



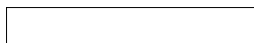
MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA

 Instituto Geológico
y Minero de España

**INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA DE LA UNIDAD
HACHO DE LORA-MINGO-GIUNCHON Y
NIVELACIÓN DE LA RED DE PIEZOMETRÍA DE
LOS ACUÍFEROS DE LA SIERRA DE ESTEPA
(SEVILLA).**

IGME

JULIO 2007





ÍNDICE

1. Introducción y objetivos	1
2. Metodología Geofísica	4
3. Resultados y conclusiones	8
4. Estudio Topográfico de Nivelación	
A.-Introducción	32
B.-Trabajo Realizado	32
B.1.- Composición del Equipo	33
B.2.- Topografía	33
B.3.- Medidas y Cálculos	34
C.- Resultados Obtenidos	35
5. APÉNDICE A: Breve explicación de los métodos	37
6. APÉNDICE B: Instrumentación	42
7. APÉNDICE C: Modelos SEDT	49
8. APÉNDICE D: Figuras de SEDT	52
9. APÉNDICE E: Planos de Sísmica	69





La Dirección Técnica, Supervisión, Trabajo de Campo y Redacción del informe han sido realizados por:

Dirección Técnica y Supervisión:

D. Miguel Martín Machuca. Ingeniero de Minas. IGME
D. Sergio Martos Rosillo. Geólogo. IGME

Trabajo de campo y Redacción:

Dña. Isla Fernández Rodríguez, Geofísica, Geognosia S.L.L.
D. Carlos Gata Maya. Geofísico. Geognosia S.L.L.
D. Emilio Mora Pérez. Operador especializado. Geognosia S.L.L.
D: Yolanda Verges. Geóloga. Geognosia S.L.L.



1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

La explotación de las aguas subterráneas de los acuíferos del Hacho de Lora – Mingo-Guinchón, al este de la provincia de Sevilla, permite abastecer la demanda urbana de las poblaciones sevillanas de Casariche, La Roda de Andalucía, Lora de Estepa y Badolatosa. Las sierras del Hacho de Lora-Mingo-Guinchón están constituidas por la unidad geológica del mismo nombre, atribuida al Dominio Subbético Externo meridional. Esta unidad geológica cabalga a la unidad de Becerrero y está representada por cuatro bloques jurásicos desenraizados a favor del Trías en facies germano-andaluza, que suman una superficie de afloramientos carbonáticos permeables de 8,6 km². El modelo geológico de los acuíferos a los que da lugar esta unidad tiene importantes repercusiones en su funcionamiento hidrogeológico y en la respuesta hidrodinámica que sucede cuando se produce un incremento apreciable del volumen de bombeo, como el que se está dando en la actualidad. Por este motivo es necesario avanzar en el conocimiento hidrogeológico de estos acuíferos.

El objetivo principal de este trabajo responde a la necesidad de evaluar la capacidad de almacenamiento de los acuíferos de la unidad del Hacho de Lora-Mingo-Guinchón, ya que de ellos se abastecen de forma exclusiva, sin otras alternativas de suministro a corto y medio plazo, distintas localidades de la provincia de Sevilla. Es necesario conocer el volumen de roca saturado en los cuatro acuíferos que integran esta unidad geológica con vistas a establecer una reordenación de las captaciones que permita plantear una explotación sostenible del acuífero.

De forma más concreta, este trabajo contempla como objetivos más inmediatos los siguientes:

1. Conocer el espesor de los cuatro acuíferos que forman la unidad geológica del Hacho de Lora-Mingo-Guinchón y mejorar el conocimiento de sus límites. Para ello se aplicaran técnicas indirectas geofísicas para determinar la posición del muro de los acuíferos, que se supone en una fractura de bajo ángulo y que pone en contacto los materiales impermeables del Trías con las calizas y dolomías permeables del Jurásico.
2. Determinar, de forma precisa, la cota topográfica de la superficie piezométrica en los cuatro acuíferos. Este estudio permitirá analizar el grado de continuidad hidráulica y, conocida la estructura en profundidad del acuífero, el espesor de roca saturada.



3. Establecer el grado del desarrollo del epikarst, ya que esta capa de alteración superficial de los acuíferos kársticos condiciona de forma evidente la capacidad de recarga de los mismos y el tiempo de residencia del agua en el acuífero.

Para alcanzar estos objetivos se han realizado las siguientes actividades:

1. Campaña de prospección con sondeos electromagnéticos en el dominio de los tiempos (15 SEDT de 100mx100m).
2. Realización de perfiles de sismica de refracción en los principales sectores de recarga de cada acuífero (6 perfiles de 120m y 5 tiros).
3. Nivelación topográfica y determinación de coordenadas UTM de los principales puntos acuíferos (19 puntos).
4. Tratamiento y análisis de la información. Elaboración de planos en soporte informático.

Toda la información obtenida se ha reflejado en esta Memoria, en la que se incluyen los resultados y las conclusiones obtenidas.

Este trabajo se enmarca en el Convenio entre la Exma. Diputación de Sevilla y el IGME, entre las actividades que se contemplan en el “Proyecto de asesoramiento permanente a la Diputación de Sevilla en temas relacionados con la Hidrogeología”, firmado el 15 de noviembre de 2006

El presente estudio fue realizado en el mes de Julio de 2007.



2.- METODOLOGÍA

2.- METODOLOGÍA

ESTUDIO ELECTROMAGNÉTICO EN EL DOMINIO DE TIEMPOS:

Para la realización de este estudio electromagnético en el dominio de tiempos se empleó un equipo para prospección electromagnética de la marca ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION que constaba de un receptor GDP-32, un transmisor ZT-30 y demás equipos y accesorios necesarios para la realización de este tipo de estudios (para más detalle ver Apéndice B).

La realización del trabajo de campo siguió estos pasos:

- Se calibra internamente el receptor, para controlar que no tiene fallos internos. El receptor emite una señal de 1 voltio, y el mismo receptor lee esta señal. Si la medida es cercana a 1 voltio, es que no hay problemas. Esta medida de control se realiza una vez al comenzar cada campaña.
- Se sincronizan el receptor y el transmisor para que el receptor conozca la señal emitida por el transmisor y en todos los casos se mida en ausencia de corriente, y por lo tanto en ausencia del campo magnético primario. Esta sincronización se realiza cada día de trabajo, ya que cada vez que se apaga el receptor o la caja controladora del transmisor se pierde la sincronización.
- Se mide cada estación a tres frecuencias de emisión (4Hz, 8Hz y 16Hz) como método de control de errores (hay determinados tipos de ruidos externos que cambiando de frecuencias se pueden evitar). Cada medida se repite tres veces para discriminar las ventanas con ruido.
- Se comprueba en campo si en cada estación se ha llegado a la profundidad requerida a priori. La visualización de los datos en el campo permite determinar con cierta precisión si los datos medidos son lo suficientemente limpios para llegar a una profundidad determinada, pero la determinación de la profundidad del estudio puede variar respecto a la estimada en campo con el receptor de manera notable después de depurar los datos y modelarlos con algoritmos más precisos que los que usa el receptor.

- En algún caso se tuvo que modificar un poco la posición propuesta para evitar el ruido electromagnético externo.
- Todas las coordenadas de las medidas se presentan en UTM Huso 30 Norte DATUM ED50.

Una vez realizada la toma de datos en campo se pasa al procesado e interpretación de los perfiles en gabinete. Dentro de esta etapa podemos destacar:

- Se depuraron los datos y se modelaron las medidas tomadas en el centro del bucle. Se modelan todas las diferentes frecuencias y se decide para cual de ellas tenemos los datos más limpios.
- Todos los datos se modelan con diferente peso de suavizado y peso del modelo inicial para poder conseguir los modelos más cercanos al modelo geológico esperado (Para más información sobre el programa de modelado ver Apéndice C).

PERFIL DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN:

El perfil de sismica de refracción se realizó de 120 metros de longitud con 24 geófonos, separados cada cinco metros, y cinco puntos de disparo, separados cada 30 metros (ver figura 1).

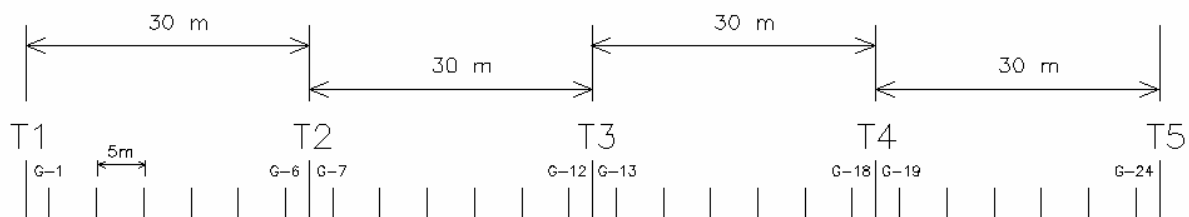


Figura 1.- Distribución de geófonos y puntos de disparo para un perfil sísmico de 120 metros de longitud.



Para la realización del estudio sísmico se utilizó un sismógrafo SMARTSEIS marca GEOMETRICS junto con los distintos accesorios necesarios para la realización de sísmica de refracción.



3.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES



3.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Método Electromagnético en el Dominio de Tiempos (SEDT)

A continuación pasamos a describir cada bucle en la frecuencia de emisión para la que hemos obtenido los datos más precisos. Para esta frecuencia se han realizado diferentes modelos, usando distintos pesos de suavizado para cada modelo (Ver APENDICE C para obtener más información sobre los modelos), se presentan solo los que se han considerado más adecuados después del análisis de los datos y de la interpretación.

Las imágenes con las curvas de caída y las curvas modeladas, con la resistividad respecto a la profundidad se encuentran además en el APENDICE D.

La estación a1 se mide con mucho ruido por estar muy cerca de una línea eléctrica y cerca de antenas y tres pozos con bomba para extracción de agua, por lo que se repite variando su posición y se renombra como a11. Excepto la medida a2 que también tiene bastante ruido, el resto de medidas son muy limpias.

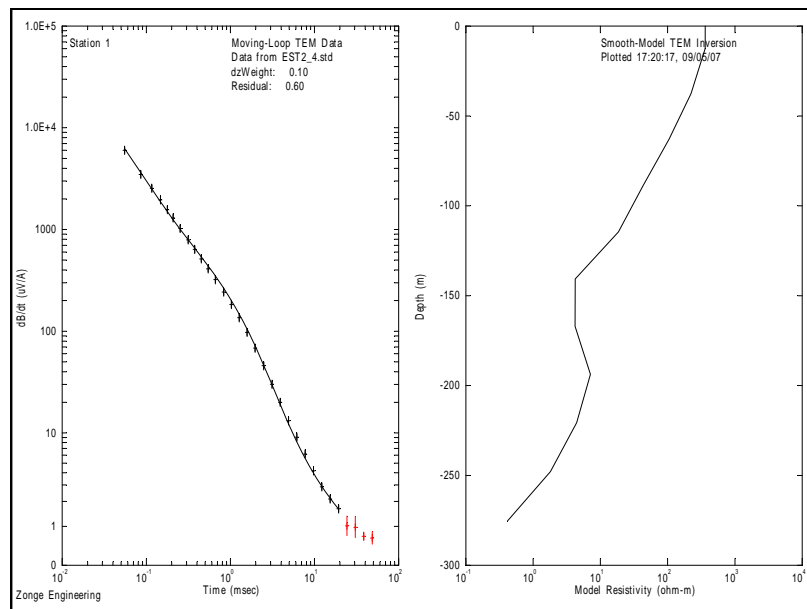
Vamos a presentar las estaciones agrupadas según objetivos geológicos:

1.- Medidas Electromagnéticas realizadas sobre calizas. El objetivo es conocer hasta que profundidad llegan estas calizas.

BUCLE M1. X: 336930, Y: 4130785

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-140 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 400 Ohm-m hasta 4 Ohm-m
140-170 metros	capa de unos 4 Ohm-m
170-190 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 4 Ohm-m hasta 9 Ohm-m
190-240 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 9 Ohm-m hasta 1 Ohm-m
240 metros -	capa o conjunto de capas con tendencia a la disminución de la resistividad

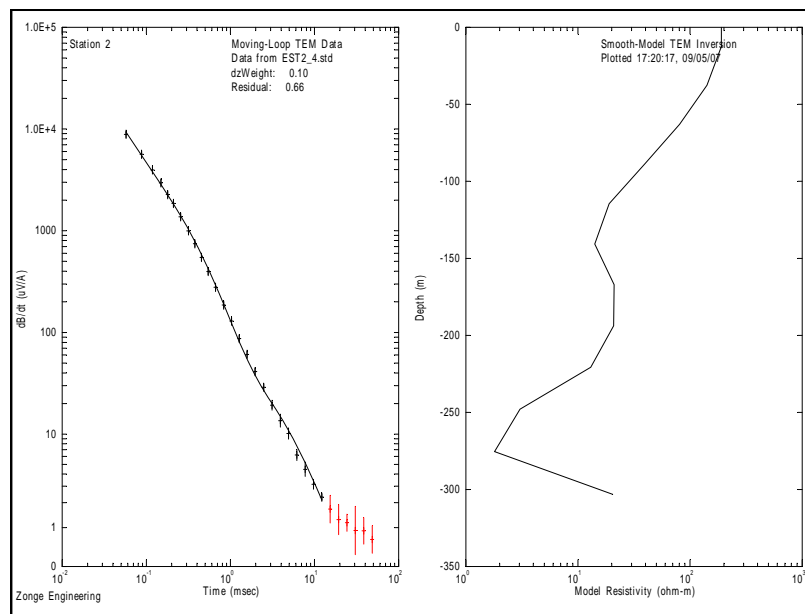
Esta muy claro que por debajo de una capa resistiva (calizas) encontramos una capa conductora, pero lo que no esta claro con este bucle es a que profundidad se encuentra este contacto, ya que tenemos una tendencia a la disminución de la resistividad desde los 0 metros hasta los 140metros,

pero es una disminución muy constante, lo que podemos afirmar es que a 140 metros de profundidad claramente se encuentra la capa conductora (margas). Sabiendo que las calizas están muy alteradas en el muro del acuífero y pasan a ser unas dolomías muy oquerosas, que acaban prácticamente transformándose en una arena dolomítica en la zona del contacto con las margas, podríamos asignar el muro del acuífero a unos 110 metros, profundidad a la que vemos un cambio de tendencia en la disminución de la resistividad.

BUCLE M2. X: 337015, Y: 4131025

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-110 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 200 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
110-220 metros	capa de unos 20 Ohm-m
220-250 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 3 Ohm-m
250-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 3 Ohm-m hasta 2 Ohm-m
280 metros -	capa o conjunto de capas con tendencia al aumento de la resistividad

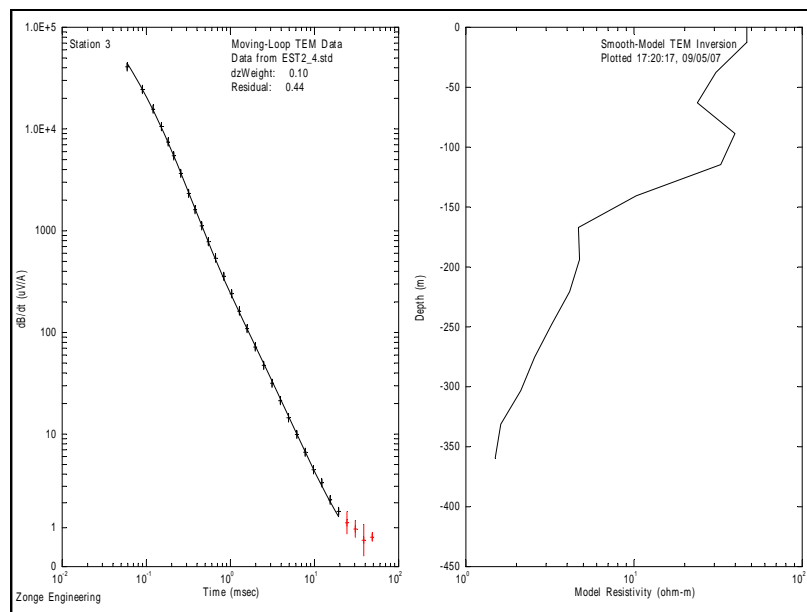
La información aportada por este bucle es muy similar a la aportada por el bucle anterior, pero en este caso la capa conductora (margas) está menos profunda a unos 110 metros. El contacto con la capa resistiva (calizas) estará un poco por encima pero de nuevo el contacto es gradual. Se repite la situación que en el bucle anterior, el contacto entre calizas y margas pasa por una zona de alteración de las calizas que acaban prácticamente transformándose en una arena dolomítica, por lo que es lógica una tendencia a la disminución de la resistividad y no un contacto claro, el muro del acuífero está según la información de este modelo, a unos 70 metros.

En esta medida a partir de 280 metros hay una tendencia clara al aumento de la resistividad, sabiendo que por debajo de las margas encontramos niveles de yesos, sal o dolomías, podríamos asignar esta tendencia a cualquiera de estos materiales.

BUCLE M3. X: 336570, Y: 4130930

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-70 metros

capa o conjunto de capas que varían desde 50 Ohm-m hasta 20 Ohm-m

70-90 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 40 Ohm-m
90-110 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 40 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
110-170 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m hasta 4 Ohm-m
170-200 metros	capa de unos 4 Ohm-m
200 metros -	capa o conjunto de capas con tendencia a la disminución de la resistividad

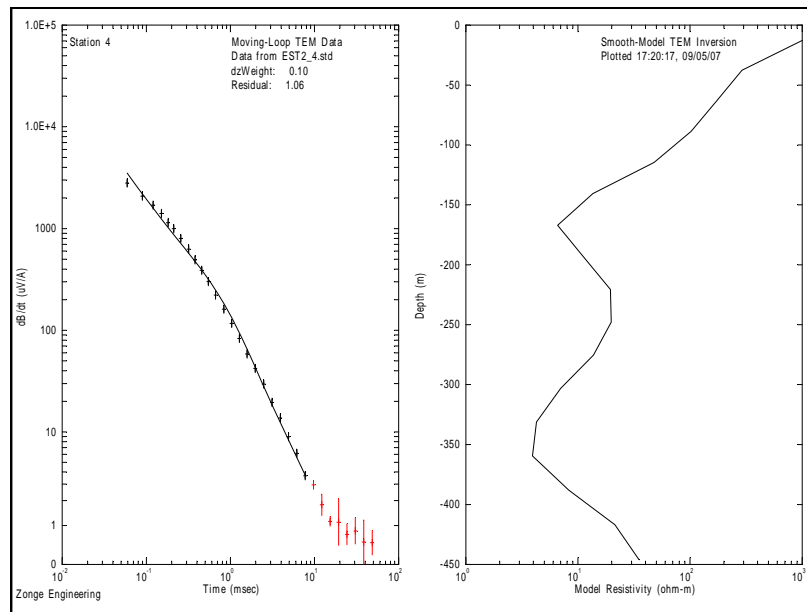
Este bucle no tiene valores de resistividad que se puedan relacionar con calizas, ya que los máximos valores son de 50 Ohm-m y son muy bajos para calizas, pero por debajo tenemos una capa mucho más conductora a unos 170 metros, de valores parecidos a las capas que hemos relacionado con la capa conductiva (margas) en los dos bucles anteriores. Si los valores de 50 Ohm-m corresponden a calizas alteradas el contacto con las margas en este caso lo podríamos asignar a unos 120 metros de profundidad.

