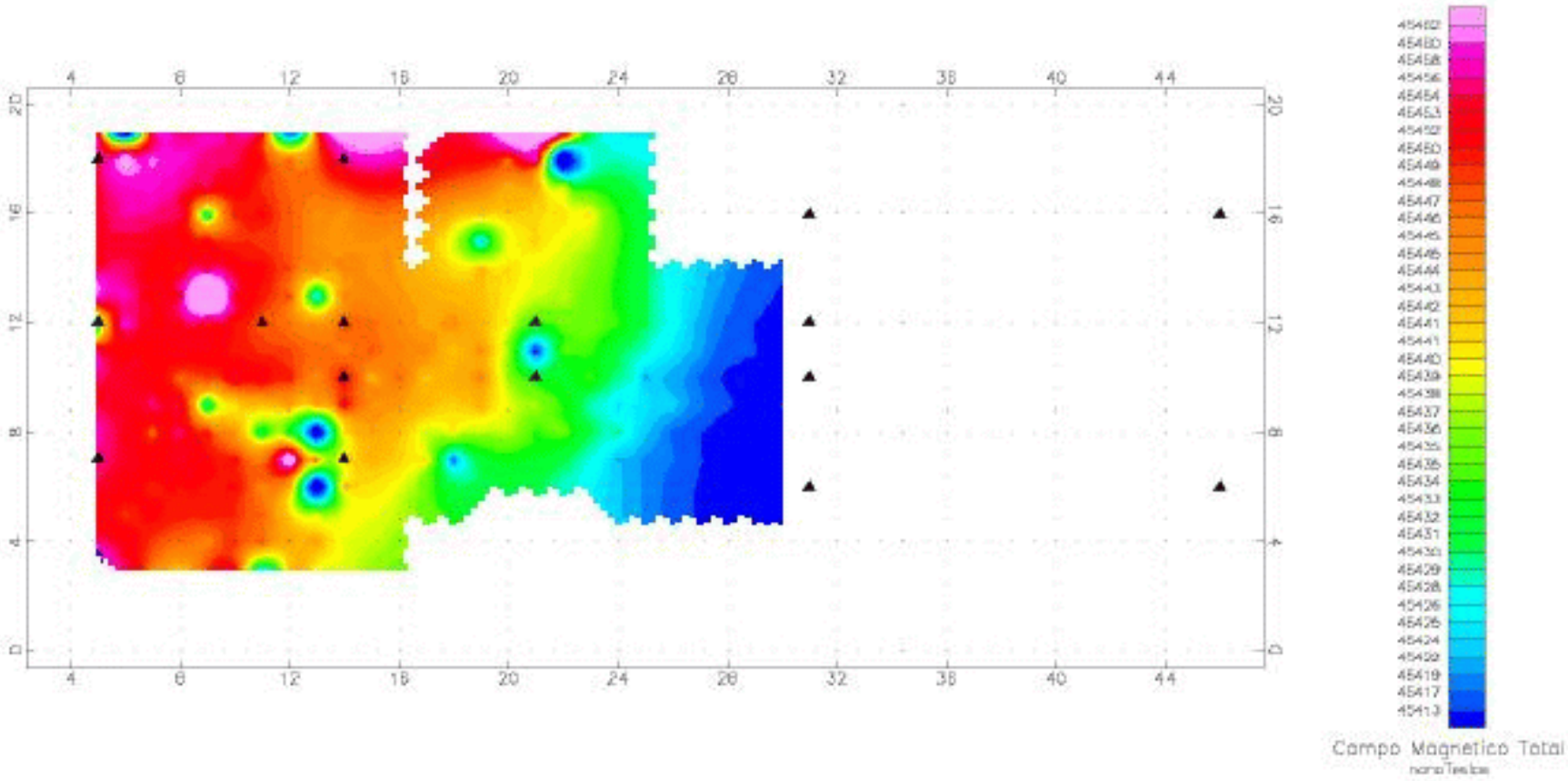
FIGURA 8-MG-1



CASTRO DE ELVINA (ZONA 8)