En el punto donde se ha medido este SEDT se conoce un tramo margoso que puede tener una potencia entre 25 a 60 metros, que podría ser la capa en la que disminuye la resistividad cerca de superficie (entre 30 y 80 metros de profundidad).

BUCLE M4. X: 336770, Y: 4131300

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-40 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 1000 Ohm-m hasta 300 Ohm-m
40-140 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 300 Ohm-m hasta 15 Ohm-m
140-160 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 15 Ohm-m hasta 6 Ohm-m
160-220 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 6 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
220-250 metros	capa de unos 20 Ohm-m
250-330 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 4 Ohm-m
330-360 metros	capa de unos 4 Ohm-m
360-420 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 4 Ohm-m hasta 25 Ohm-m
420 metros -	capa o conjunto de capas con tendencia al aumento de la resistividad

La información de nuevo es muy parecida a los dos primeros bucles, el contacto entre la capa resistiva (calizas) y la capa conductiva (margas) se encuentra entre 40 y 140 metros de

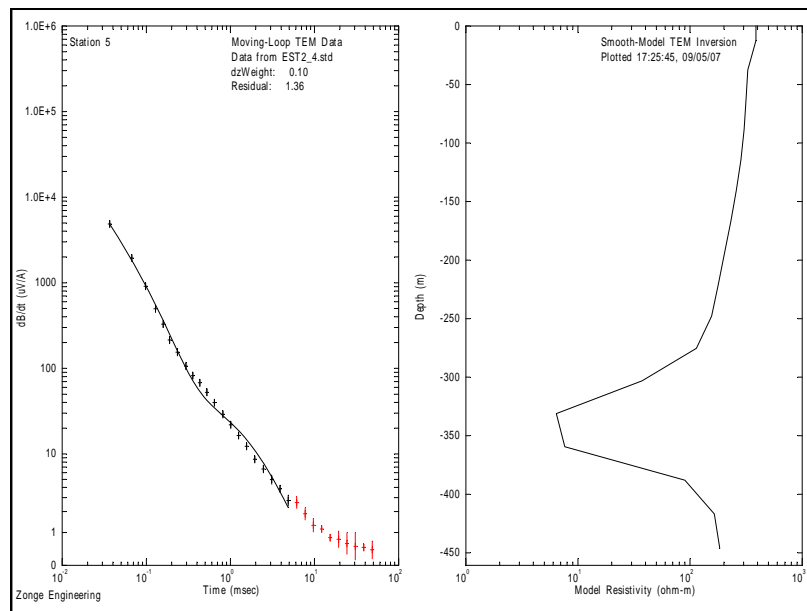
profundidad. De nuevo encontramos un cambio de tendencia a unos 110 metros de profundidad, punto al que asignamos el muro del acuífero.

También en esta medida como en M2 a partir de 360 metros hay una tendencia clara al aumento de la resistividad, podríamos asignar esta tendencia a los niveles de yesos, sal o dolomías.

BUCLE H1. X: 337790, Y: 4127560

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



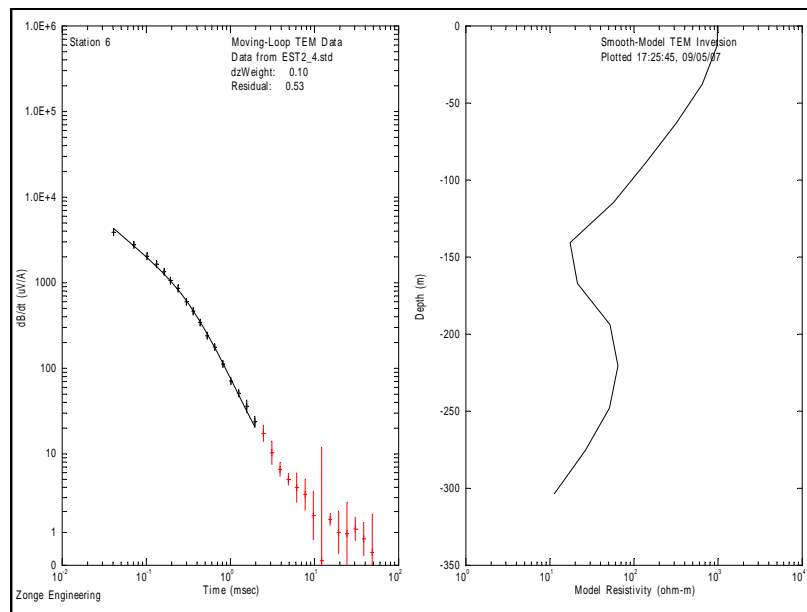
0-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 400 Ohm-m hasta 200 Ohm-m
280-330 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 200 Ohm-m hasta 6 Ohm-m
330-360 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 6 Ohm-m hasta 8 Ohm-m
360-380 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 8 Ohm-m hasta 90 Ohm-m
380-420 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 90 Ohm-m hasta 200 Ohm-m
420 metros -	capa de unos 200 Ohm-m

En esta medida el contacto entre la capa resistiva (calizas) y conductiva (margas) esta entre 280 y 330 metros de profundidad. Por la forma de la curva se puede afirmar que en este caso el muro del acuífero se encuentra a unos 310 metros.

BUCLE H3. X: 336925, Y: 4129110

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-140 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 1000 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
140-170 metros	capa de unos 20 Ohm-m
170-190 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 50 Ohm-m
190-220 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 50 Ohm-m hasta 70 Ohm-m
220-250 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 70 Ohm-m hasta 50 Ohm-m
250 metros -	capa o conjunto de capas con tendencia a la disminución de la resistividad

De nuevo no encontramos un contacto nítido, pero claramente pasamos de una capa resistiva (calizas) a una capa conductiva (margas) que esta a 140 metros de profundidad. Considerando el

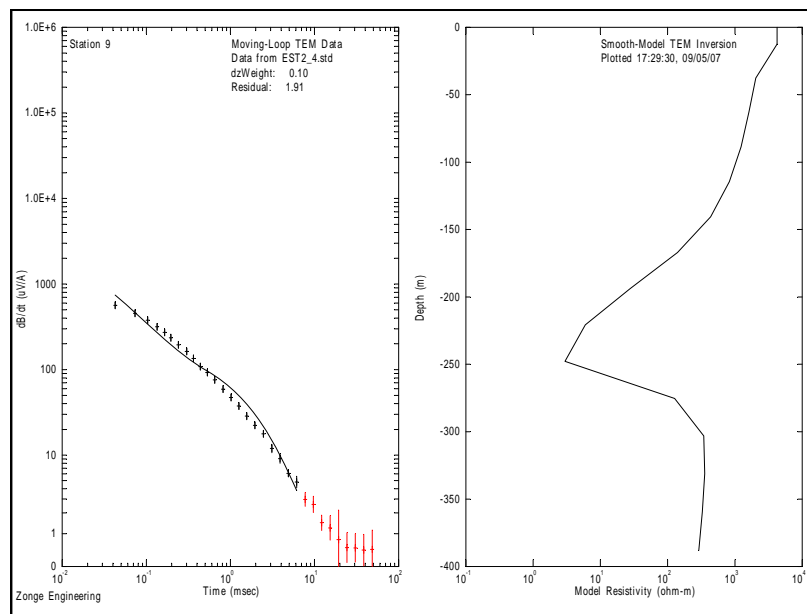
paso gradual de las calizas a las dolomías como en bucles anteriores, el muro del acuífero se encontrará cerca de los 120 metros de profundidad.

Sabiendo que por debajo de las margas se podrían encontrar niveles de sales, yesos dolomías o calizas, podemos afirmar que los valores de resistividad de las capas con resistividades entre 50 y 70 Ohm-m son asignables de dolomías algo alteradas.

BUCLE A11. X: 340405, Y: 4125270

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-40 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 7000Ohm-m hasta 2000Ohm-m
40-140 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 2000 Ohm-m hasta 500 Ohm-m
140-220 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 500 Ohm-m hasta 5 Ohm-m
220-250 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 5 Ohm-m hasta 3 Ohm-m
250-270 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 3 Ohm-m hasta 300 Ohm-m
270 metros -	capa de unos 300 Ohm-m

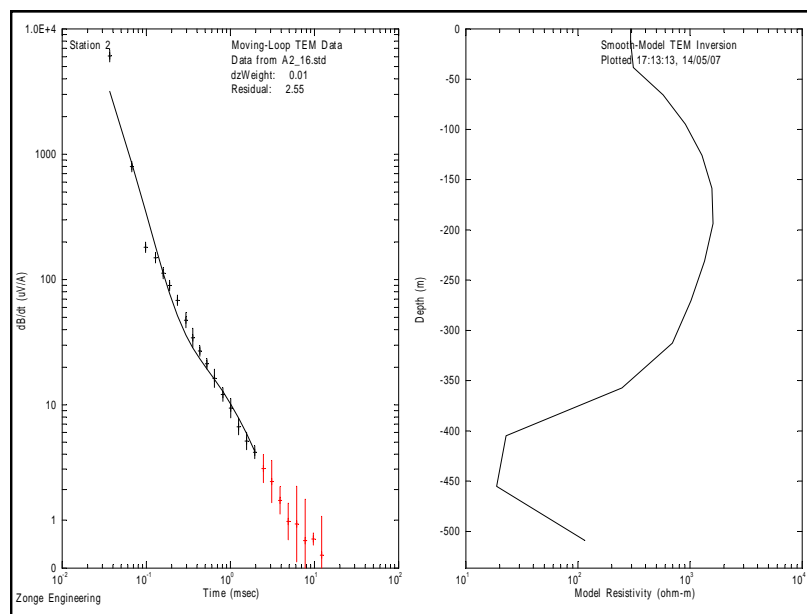
Ese bucle comienza en una zona mucho más resistiva que las anteriores. El contacto entre la capa resistiva y conductiva se encuentra entre 140 y 220 metros de profundidad, teniendo en cuenta las mismas consideraciones que para puntos anteriores (el paso gradual de las calizas a dolomías y la alteración de éstas últimas cerca del contacto) el contacto con las margas se encontrara por debajo del punto medio de la capa con tendencia a los valores propios de margas, a unos 200 metros de profundidad.

BUCLE A2. X: 340015, Y: 4126140

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 16Hz

Observaciones: Pozo de agua y alambradas. Antenas a unos 800m



0-150 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 300 Ohm-m hasta 1500 Ohm-m
150-180 metros	capa de unos 1500 Ohm-m
180-320 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 1500 Ohm-m hasta 700 Ohm-m
320-360 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 700 Ohm-m hasta 300 Ohm-m
360-400 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 300 Ohm-m hasta 20 Ohm-m

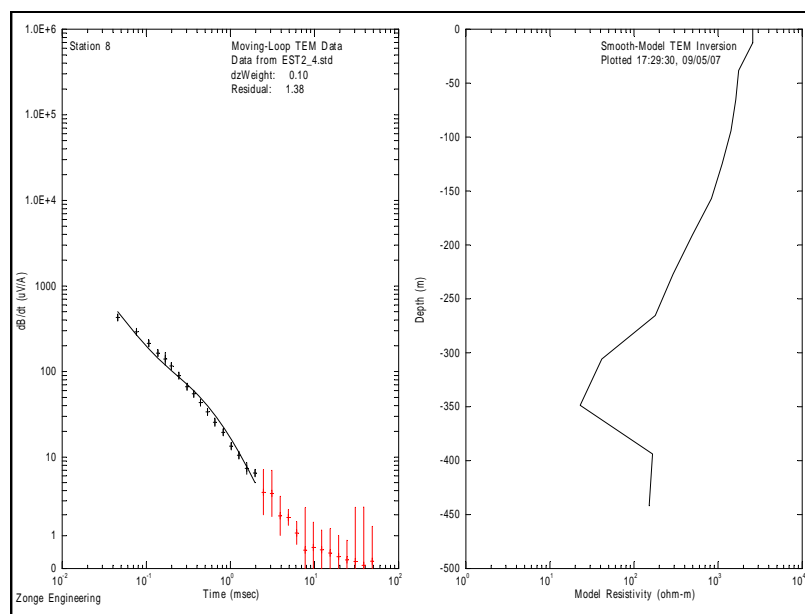
400-460 metros capa de unos 20 Ohm-m
460 metros - capa o conjunto de capas con tendencia al aumento de la resistividad

Esta medida es muy diferente a las anteriores, ya que por debajo de la primera capa de unos 300 Ohm-m, tenemos otra más resistiva todavía. Es entre 320 y 360 metros de profundidad donde pasamos a una capa con valores de conductividad propios de margas.

BUCLE A3. X: 339960, Y: 4126355

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



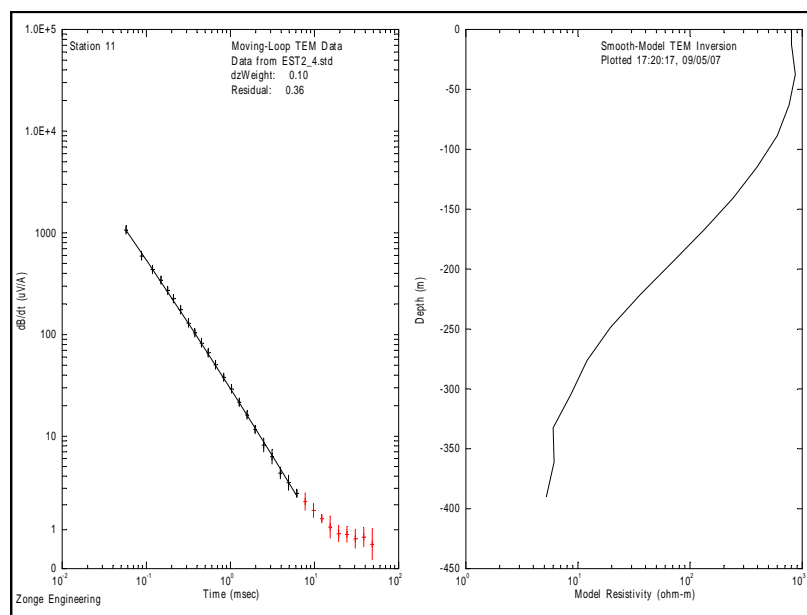
0-40 metros capa o conjunto de capas que varían desde 2500 Ohm-m hasta 2000 Ohm-m
40-260 metros capa o conjunto de capas que varían desde 2000 Ohm-m hasta 200 Ohm-m
260-300 metros capa o conjunto de capas que varían desde 200 Ohm-m hasta 40 Ohm-m
300-350 metros capa o conjunto de capas que varían desde 40 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
350-390 metros capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m hasta 200 Ohm-m
390 metros - capa de unos 200 Ohm-m

El contacto entre el resistivo (calizas) y la capa conductiva (margas) se encuentra entre 260 y 300 metros de profundidad.

BUCLE P4. X: 339180, Y: 4122420

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-50 metros	capa de unos 800 Ohm-m
50-330 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 800 Ohm-m hasta 7 Ohm-m
330-370 metros	capa de unos 7 Ohm-m
370 metros -	capa con una ligera tendencia a la disminución de la resistividad

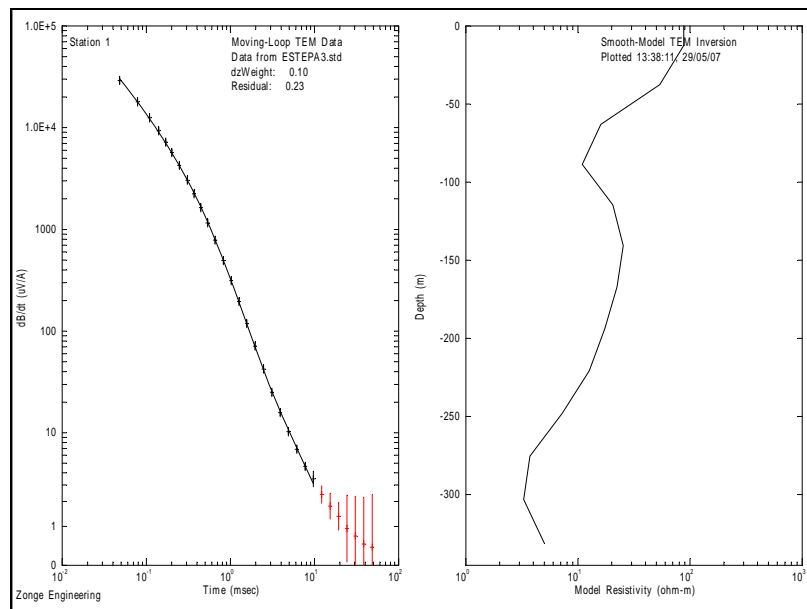
En este caso encontramos una capa con valores muy bajos de resistividad (7 Ohm-m) a 330 metros, y el contacto entre la primera capa resistiva (calizas) y la segunda es muy gradual, por lo que podríamos asignar el contacto por debajo del punto medio de esta capa (ya que sabemos que las calizas pasan a dolomías y las dolomías se alteran en profundidad), a unos 230 metros de profundidad.

2.- **Medidas Electromagnéticas realizadas sobre materiales cuaternarios. El objetivo es conocer el espesor del relleno del cuaternario y si debajo de las margas miocenas hay calizas o no.**

BUCLE P1. X: 340670, Y: 4123680

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



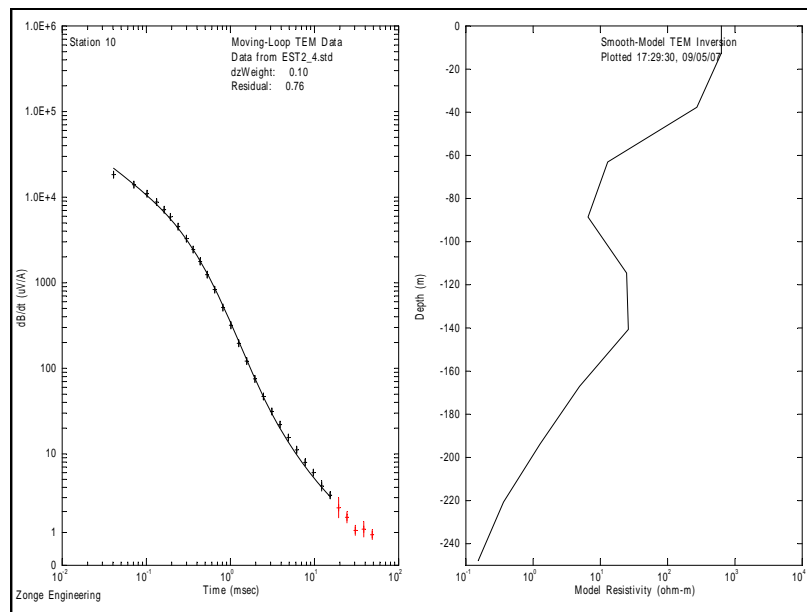
0-40 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 90 Ohm-m hasta 60 Ohm-m
40-60 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 60 Ohm-m hasta 15 Ohm-m
60-90 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 15 Ohm-m hasta 10 Ohm-m
90-140 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 10 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
140-270 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m hasta 4 Ohm-m
270-310 metros	capa de unos 4 Ohm-m
310 metros -	capa con tendencia al aumento de la resistividad

La capa inicial es más conductiva que en las medidas anteriores ya que nos encontramos sobre materiales cuaternarios, no se observan valores propios de calizas (solo cerca de superficie 90 Ohm-m) en toda la columna, teniendo datos limpios hasta unos 330 metros de profundidad.

BUCLE P2. X: 340540, Y: 4123270

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-40 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 600 Ohm-m hasta 300 Ohm-m
40-60 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 300 Ohm-m hasta 10 Ohm-m
60-90 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 10 Ohm-m hasta 5 Ohm-m
90-110 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 5 Ohm-m hasta 25 Ohm-m
110-140 metros	capa de unos 25 Ohm-m
140 metros -	capa con tendencia a la disminución de la resistividad.

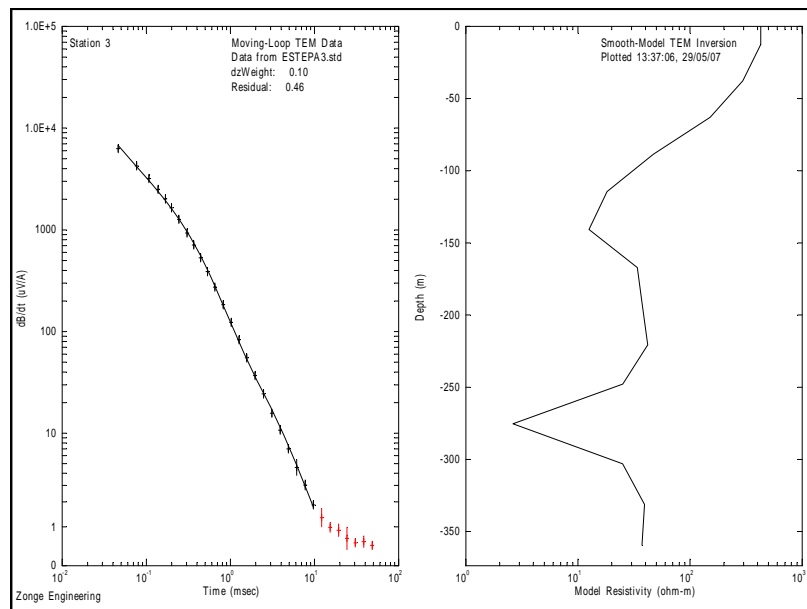
Hay datos limpios hasta más de 240 metros de profundidad, y la tendencia a la disminución de la resistividad es muy clara, la última capa es muy conductiva, con valores mucho más bajos que en los casos anteriores ($< 1 \text{ Ohm-m}$). El contacto entre la primera capa resistiva y la capa conductiva se encuentra entre 40 y 60 metros de profundidad.

No se observan valores de resistividad propios de calizas por debajo de la capa de margas.

BUCLE P3. X: 339925, Y: 4122880

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



Esta medida se realiza cerca de una línea eléctrica, por lo que tiene mucho más ruido que las otras, pero interpretamos solo las primeras ventanas ya que la información es coherente con la posición de la medida y las estaciones que tiene alrededor.

0-120 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 400 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
120-140 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 10 Ohm-m
140-170 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 10 Ohm-m hasta 40 Ohm-m
170-225 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 40 Ohm-m hasta 50 Ohm-m

225-250 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 50 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
250-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m hasta 2 Ohm-m
280-310 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 2 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
310-330 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m hasta 40 Ohm-m
330 metros -	capa de unos 40 Ohm-m

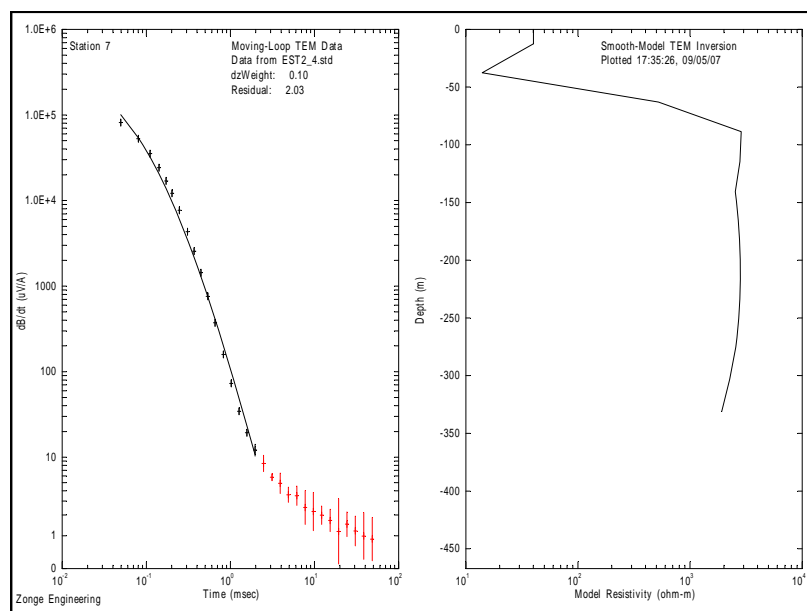
Tenemos datos limpios hasta cerca de 350 metros de profundidad y en toda esta columna solo encontramos valores propios de calizas en la primera capa, no los encontramos en profundidad.

3.- Medidas Electromagnéticas realizadas sobre margas. El objetivo es conocer si por debajo están las calizas.

BUCLE H2. X: 337200, Y: 4128115

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



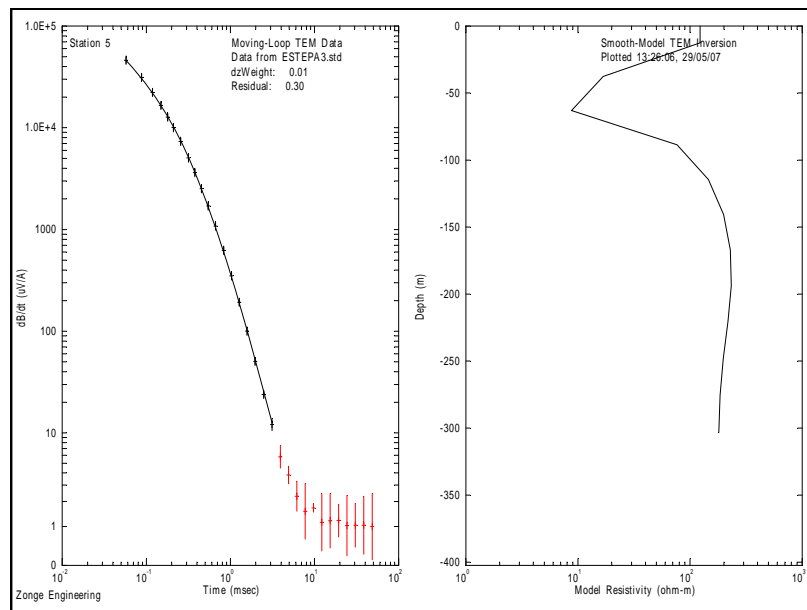
0-40 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 40 Ohm-m hasta 15 Ohm-m
40-80 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 15 Ohm-m hasta 2500 Ohm-m
80-270 metros	capa de unos 2500 Ohm-m
270 metros -	capa con una muy ligera tendencia a la disminución de la resistividad.

Encontramos el resistivo a unos 80 metros de profundidad. Tenemos datos limpios hasta más de 300 metros de profundidad y no salimos de la capa de caliza, por lo que por lo menos tenemos unos 220 metros de espesor de calizas.

BUCLE P5. X: 339330, Y: 4123630

TAMAÑO DE BUCLE 100mx100m

Frecuencia de emisión: 4Hz



0-30 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 130 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
30-70 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 8 Ohm-m
70-90 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 8 Ohm-m hasta 10 Ohm-m
90-140 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 10 Ohm-m hasta 200 Ohm-m

140-200 metros capa de unos 200 Ohm-m
200 metros - capa con una muy ligera tendencia a la disminución de la resistividad

Encontramos el resistivo (calizas) a unos 110 metros de profundidad. Tenemos datos limpios hasta cerca de 300 metros de profundidad y no salimos de la capa de caliza, por lo que por lo menos tenemos unos 190 metros de espesor de calizas.

4.- Perfil de sismica de refracción. El objetivo es determinar la zona de alteración o meteorización de las calizas en superficie.

El resultado obtenido para los perfiles sísmicos realizados viene expuesto en los planos 2 a 4, en escala horizontal y vertical 1:500.

Para los perfiles sísmicos vienen representados los distintos refractores detectados (colores rojo, azul y verde) con la velocidad sísmica asociada a cada uno de ellos. También se han representado las zonas duras o compactadas así como las blandas o falladas localizadas en cada uno de los horizontes obtenidos del análisis de las distintas dromocrónicas. Recordemos que para un mismo material cuanto más alta es su velocidad sísmica más sano se presenta éste.

A continuación se hará una breve descripción de los seis perfiles sísmicos realizados refiriendo el grado de excavabilidad de los materiales.

PERFIL SISMICO PS-1 (120 metros y 5 tiros). Resultados en plano 2.

Coordenada Origen: (33712,4131124). **Coordenada Fin:** (337028,4131250).

Localización litológica: Caliza.

Nº de capas principales: 2.

1ª Capa

Velocidades: 500-1230 m/s. Suelos de alteración o calizas muy alteradas.

Espesores: De 0,4 a 2,7 m. Espesor medio de 1,5 m.

Singularidades: La caliza estará más alterada cuanto menor sea su velocidad sísmica. Los valores más bajos son propios de suelos de alteración (zona central del perfil sísmico).

2ª Capa

Velocidades: 4110 m/s. Calizas sanas.

Profundidad: De 0,4 a 2,7 m. Profundidad media: 1,5 m.

Singularidades: Presenta dos zonas de falla, una entorno al metro 30 del perfil y la otra en el metro 75.

PERFIL SISMICO PS-2 (120 metros y 5 tiros). Resultados en plano 2.

Coordenada Origen: (337347,4129296). **Coordenada Fin:** (337320,4129412).

Localización litológica: Caliza.

Nº de capas principales: 3.

1ª Capa

Velocidades: 360-910 m/s. Suelos de alteración o calizas muy alteradas.

Espesores: De 0 a 4,2 m. Espesor medio: 1 m.

Singularidades: Desaparece en zonas puntuales del centro del perfil sísmico. Suelos de alteración en prácticamente todo el perfil, a tenor de su baja velocidad sísmica.

2ª Capa

Velocidades: 1420-1630 m/s. Calizas alteradas.

Espesores: De 3,3 a 12,7 m. Espesor medio: 7,5 m.

Singularidades: Presenta dos zonas más duras que su entorno y otra de falla en su techo. Su

potencia es sensiblemente superior en los extremos del perfil.	
3ª Capa	
Velocidades: 3180 m/s. Calizas sanas. Profundidad: De 4,2 a 13,5 m. Profundidad media: 8,5 m. Singularidades: Presenta una zona de falla y dos más duras que su entorno entre los metros 60 y 90 del perfil sísmico. En su techo podemos observar constantes saltos.	
PERFIL SISMICO PS-3 (120 metros y 5 tiros). Resultados en plano 3. Coordenada Origen: (340526,4123817). Coordenada Fin: (340598,4123918). Localización litológica: Caliza. Nº de capas principales: 3.	
1ª Capa	
Velocidades: 405-1090 m/s. Suelos de alteración o calizas muy alteradas. Espesores: De 0 a 1,4 m. Espesor medio: 0,8 m. Singularidades: Desaparece en zonas puntuales de la segunda mitad del perfil sísmico. Suelos de alteración en prácticamente todo el perfil, a tenor de su baja velocidad sísmica.	
2ª Capa	
Velocidades: 2230-2370 m/s. Calizas alteradas. Espesores: De 1,3 a 7,7 m. Espesor medio: 4,5 m. Singularidades: Presenta una zona de falla en su techo al comienzo del perfil sísmico.	
3ª Capa	
Velocidades: 3830 m/s. Calizas sanas. Profundidad: De 2,5 a 8,2 m. Profundidad media: 5,3 m. Singularidades: Presenta tres zonas de falla y una más duras que su entorno. En su techo podemos observar constantes saltos.	

PERFIL SISMICO PS-4 (120 metros y 5 tiros). Resultados en plano 3. Coordenada Origen: (340404,4126316). Coordenada Fin: (340402,4126435). Localización litológica: Caliza. Nº de capas principales: 2.	
1ª Capa	
Velocidades: 560-1340 m/s. Suelos de alteración o calizas muy alteradas. Espesores: De 0,4 a 3,3 m. Espesor medio de 1,8 m. Singularidades: La caliza estará más alterada cuanto menor sea su velocidad sísmica. Los valores más bajos son propios de suelos de alteración ($V_p < 650$ m/s).	
2ª Capa	
Velocidades: 4070 m/s. Calizas sanas. Profundidad: De 0,4 a 3,3 m. Profundidad media: 1,8 m. Singularidades: Presenta dos zonas de falla entorno al metro 30 del perfil.	
PERFIL SISMICO PS-5 (120 metros y 5 tiros). Resultados en plano 4. Coordenada Origen: (333103,4125898). Coordenada Fin: (333213,4125951). Localización litológica: Caliza. Nº de capas principales: 2.	
1ª Capa	
Velocidades: 440-1015 m/s. Suelos de alteración o calizas muy alteradas. Espesores: De 0,8 a 2,7 m. Espesor medio de 1,6 m. Singularidades: La caliza estará más alterada cuanto menor sea su velocidad sísmica. Los valores más bajos son propios de suelos de alteración (del metro 45 al final del perfil).	
2ª Capa	
Velocidades: 3900 m/s. Calizas sanas. Profundidad: De 0,8 a 2,7 m. Profundidad media: 1,6 m. Singularidades: Presenta dos zonas de falla y tres de materiales más duros que los de su entorno.	

PERFIL SISMICO PS-6 (120 metros y 5 tiros). Resultados en plano 4. Coordenada Origen: (334592, 4126674). Coordenada Fin: (334571,4126779). Localización litológica: Caliza. Nº de capas principales: 3.	
1ª Capa	
Velocidades: 750 m/s. Calizas muy alteradas. Prácticamente suelos de alteración. Espesores: De 0 a 1 m. Espesor medio: Prácticamente 0 m. Singularidades: Solo está presente en una zona puntual situada entorno al metro 35 del perfil sísmico.	
2ª Capa	
Velocidades: 1110-1670 m/s. Calizas de alteradas (1650 m/s) a bastante alteradas (1150 m/s). Espesores: De 0 a 6,5 m. Espesor medio: 3 m. Singularidades: Esta capa desaparece en los extremos del perfil. Presenta dos zonas bien diferenciadas: la primera que abarca los primeros 70 metros del perfil con calizas bastante alteradas (velocidades entorno a 1150 m/s) y una segunda parte de caliza más sana (velocidades entorno a 1650 m/s). Se observa una zona más dura que su entorno alrededor del metro 90 del perfil.	
3ª Capa	
Velocidades: 4070 m/s. Calizas sanas. Profundidad: De 0 a 6,5 m. Profundidad media: 3 m. Singularidades: Aflora en los dos extremos del perfil sísmico. Podemos observar dos zonas de falla situadas entre los metros 60 y 90.	



5. ESTUDIO TOPOGRÁFICO DE NIVELACIÓN



A.- INTRODUCCIÓN

El presente informe, se refiere al trabajo encaminado a la realización de un levantamiento topográfico para el correcto posicionamiento de una red de control piezométrico, formada por 20 sondeos para agua del acuífero carbonático de la Sierra de Estepa, en la provincia de Sevilla.

Los trabajos de topografía, se han realizado en julio de 2007 por la empresa GEOGNOSIA, S.L., que ha desarrollado la topografía.

Su ejecución ha sido solicitada por el Instituto Geológico y Minero de España IGME, y va encaminada a nivelar algunos sondeos de control piezométrico y de calidad existentes en la zona.

B- TRABAJOS REALIZADOS

Sobre la zona de la Sierra de Estepa, se ha procedido a localizar los puntos que forman la citada red de control piezométrico, formada por 20 puntos que se han numerado del S1 al S20 además de con un nombre y una referencia (IGME), correspondientes a otros tantos pozos facilitados por el Instituto y que se distribuyen irregularmente por toda la comarca, (Anexo II).

Una vez conocida la posición, se ha procedido a su medición mediante GPS, Leica-Wild 900 de precisión centimétrica, obteniéndose la coordenada correspondiente en proyección U.T.M. y en el Huso 30.



B.1.-COMPOSICIÓN DEL EQUIPO

Para la realización de este trabajo se dispuso del siguiente personal y material:

a) Personal

- 1 Topógrafo
- 1 Auxiliares de campo

b) Material

- Estación GPS Leica-Wild modelo 900.Centimétrico
- Colector de datos.
- Radioteléfonos y material auxiliar
- Oficina, sistemas informáticos y material de dibujo necesario

B.2.-TOPOGRAFÍA

Para la realización de este trabajo, se ha partido del plano de la zona con la posición aproximada de los puntos a medir, facilitado por el IGME. A partir de este, se ha buscado la posición más favorable para la realización de una captura de coordenadas de alta calidad mediante posicionamiento GPS.

El sistema de coordenadas empleadas en el terreno es el WGS84, que posteriormente mediante programa informático se han trasladado a U.T.M. Huso 30.



Para comprobación de este primer posicionamiento se ha cerrado al Vértice Geodésico Becerrero, de coordenadas:

$$X=334.527,07$$

$$Y=4.127.096,46$$

$$Z=844,30$$

A partir de esta base, se situaron los puntos necesarios para cubrir la zona de trabajo y realizar la medición de todos los pozos.

B.3.- MEDIDAS Y CÁLCULOS

Se obtuvieron las coordenadas y cotas de todos los puntos de control piezométrico a partir de las Estaciones Auxiliares establecidas, por el método de radiación mediante GPS, quedando almacenados sus valores totales X, Y, Z en la memoria del colector de datos de donde se vuelcan y comprueban, en el ordenador.

C.- RESULTADOS OBTENIDOS

Listado de puntos nivelados en la Sierra de Estepa.