Mapa de Campo Magnético Total (nT)

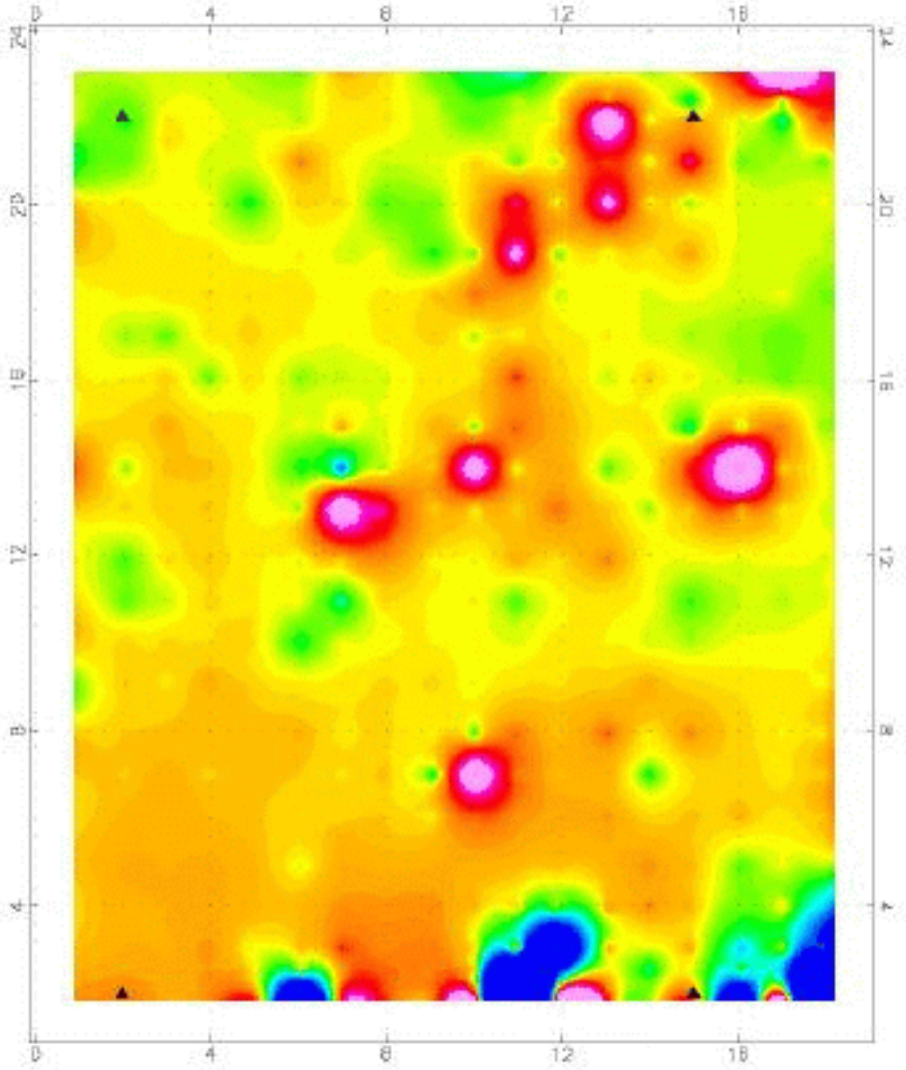
FIGURA 8-MG-2

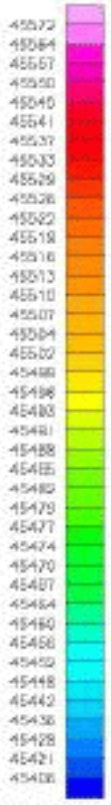


CASTRO DE ELVINA (ZONA 8)

Mapa de Campo Magnetico Total (nT)

FIGURA 9-MG-1





CASTRO DE ELVINA (ZONA 9)

Mapa de Campo Magnetico Total (nT)