<i>Nº</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>Nº IGME</i>	<i>X(M)</i>	<i>Y (M9)</i>	<i>Z(M9)</i>
1	Estación mete. Bec	154140PPB	334.650,8381	4.126.821,2325	841,2490
2	Sond. Becerr.	154140061	333.674,4919	4.127.730,9468	634,4086
3	Pastores I	154140044	332.749,5500	4.125.473,4245	566,3449
4	Pastores II	154140059	332.749,3981	4.125.481,8589	566,2930
5	Cañada Honda	154140060	333.186,7180	4.125.824,9954	607,3814
6	Ojo Gilena	154140021	330.659,3140	4.124.943,5774	466,3751
7	Abas. Gilena	154140024	330.860,0721	4.125.117,6999	481,6627
7 bis	Cemen		330.967,6772	4.124.836,1144	474,2384
8	Matagall (piez)	154180046	332.435,1319	4.122.942,6654	501,2275
9	Ojo Chico	154180012	331.846,9461	4.122.734,3455	479,1562
10	Ojo Pedre	154180044	332.156,3601	4.122.235,3155	470,8393
11	Matagalla, abas.	164150046	331.980,6190	4.123.259,7481	496,2813
12	Merendero	164150048	336.708,9976	4.121.612,3751	494,2771
13	Cruz 2 (camino)	164150046	335.960,9701	4.122.269,3501	535,5469
14	Cruz 1 (olivios)	164150047	336.534,3370	4.122.811,2379	553,6486
15	Fte. Santiago (patio)	164110001	336.315,8724	4.126.111,3586	465,3260
16	La Salada		337.355,2369	4.129.616,1551	365,9194
17	Ermita Puntal	164110024	340.113,9036	4.127.087,8212	405,5557
18	Casariche. Caseta Grande	164110025	340.513,7458	4.126.684,0697	384,5229
19	Casariche. Tubo		340.525,7355	4.126.666,4656	382,6656
19	Badolatosa	164110039	340.556,4066	4.126.453,0231	377,6881



FICHERO DE ESTACIONES AUXILIARES

<u>Nº EST</u>	<u>X(m)</u>	<u>Y(m)</u>	<u>Z(m)</u>
BR1	334256.2249	4126916.0176	810.7639
BR2	333678.8290	4127755.5926	633.3577
BR3	330793.9664	4125151.0526	492.7321
BR4	332037.3916	4122689.6882	503.1549
BR5	336643.7291	4121520.1768	496.0544
BR6	336290.2596	4126109.7665	466.2157
BR7	337383.3041	4129618.4233	361.8833
BR8	340351.4128	4127079.3724	402.6504
BR9	340525.1211	4126695.8881	383.1235



APÉNDICE A: Breve explicación de los métodos

BREVE EXPLICACIÓN DEL MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO EN EL DOMINIO DE TIEMPOS (SEDТ) Y JUSTIFICACIÓN DE SU USO RESPECTO A LOS SONDEOS EÉCTRICOS VERTICALES (SEV).

El SEDТ (Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempo) es un método electromagnético en el dominio de tiempos, esto quiere decir que se mide en diferentes ventanas o aperturas de la antena en el tiempo. El equipo necesario consiste en un transmisor que inyecta corriente en un bucle (una antena hecha con un cuadrado de cable) de distintas dimensiones (dependiendo de la profundidad a la que se quiere llegar en el estudio, el área a cubrir y los niveles de ruido ambiental) y un receptor (una antena).

La corriente que se inyecta en el bucle es una corriente en forma de ciclo alternando la polaridad. Las medidas en el receptor se miden durante el tiempo en que no se esta inyectando corriente, de forma que solo están presentes los campos secundarios. Se crea un campo magnético por la inyección de corriente en el bucle, y durante el tiempo en que no hay corriente se mide con la antena receptora el voltaje generado por la difusión de la energía inducida.

Normalmente los intervalos de tiempo de caída en que no se inyecta corriente varían desde 30 microsegundos a cientos de milisegundos para exploraciones profundas.

Es fundamental sincronizar el transmisor y el receptor, para realmente medir solo en los intervalos de tiempo en que no se esta inyectando corriente en el bucle.

La topografía del terreno si es abrupta puede afectar negativamente a las medidas, ya que se asume que el bucle transmisor y la antena receptora se sitúan sobre superficies paralelas. En este estudio la topografía es bastante llana en todos los casos, por lo que no tenemos este problema.

La configuración de campo que se utilice va a variar los resultados finales de las medidas tomadas en el campo. En este caso se utilizaron bucles como transmisores de 100x100 metros.

Dos de los métodos geofísicos más aplicados a hidrogeología son los métodos eléctricos y electromagnéticos. En ambos se obtienen cambios litológicos asociados a resistividades eléctricas que están relacionadas con la composición de los materiales, el tamaño de grano, su porosidad, la presencia de agua, etc. Por lo tanto, con estos métodos se pueden diferenciar multitud de materiales permeables de otros impermeables, localizar zonas de falla o el sustrato rocoso, determinar el espesor del acuífero o la potencia de la zona alterada, etc.

Los diversos factores propios de cada estudio (penetración, resolución deseada, tipo de litología, topografía y limitación de la zona de estudio, costes,...) van a condicionar la elección de un método u otro.

En general los SEDT presentan menos influencia lateral que los métodos eléctricos en corriente continua. Además se necesita menos espacio físico en campo para la realización de los SEDT al utilizar bucles que no son comparables en tamaño a los dispositivos de los SEV. En los SEV para alcanzar centenares de metros se necesitan dispositivos exageradamente grandes con longitudes de alas de hasta cinco veces el valor esta profundidad. Otra ventaja de los SEDT respecto a los SEV es que las capas muy resistivas que pueden ser pantalla en los SEV no lo son en los SEDT.

En este caso se eligieron los SEDT frente a los SEV, ya que al necesitar menos espacio para llegar a la misma profundidad se evita la influencia de ciertos ruidos culturales en las medidas, además debido a la gran profundidad a la que se quería llegar en muchas posiciones hubiera sido imposible colocar SEV del tamaño necesario.

BREVE EXPLICACIÓN DEL MÉTODO DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN.

La sísmica de refracción consiste esencialmente en el estudio de las ondas sísmicas directas y refractadas críticamente. Para este tipo de estudios se utiliza un sismógrafo multicanal conectado a una línea de sensores (geófonos) equiespaciados y una fuente de energía generadora de la señal sísmica (en nuestro caso martillo con disparador de tiempos).

De acuerdo con la ley de Snell para producirse una refracción crítica una condición necesaria es que la velocidad del medio 2, situado bajo el medio 1, ha de ser mayor que la del medio 1. Debido a esto en los estudios de sísmica de refracción solo podemos definir capas si la velocidad sísmica aumenta con la profundidad, es decir, son validos cuando no hay inversión de velocidades sísmicas.

La secuencia para la toma de datos en campo es la siguiente:

- Firme clavado de los sensores (geófonos) al terreno natural.
- Unión de los geófonos mediante líneas sísmicas al sismógrafo.
- Unión de la fuente sísmica (maza de 8 Kg. con disparador electrónico de tiempos) al sismógrafo mediante cable apropiado.
- Pruebas de los distintos filtros sísmicos mediante análisis de los niveles de ruido para lograr una mejor calidad de los registros.
- Una vez seleccionado el dispositivo en el equipo se pasa a la toma de datos. Se registran los apilamientos (stacks) necesarios para que la señal sea buena o no mejorable, eliminándose los golpes malos o aquejados de ruido. Se va analizando traza por traza al ir sumando los apilamientos de manera que se van fijando las que se consideraron buenas.
- Una vez se consideran buenos los registros para uno de los puntos de disparo en todas las trazas sísmicas se guardan en el disco duro del sismógrafo para su posterior volcado e interpretación.
- De esta manera se van tomando los distintos puntos de disparo para cada perfil sísmico.



Concluido el trabajo de campo se pasa al procesado e interpretación de los mismos. La secuencia es la siguiente:

- Definición de las primeras llegadas o “picado” de los registros sísmicos. Para cada tiro de cada entendimiento se van definiendo las llegadas de forma que exista coherencia entre las distintas ramas de los distintos tiros.
- Apoyándonos en estas “picadas” se definen otras posibles primeras llegadas para los geófonos dudosos de forma que, a la hora de interpretar, se consiga una mejor definición de la dromocrónica y, por consiguiente, de su estructura generadora.
- Con todas estas posibles llegadas el interpretador define las distintas capas y las velocidades sísmicas de éstas de forma que la dromocrónica sea coherente entre sus tiros.
- Una vez definida la dromocrónica se calculan los espesores mediante los métodos de distancia crítica y tiempos interceptados.
- A partir de los espesores calculados se “construye” el corte sísmico siguiendo los distintos accidentes observables en la dromocrónica de manera que todos los espesores obtenidos encajen.



APÉNDICE B: Instrumentación

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS. ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION

RECEPTOR MULTIFUNCIÓN GDP-32^{II}.

El ZONGE GDP-32II es la cuarta generación de receptores GDP de la marca ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION. Es un receptor multicanal en el dominio de tiempos o frecuencias para campos eléctricos y magnéticos de fuente natural o controlada.



Figura 2. Receptor de Zonge (GPD32)

Para la sincronización temporal emplea un sistema de oscilador de cuarzo de alta precisión con reloj que mantiene unos tiempos muy estables de referencia con rangos de deriva típica de menos de 5 $\mu\text{s/hr}$ (aproximadamente 0.03 mr/hr de deriva de fase en 1 Hz). Opcionalmente el oscilador puede incorporar un sistema global de posicionamiento (GPS) para reducir los errores temporales. Un reloj idéntico en un controlador de transmisor (XMT-32) puede ser sincronizado con uno o más receptores GDP y usado para conducir un transmisor, eliminando así la necesidad de una conexión física que proporcione la referencia de fase.

El receptor GDP-32II puede adquirir datos para más de 16 canales analógicos independientes. Cada señal de entrada está condicionada por la ganancia aplicada a la señal y por un circuito de filtrado,

después del cuál es muestreado y convertido a formato digital. El receptor GDP-32II lleva incorporados programas que permiten al operador revisar los datos numérica y gráficamente en el campo. Un error medio (SEM) es calculado para cada medida así como la resistividad aparente para las distintas antenas y programas de adquisición. Las curvas de caída en el dominio de tiempos y el espectro en el dominio de frecuencias pueden visualizarse gráficamente. Así mismo se puede mostrar la barra de error para un conjunto de medidas repetidas.

Otras características del GDP-32II son:

Es un receptor duro y hermético transportable por un operador.

Posee un procesador de 66 MHz y 586 MPU (opcional hasta 133 MHz).

Es un sistema de banda ancha en el dominio de tiempos y de frecuencias ($0.001 \leq f \leq 8192$ Hz).

Al ser un sistema multifunción permite realizar distinto tipo de estudios: resistividad, PI en Dominio de Tiempos o de Frecuencias, Resistividad Compleja, MTAFC, MT/AMT, SEDT/nanoSEDT,...).

Permite un gran almacenamiento de datos, más de 4 GB de disco duro.

Sistema “Ethernet” para el volcado de datos (0.5 a 1.2 MB/sg).

Sistema de operación remota mediante el puerto serie.

Fuente de calibración interna con Programas que permiten la calibración de los datos.

Control automático de ganancia y de Potencial Espontáneo.

ANTENA TEM-3

Con los avances en los equipos receptores se ha hecho necesario el incremento en la calidad de los sensores para el campo magnético. ZONGE fabrica un completo rango de bobinas de inducción basadas en detectores de campo magnético adaptados a las condiciones de cada aplicación. Poco ruido, poca potencia y estabilidad térmica son importantes objetivos para los sensores magnéticos aplicados a la exploración geofísica.

Alguna característica de la antena TEM-3 son:

$F_0 > 20 \text{ kHz}$

dB/dt respuesta $A_e = 10.000 \text{ m}^2$.



Figura 3. Antena TEM-3 de Zonge.

TRANSMISOR ZT-30

ZONGE ha desarrollado 4 transmisores que utilizan fuentes de corriente continua como fuentes primarias de energía (además de los transmisores GGT que utilizan un motor como generador). Tres de estos transmisores fueron desarrollados para estudios SEDT y el cuarto para estudios de PI o resistividad a pequeña escala.

El ZT-30 utiliza fuente corriente continua (24-120 V) generando corrientes que pueden superar los 30 A. Dos o más baterías de coche pueden conectarse en serie de forma que pueden utilizarse como fuente de energía para estudios SEDT con un transmisor ZT-30. El ZT-30 puede también utilizarse como transmisor para estudios de PI/resistividad que necesiten poca energía en estudios en los que la intensidad no requiera ser regulada (PI en Dominio de Tiempos) o en los que la forma de la curva de corriente pueda ser medida directamente.

El ZT-30 es pequeño y de fácil transporte por una persona. Es un transmisor apropiado para estudios SEDT con objetivos a profundidades menores de 500 metros.



Figura 4. Transmisor ZT30 y controlados de corriente XMT.

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA SÍSMICA DE REFRACCIÓN.

SISMÓGRAFO SMARTSEIS S24 DE GEOMETRICS.

El sismógrafo S24 es un sistema multicanal fabricado por GEOMETRICS para la realización de distintos tipos de estudios de prospección sísmica (refracción, reflexión, estudios sísmicos en sondeos,...).



Figura 6. Sismógrafo Smartseis 24.

Algunas de las características del Smartseis S24 son las siguientes:

- Sismógrafo de 24 canales con ordenador interno 486 con impresora térmica, disquetera 3 ¼, disco duro y puerto paralelo.
- Pantalla de alta resolución 640*480 compatible con PC.
- Distintos filtros de corte alto (250, 500 y 1000 Hz), bajo (25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 250 y 400 Hz) y notch (50, 60, 150 y 180 Hz).
- Visualizador de niveles de ruido.
- Distintos tiempos de registro (desde 32 msg a 2 sg) e intervalos de muestreo.
- Control automático de ganancia y amplificador.
- Amplificador de coma flotante instantáneo.

- Stacks o golpes acumulables con vista previa.
- Compatible para distintas fuentes de energía (martillo, caída de peso, explosivos,...).
- Control de cada traza.
- Etc.

Además del sismógrafo para los estudios de sismica de refracción es necesaria la utilización de los siguientes sensores y accesorios:

- Geófonos de componente vertical y 14 Hz marca GEOSPACE.
- Líneas sísmicas para 12 geófonos.
- Martillo de 8 Kg. con disparador electrónico de tiempos.
- Alargaderas.
- Placa.
- Batería de 12 V.
- Etc.



Figura 7. Sismógrafo y accesorios.



APÉNDICE C: Modelos

Los modelos de inversión suavizados convierten los datos medidos (dB/dt) en perfiles de resistividad respecto a la profundidad. Los datos observados de tiempos y dB/dt se utilizan en cada estación para determinar el modelo de partida o inicial que es un modelo de capas horizontales.

El espesor de las capas se determina calculando la profundidad de penetración del campo fuente para cada ventana de tiempos. La resistividad de cada capa se ajusta iterativamente hasta que la diferencia entre el modelo y los datos observados se ajusta al error determinado, siempre que sea consistente con un contraste suavizado. El contraste suavizado limita la variación de resistividad entre las distintas capas.

Existen dos parámetros en los modelos que determinan el tipo de resultado, estos son el peso que se le da al modelo inicial y el peso que se le da al suavizado. El peso del modelo inicial puede variar entre 0.001 y 100, siendo los valores más altos los que calculan modelos más parecidos al modelo inicial y los más bajos al contrario.

Cuanto más alto es el peso del suavizado, menos contrastes son permitidos en el modelo., si el valor es muy bajo los cambios serán muy bruscos.

En todos los casos se debe jugar con estos parámetros para crear modelos con errores bajos pero reales geológicamente.

El resultado de un modelo de suavizado es un conjunto de resistividades estimadas que varían suavemente con la profundidad. La variación lateral es calculada invirtiendo sucesivamente las estaciones a lo largo de un perfil. Los resultados para una línea completa se presentan en una pseudo-sección con los contornos de resistividades.

Para calcular los contornos se localiza por convenio, las resistividades en el punto medio de cada capa, formando una columna por debajo de cada estación.



Los modelos de suavizado no requieren modelos iniciales, estos se calculan a partir de los propios datos observados.

Los datos observados se preparan para la inversión con el programa TEMAVG, que lo que hace es cambiar el formato de los datos de volcado del receptor para que pueda ser leído por los programas de inversión de ZONGE. Todos los parámetros de la campaña, junto con los propios de los datos, pueden modificarse en el paso previo a la inversión, además de asociar los datos con sus coordenadas y borrar los datos de las ventanas de tiempos con ruido o mala repetibilidad.

Los modelos han sido creados por:

Scott MacInnes

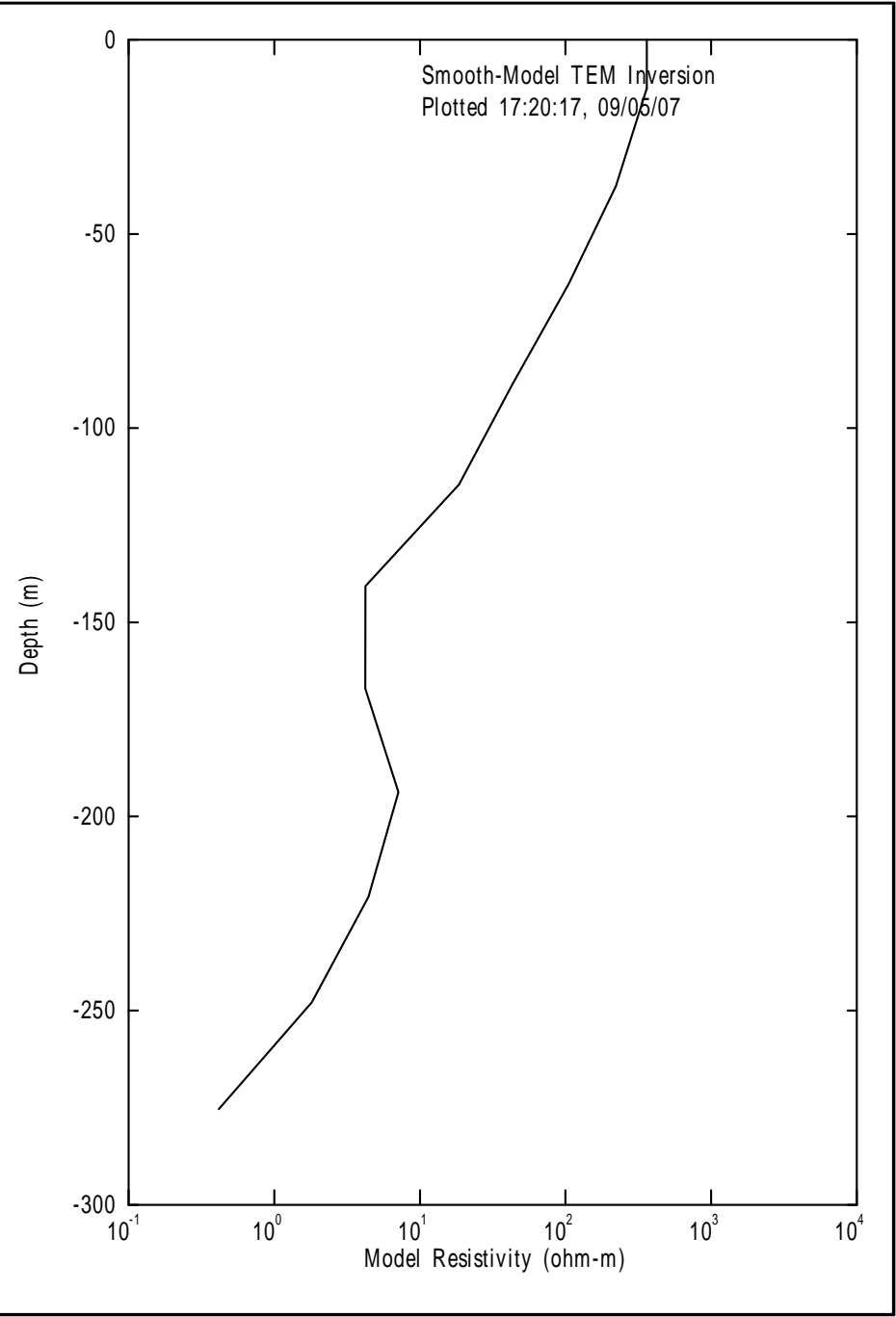
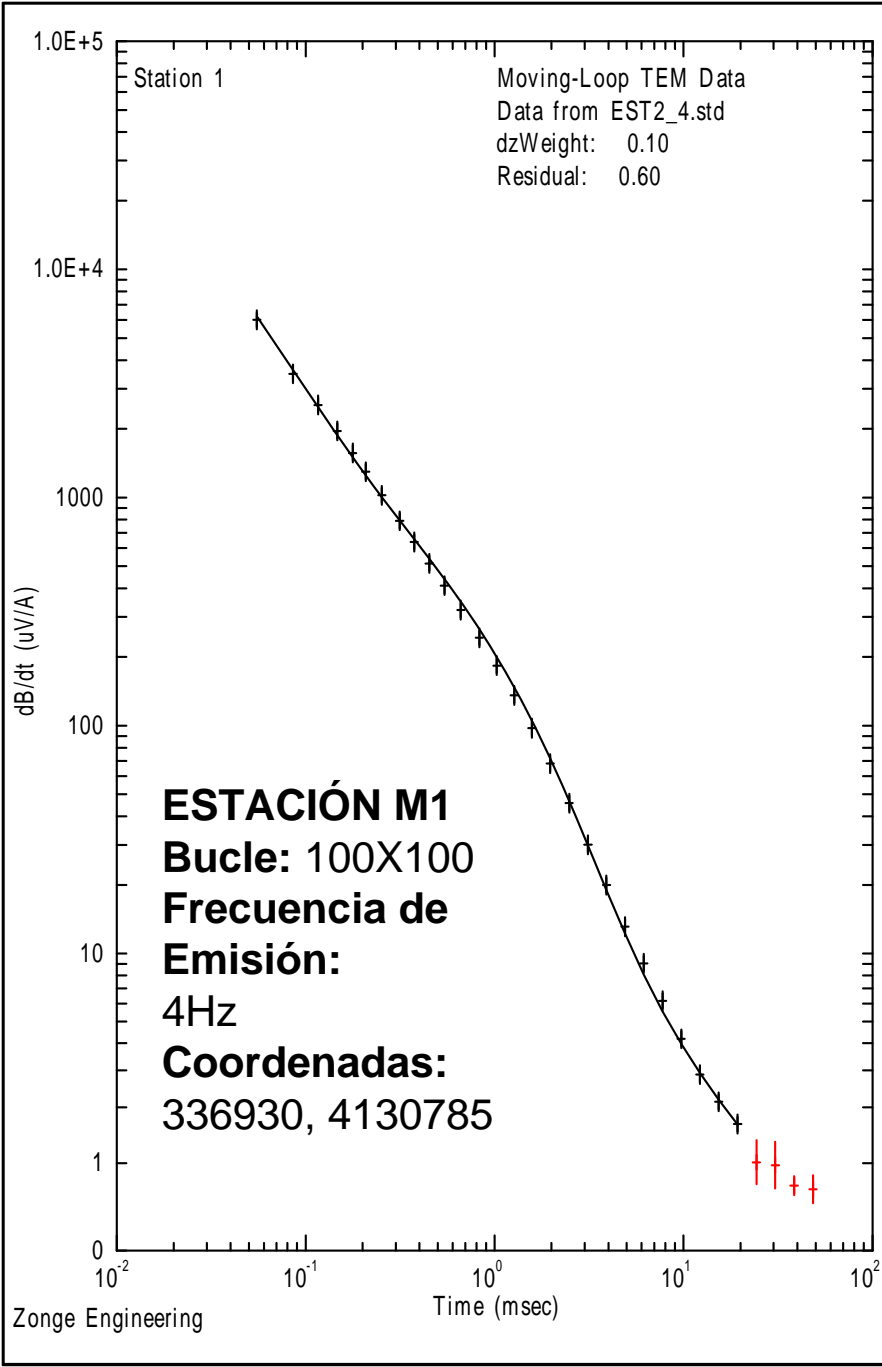
Mykle Raymond

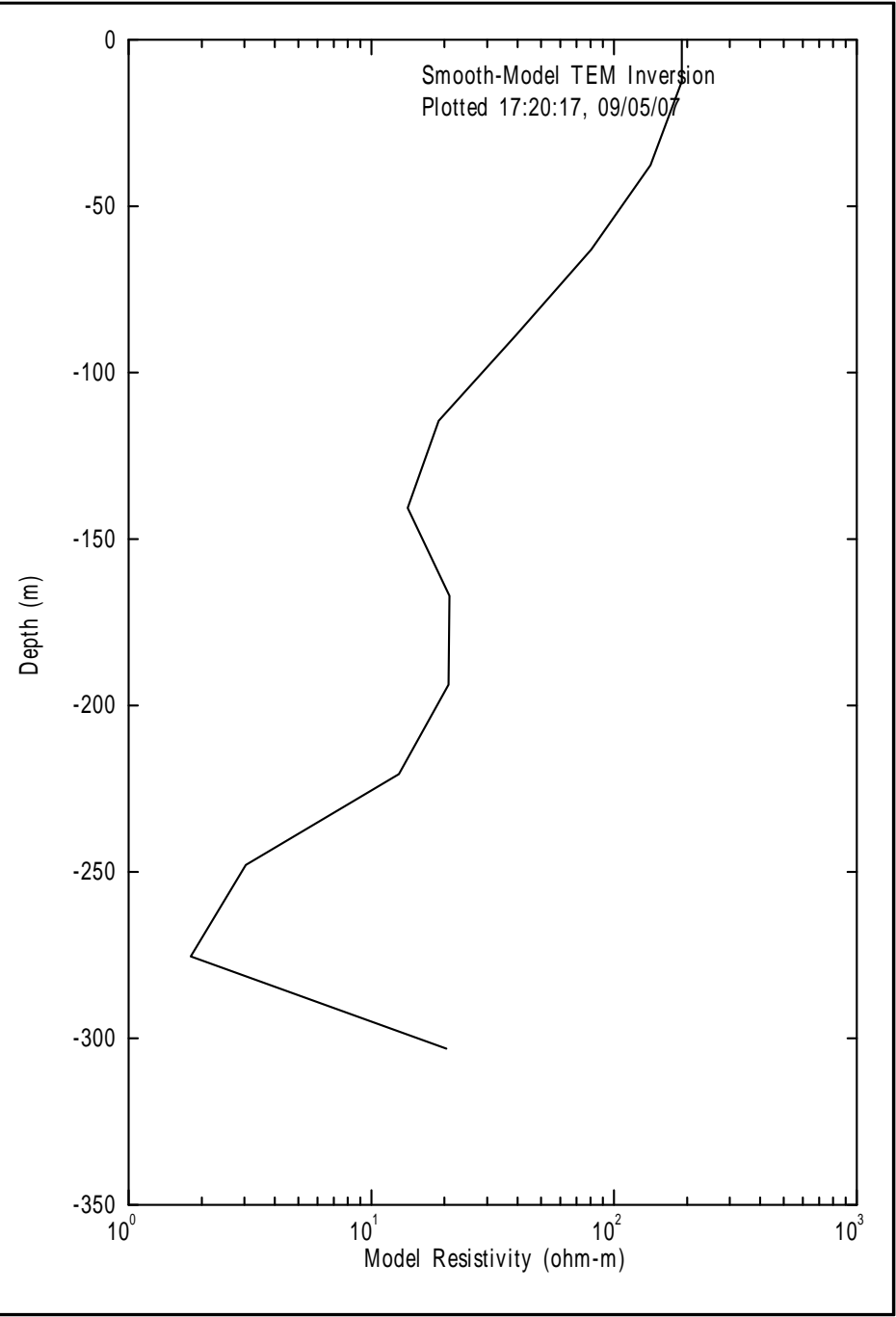
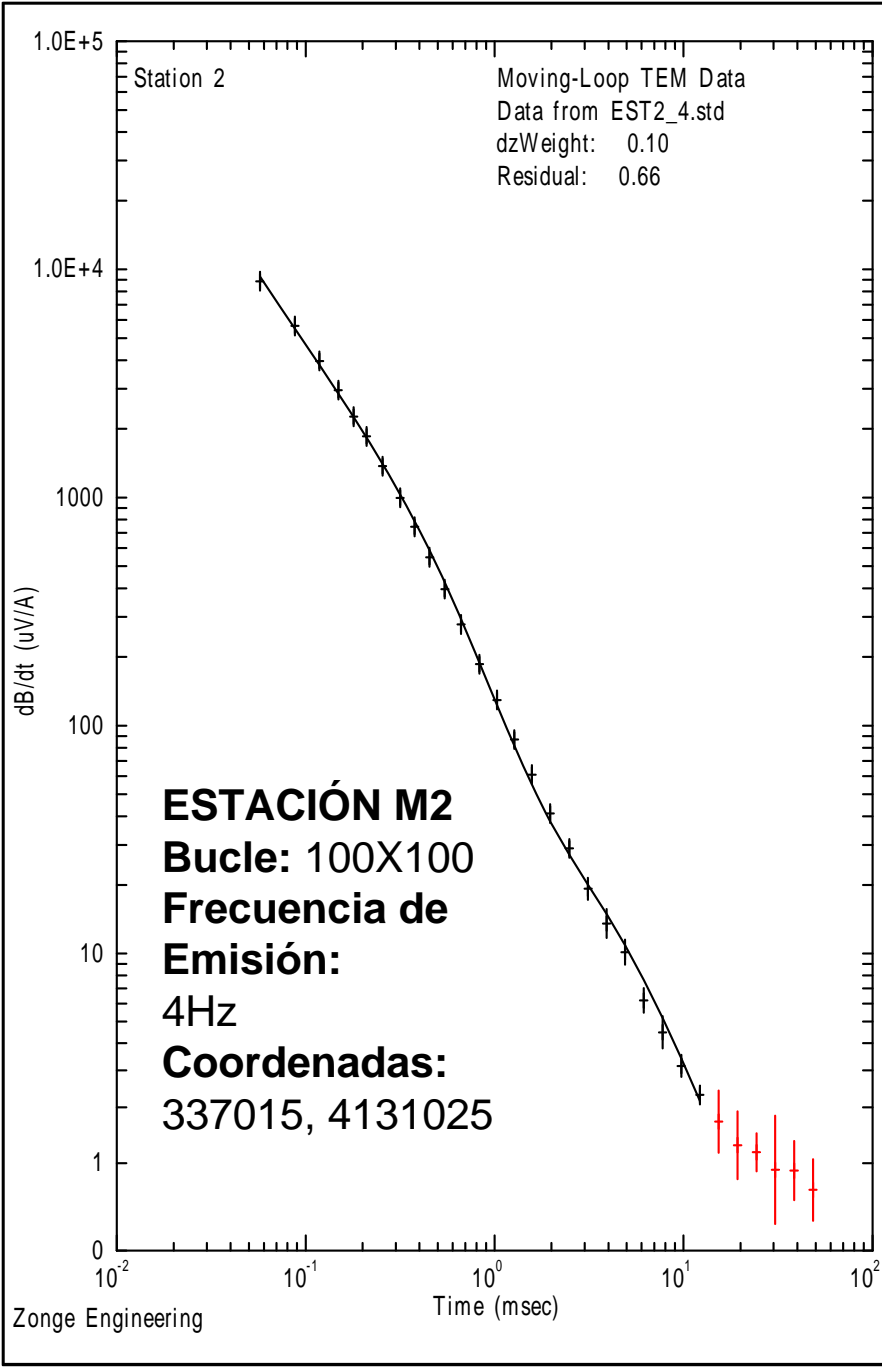
April 2001

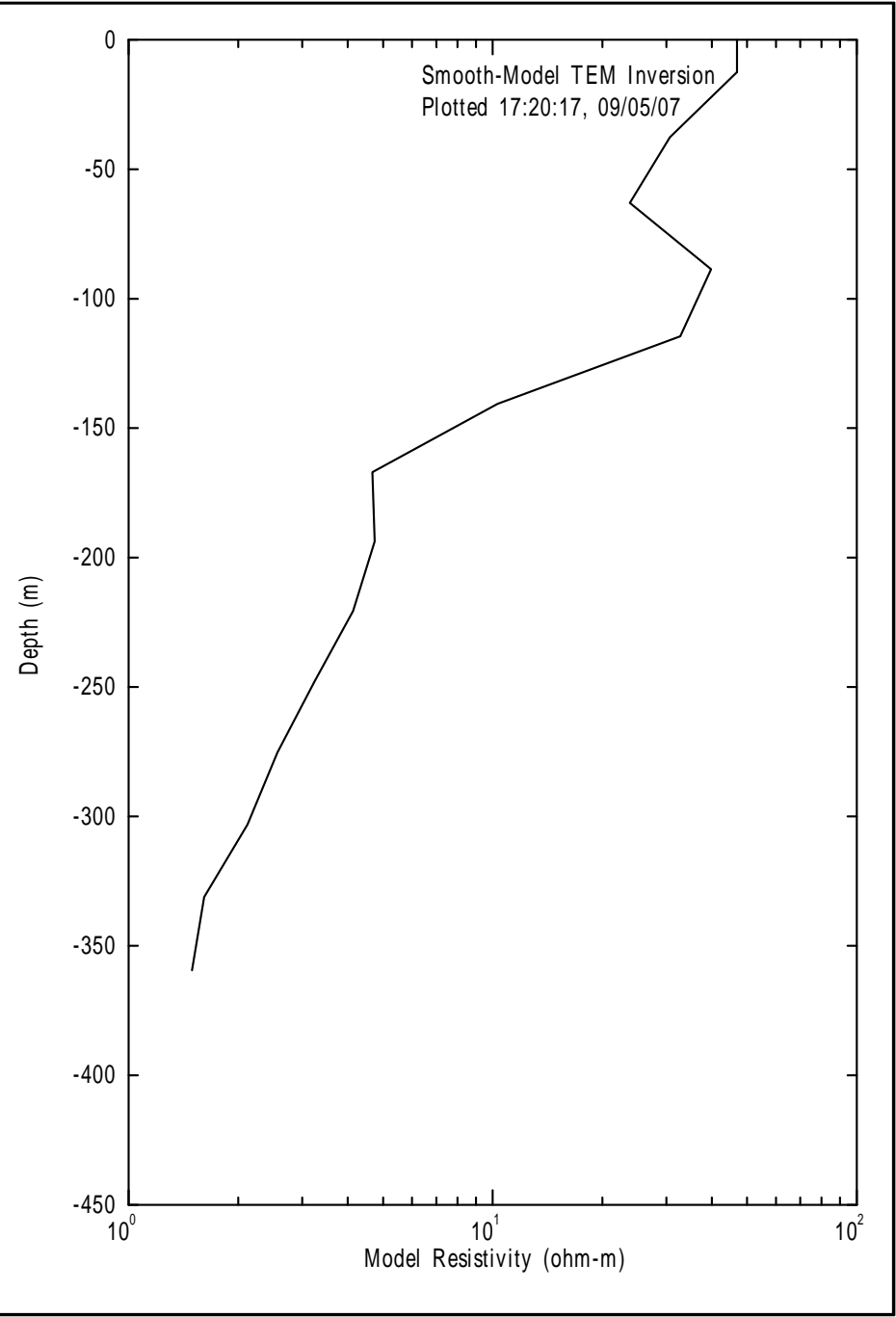
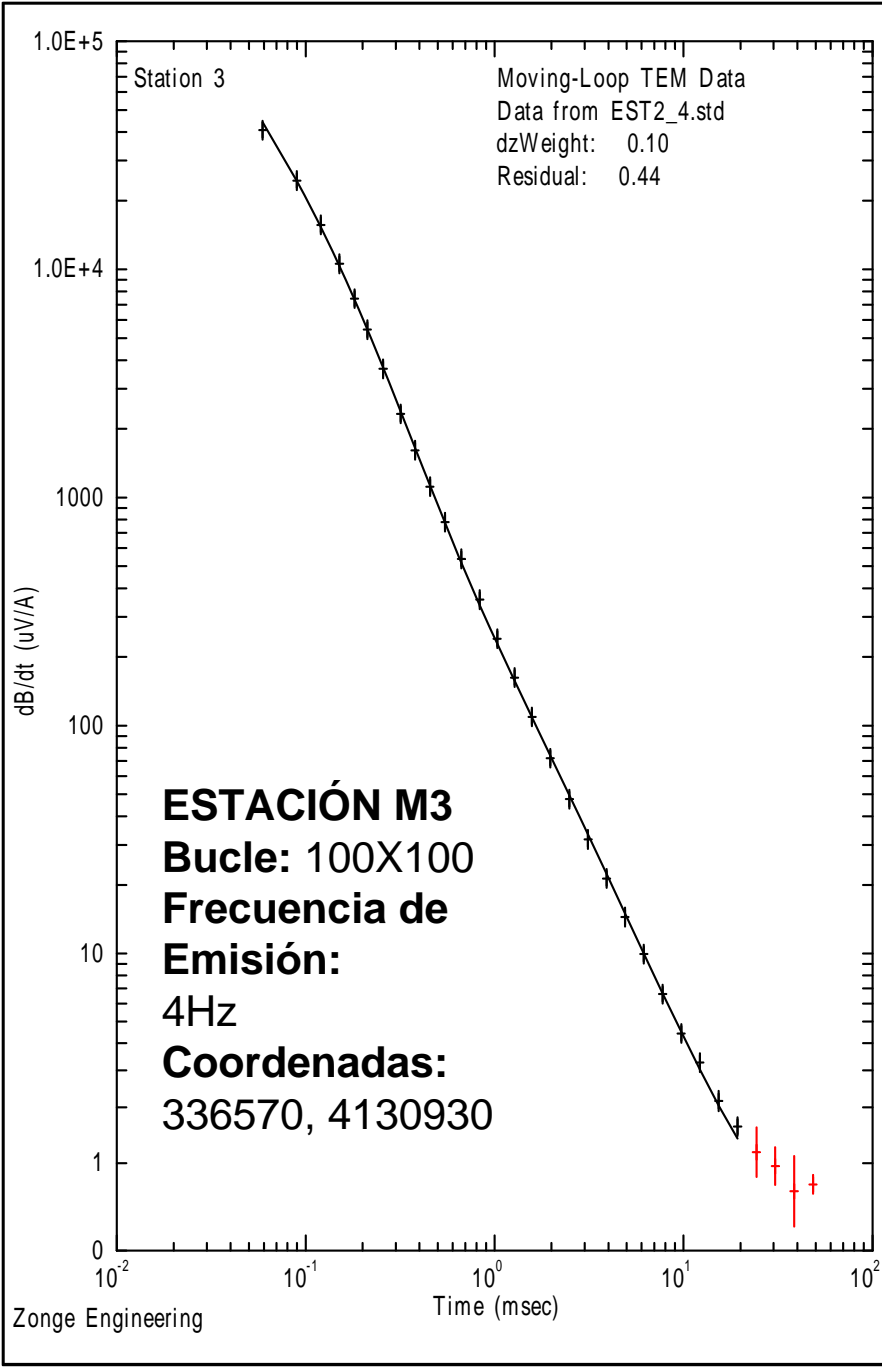
Zonge Engineering and Research Organization, Inc

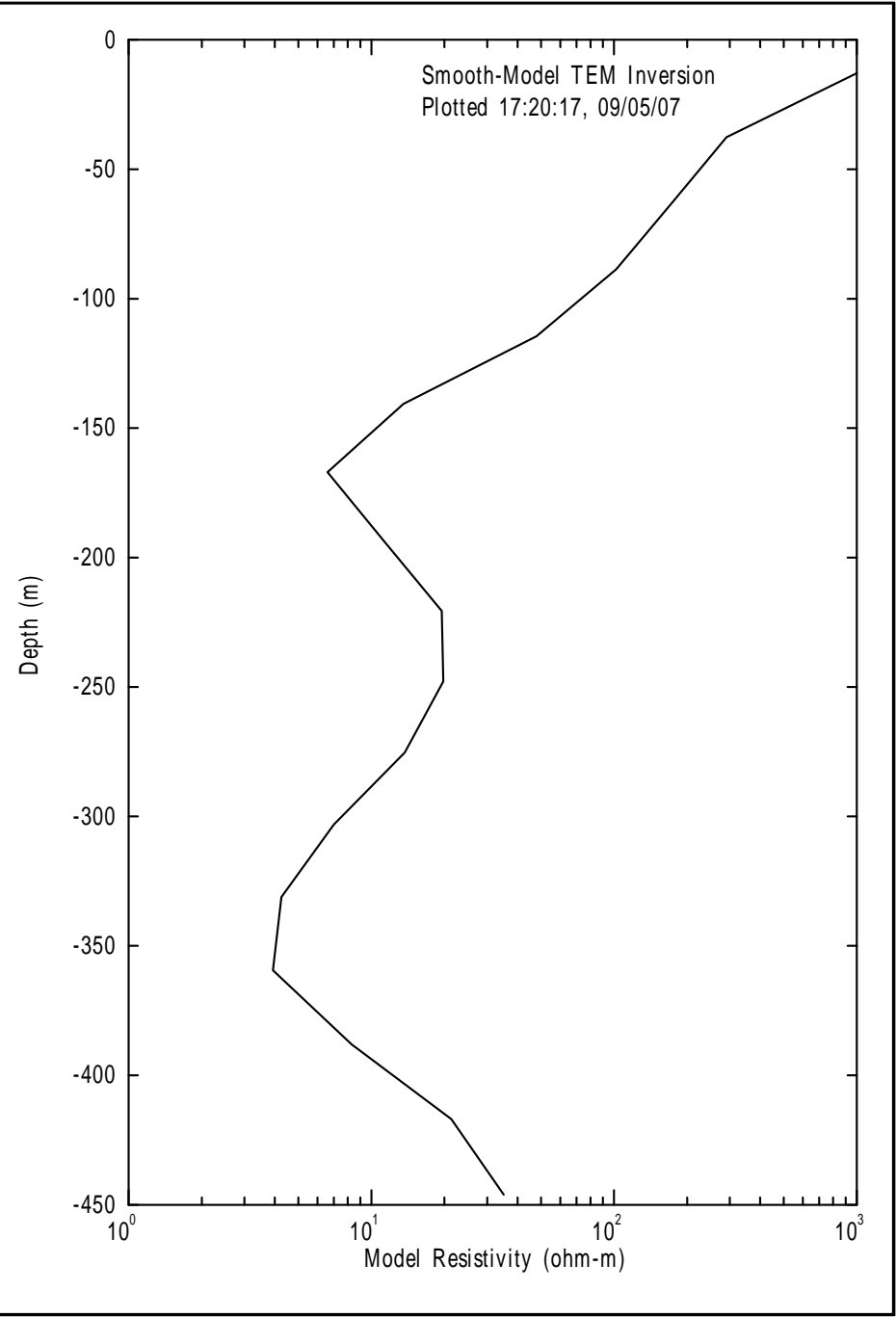
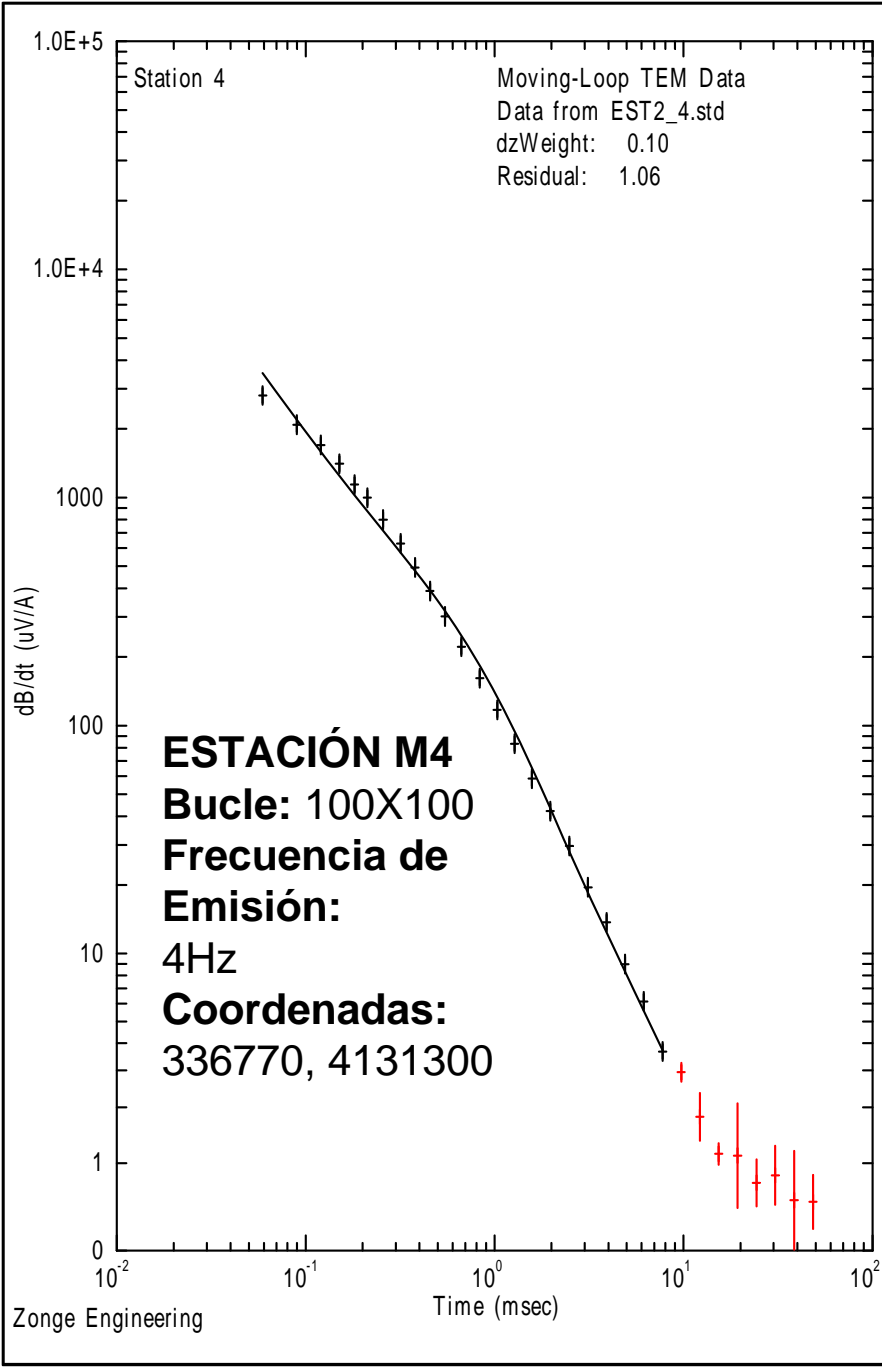


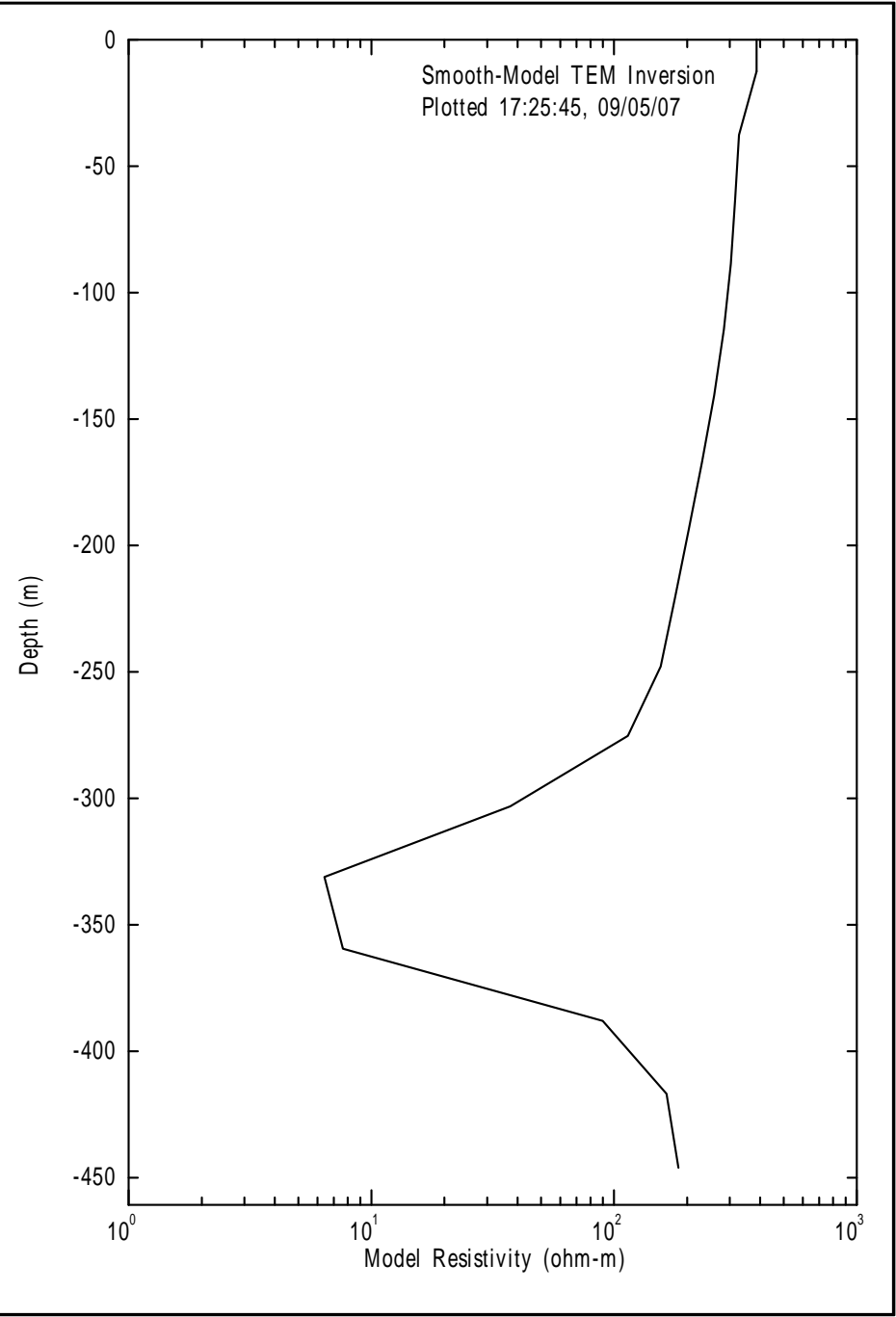
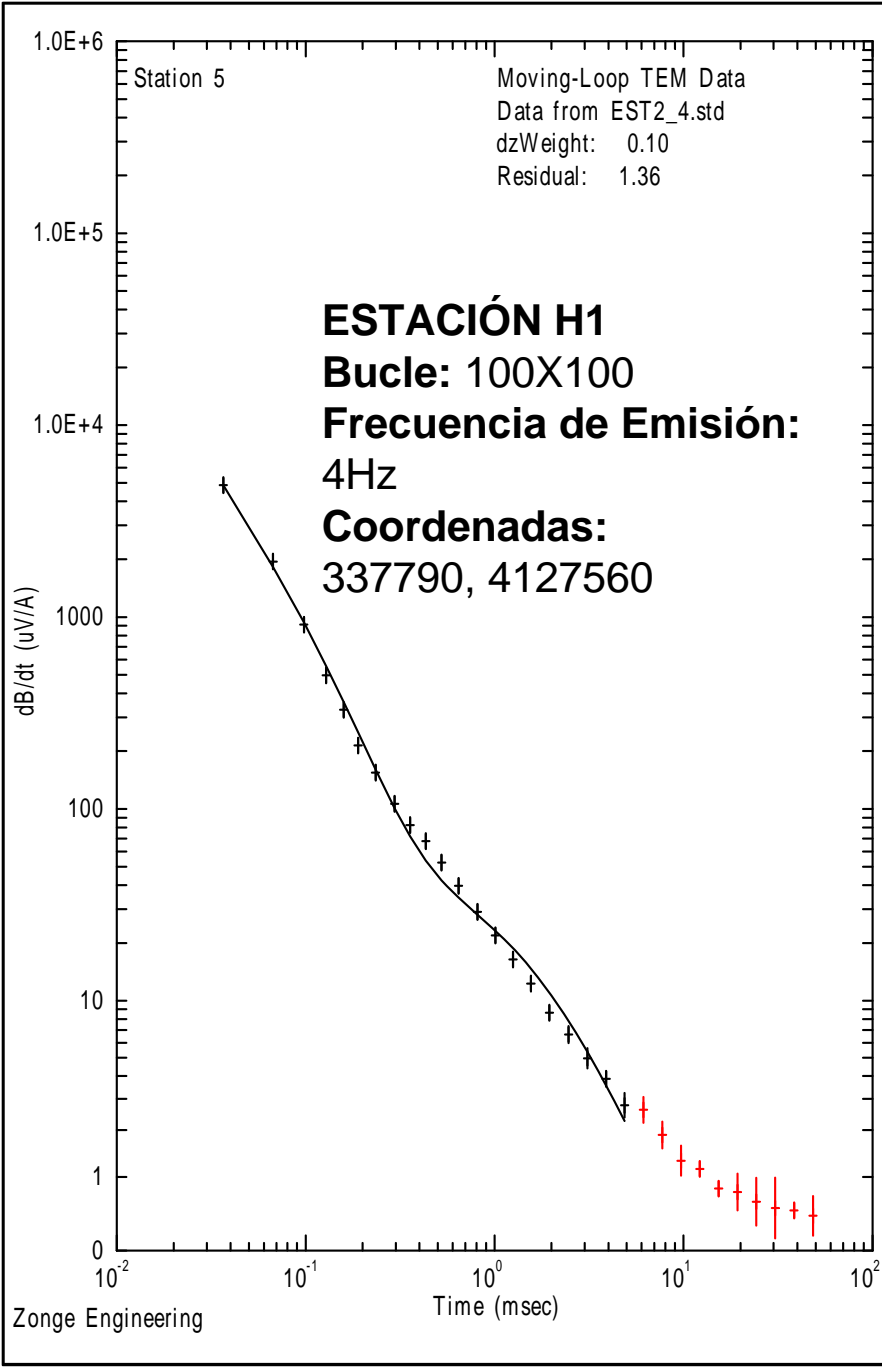
APÉNDICE D: FIGURAS DE SEDT

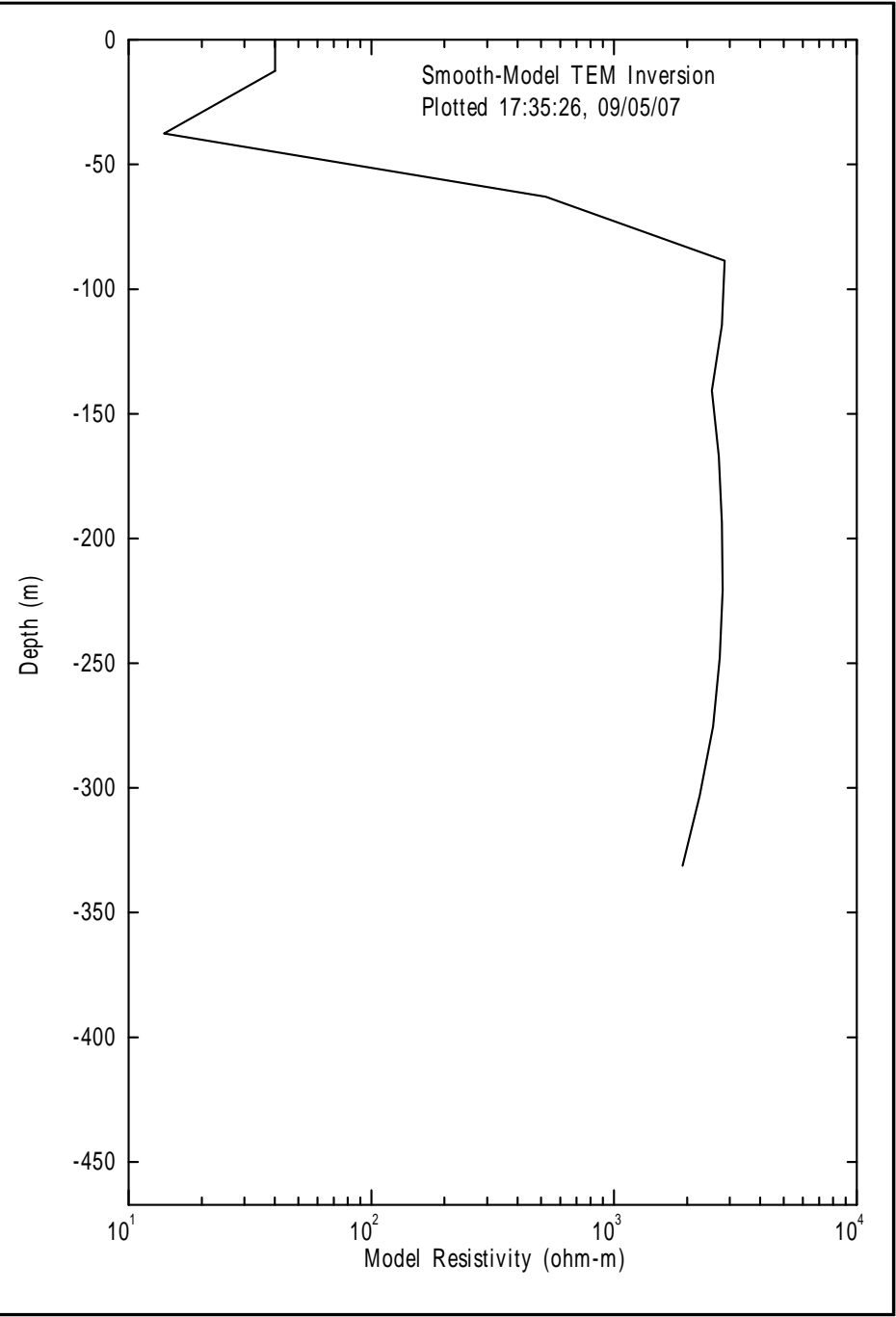
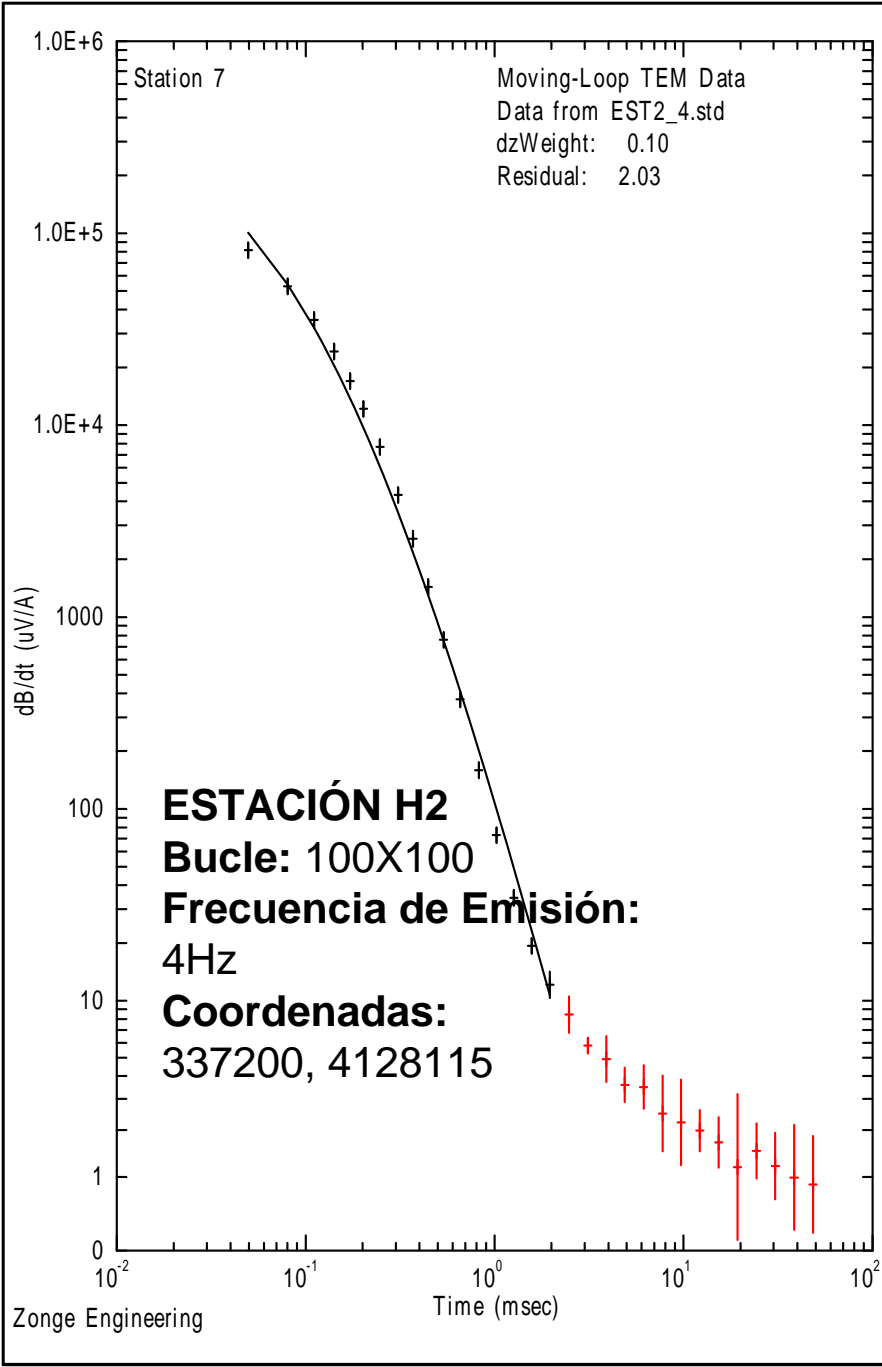


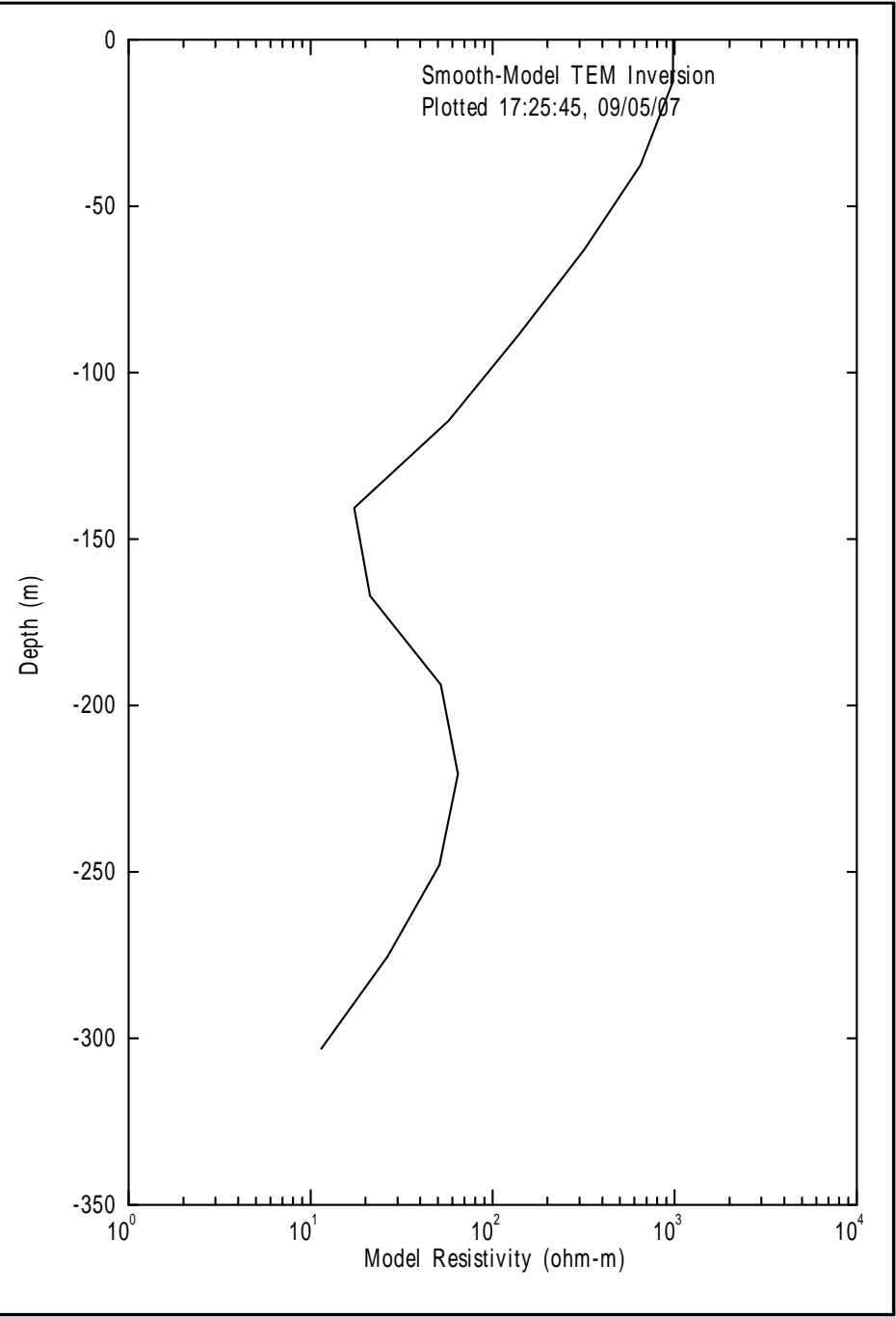
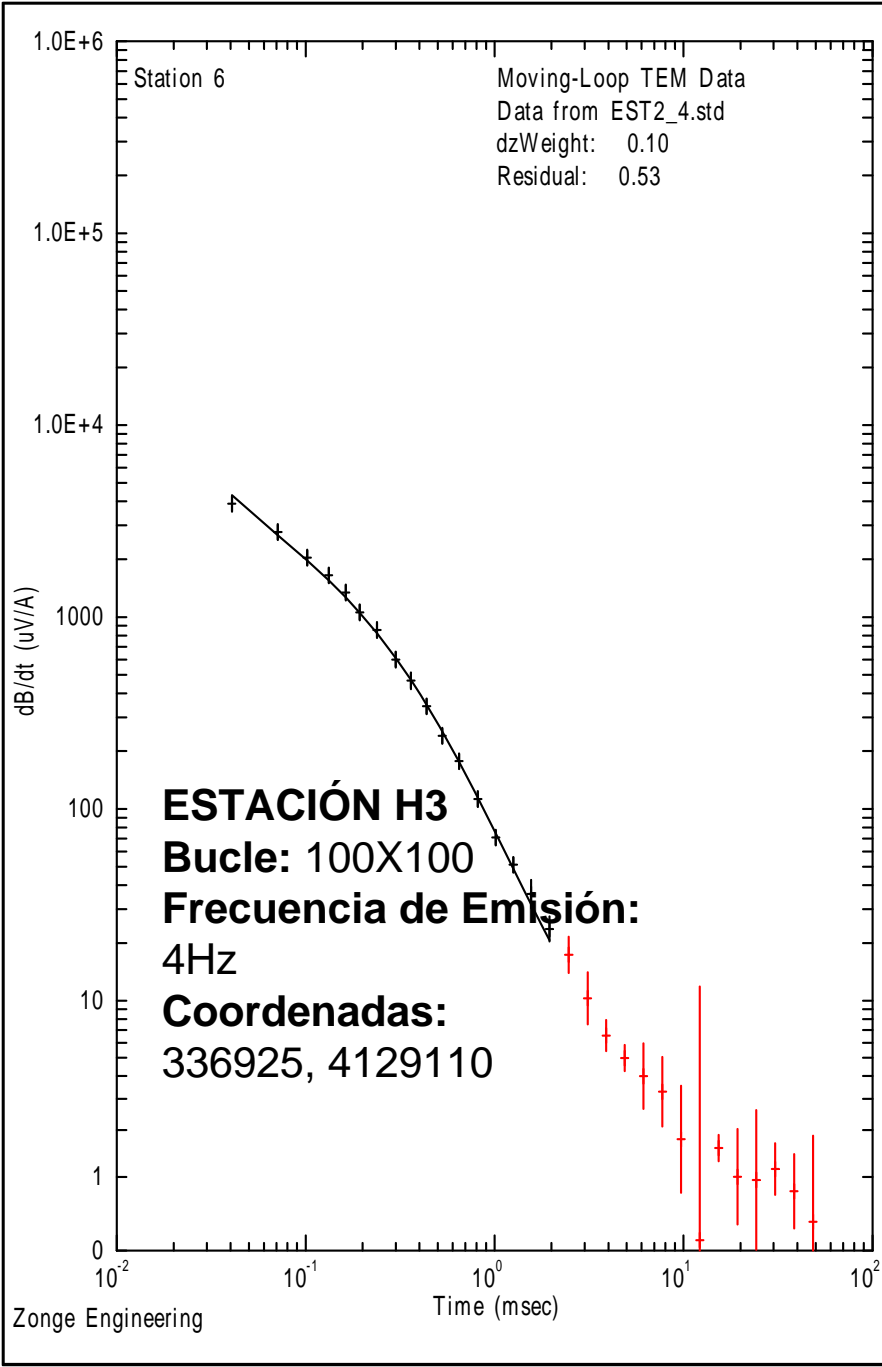


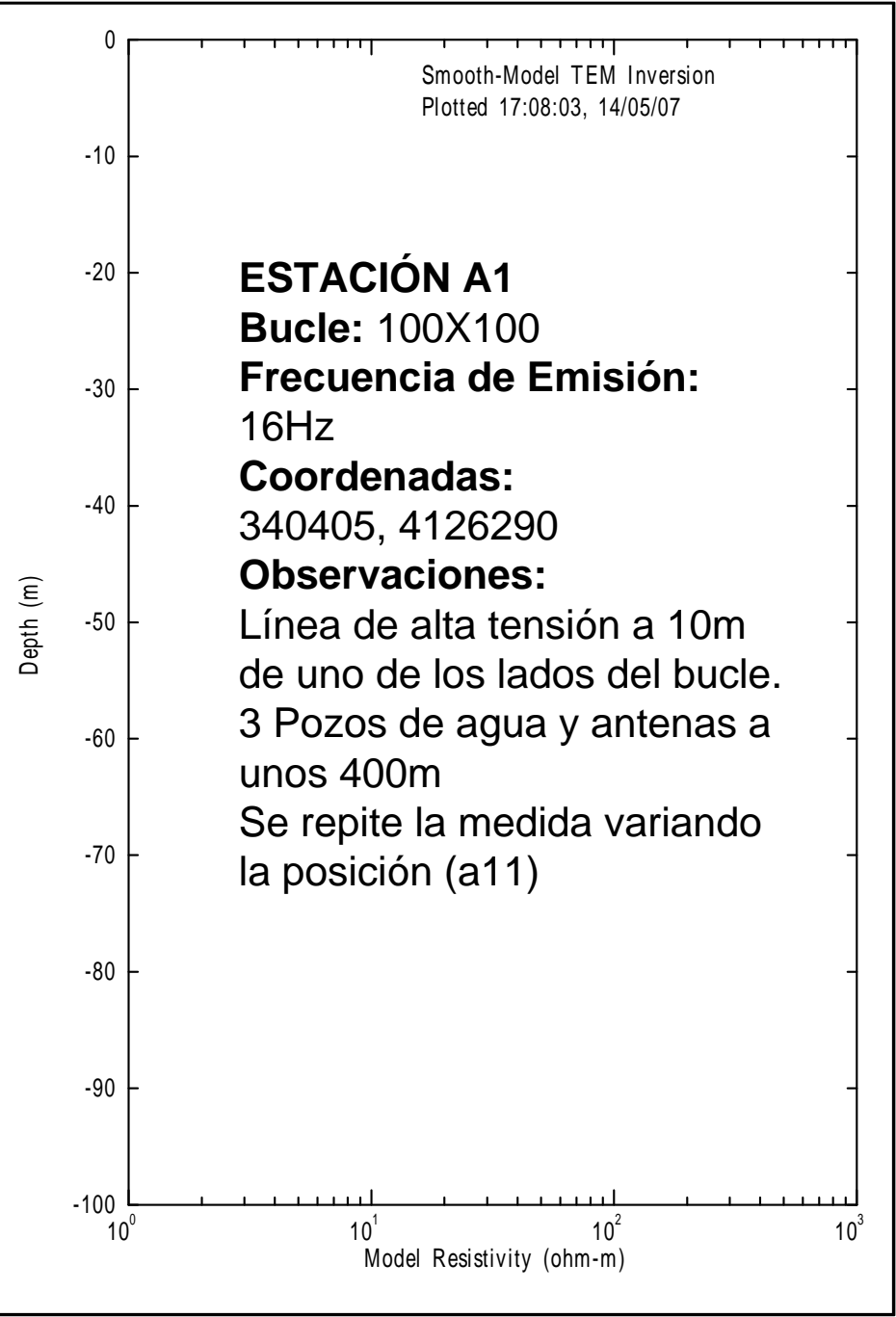
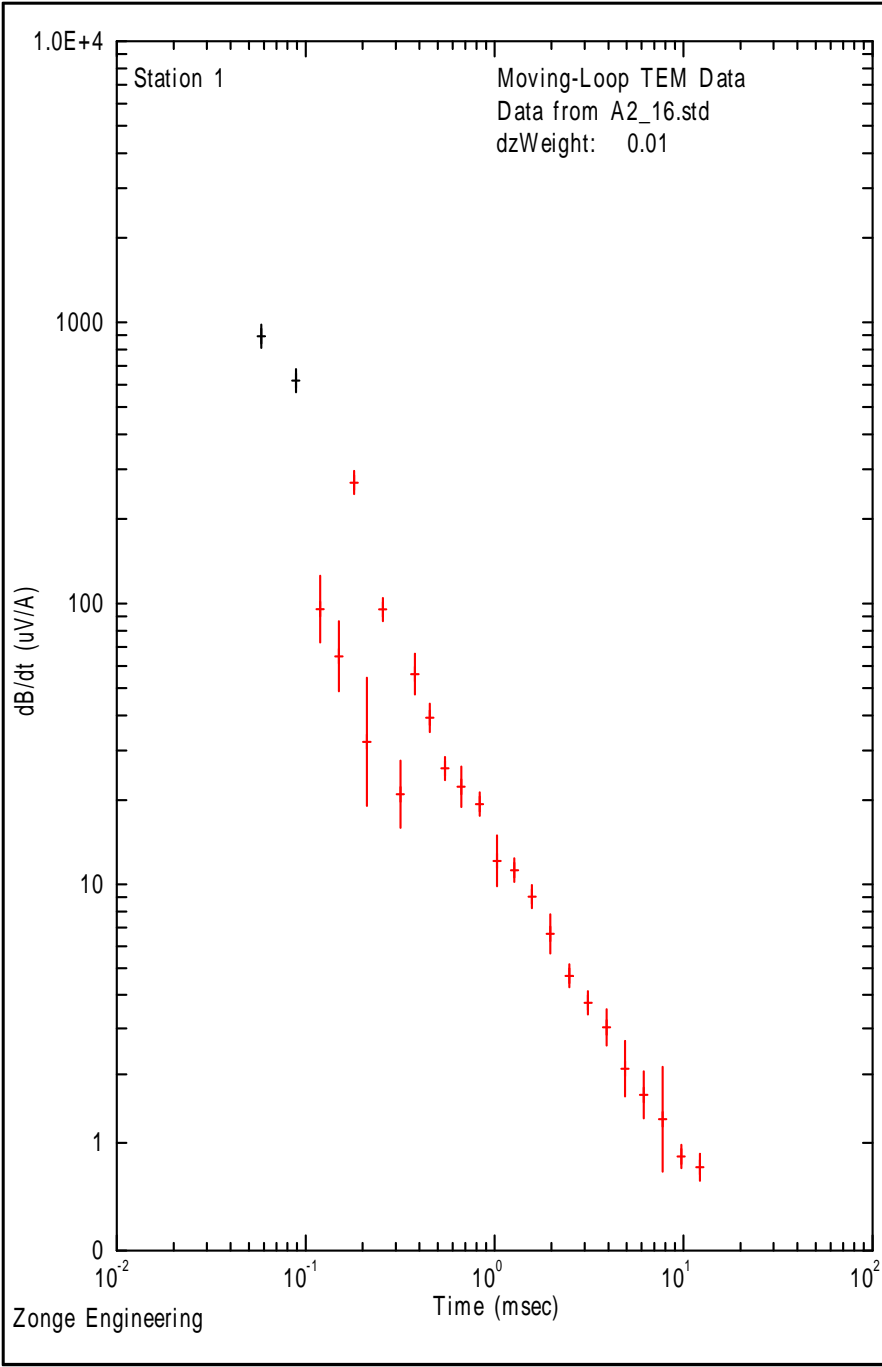


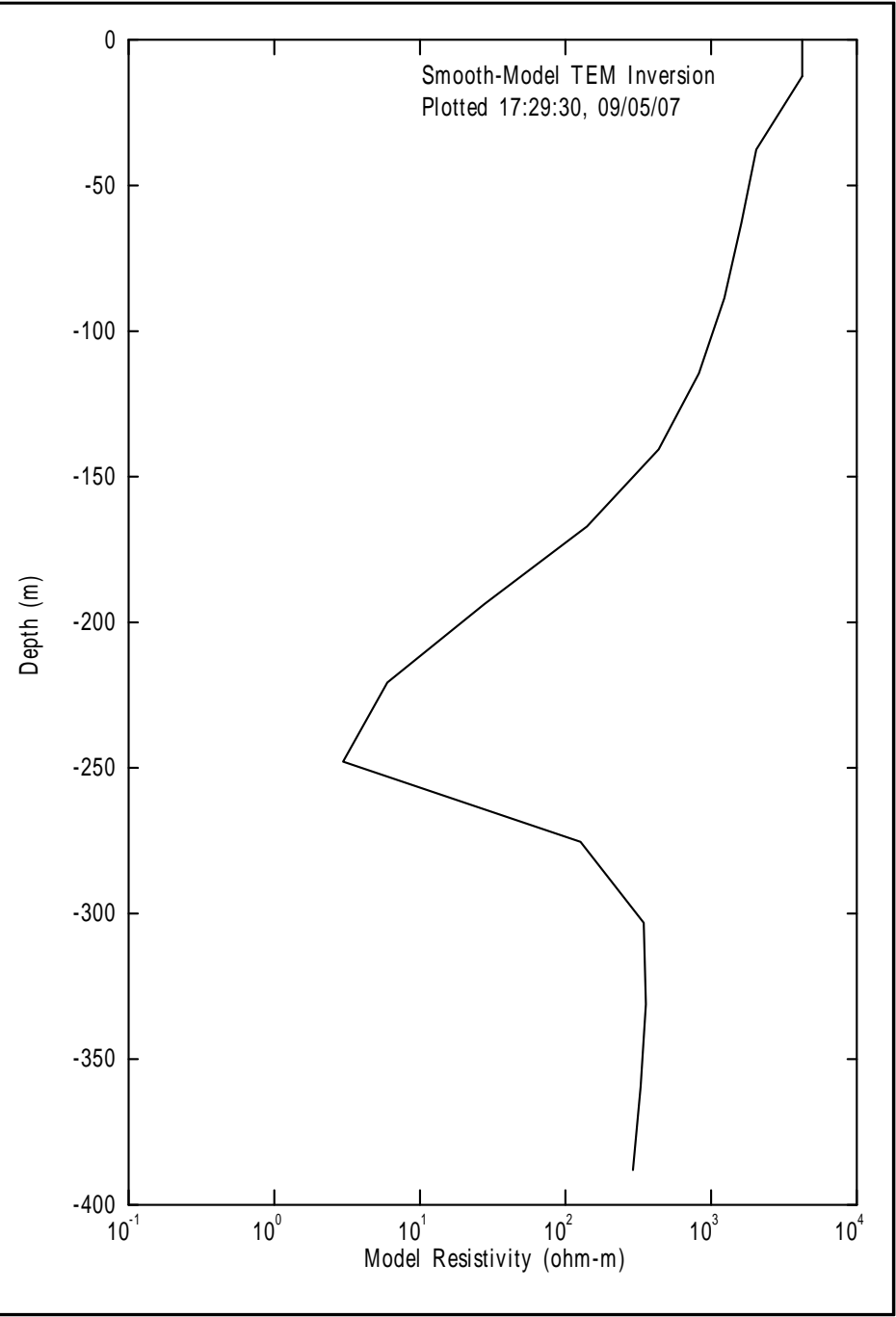
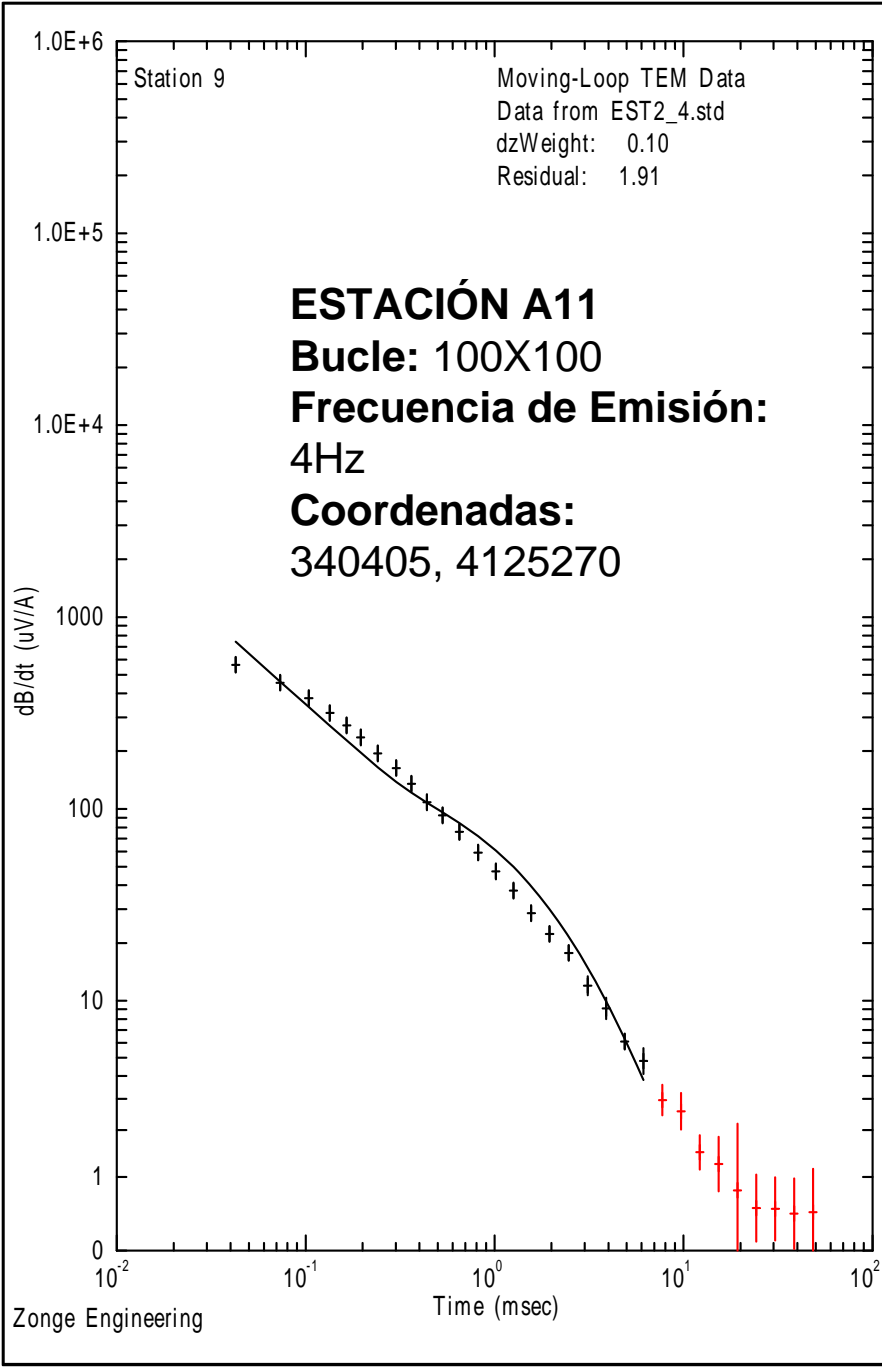


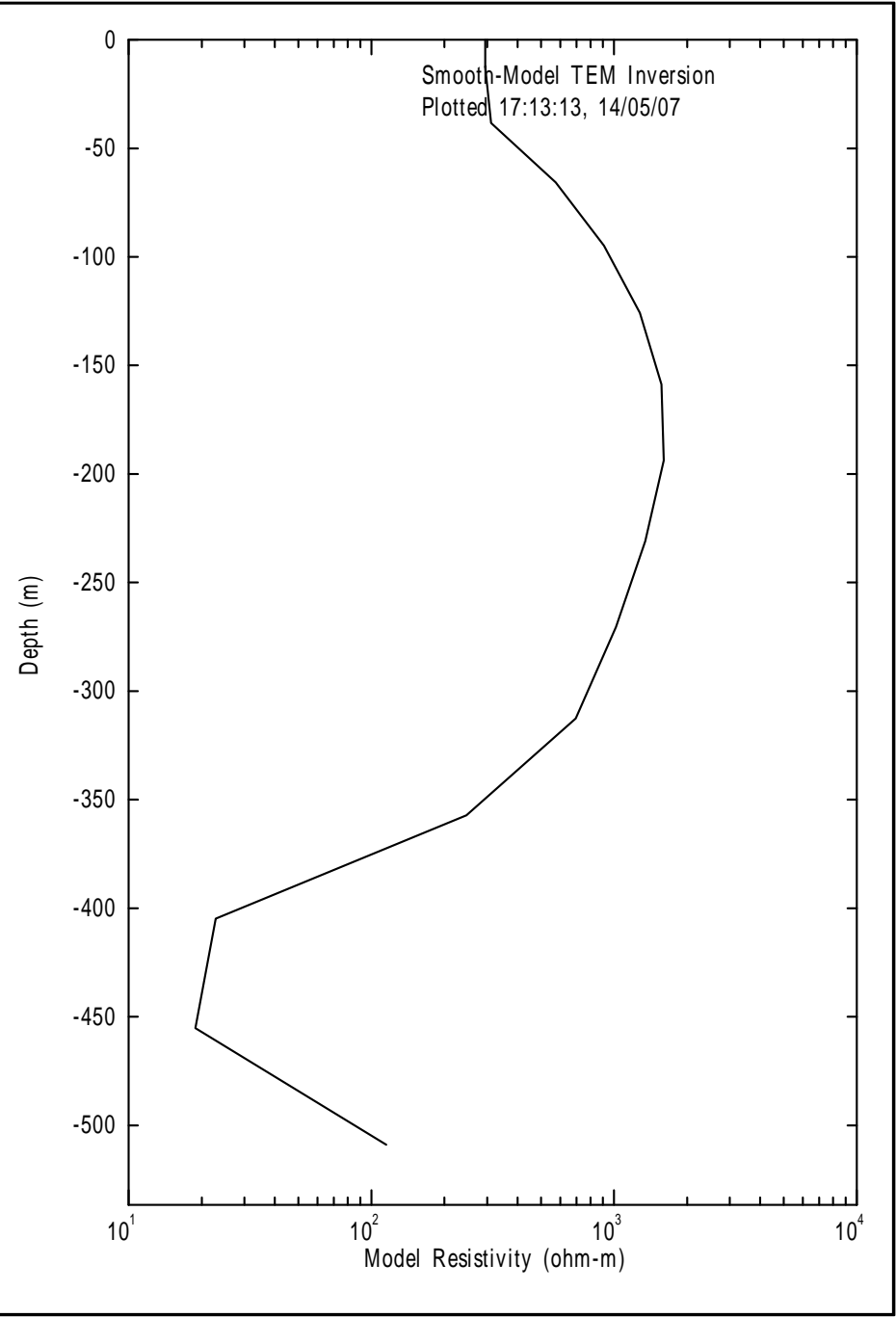
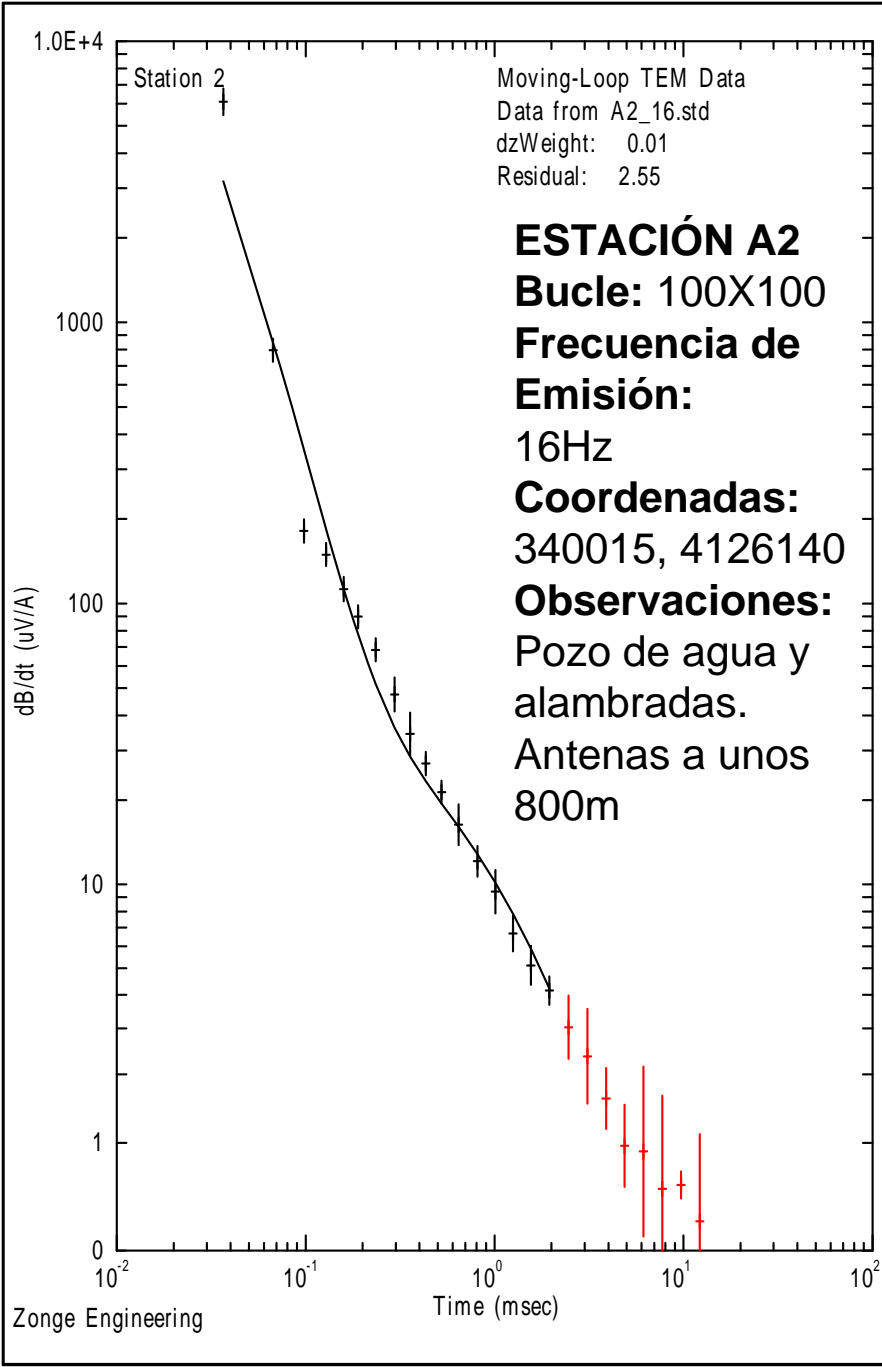


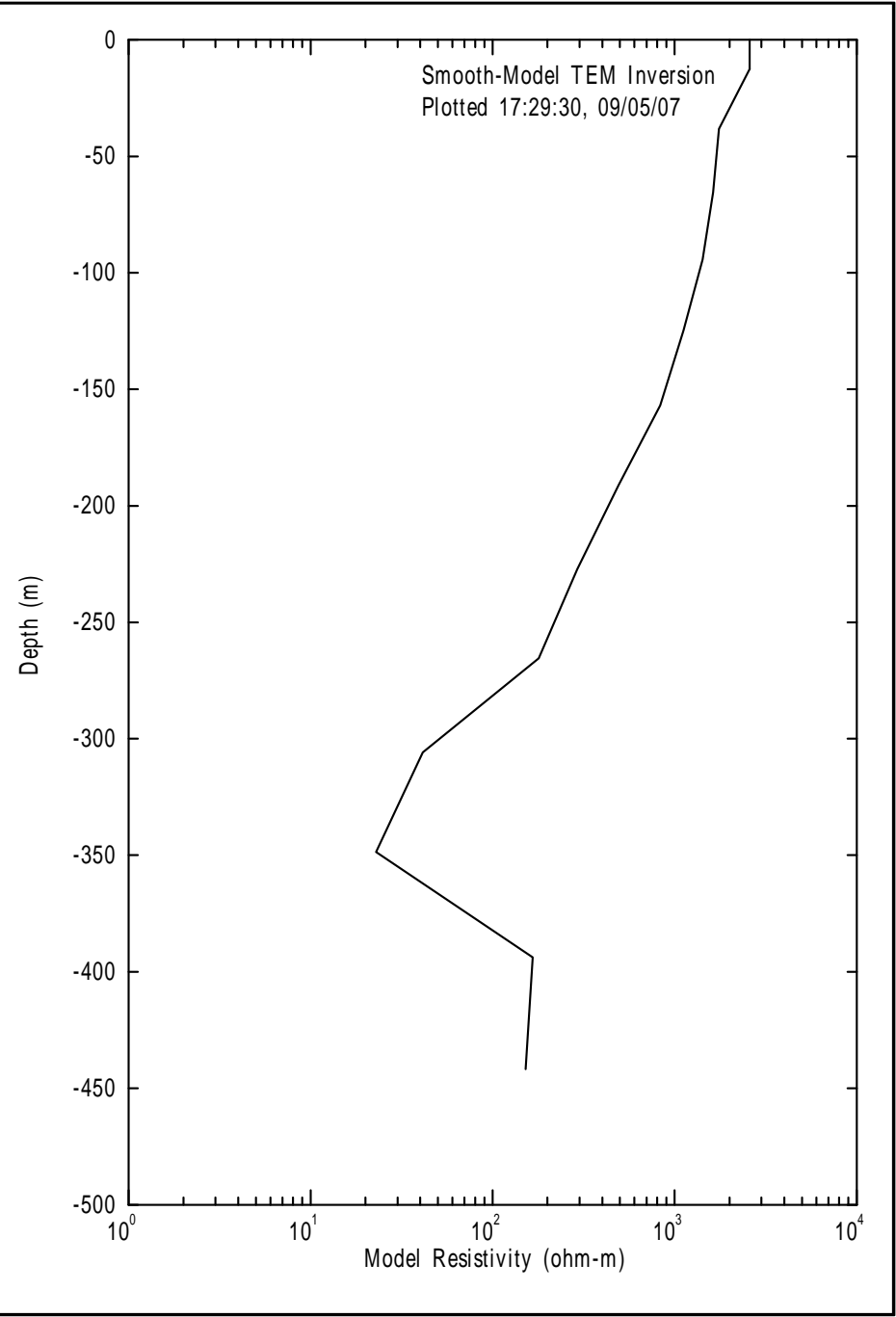
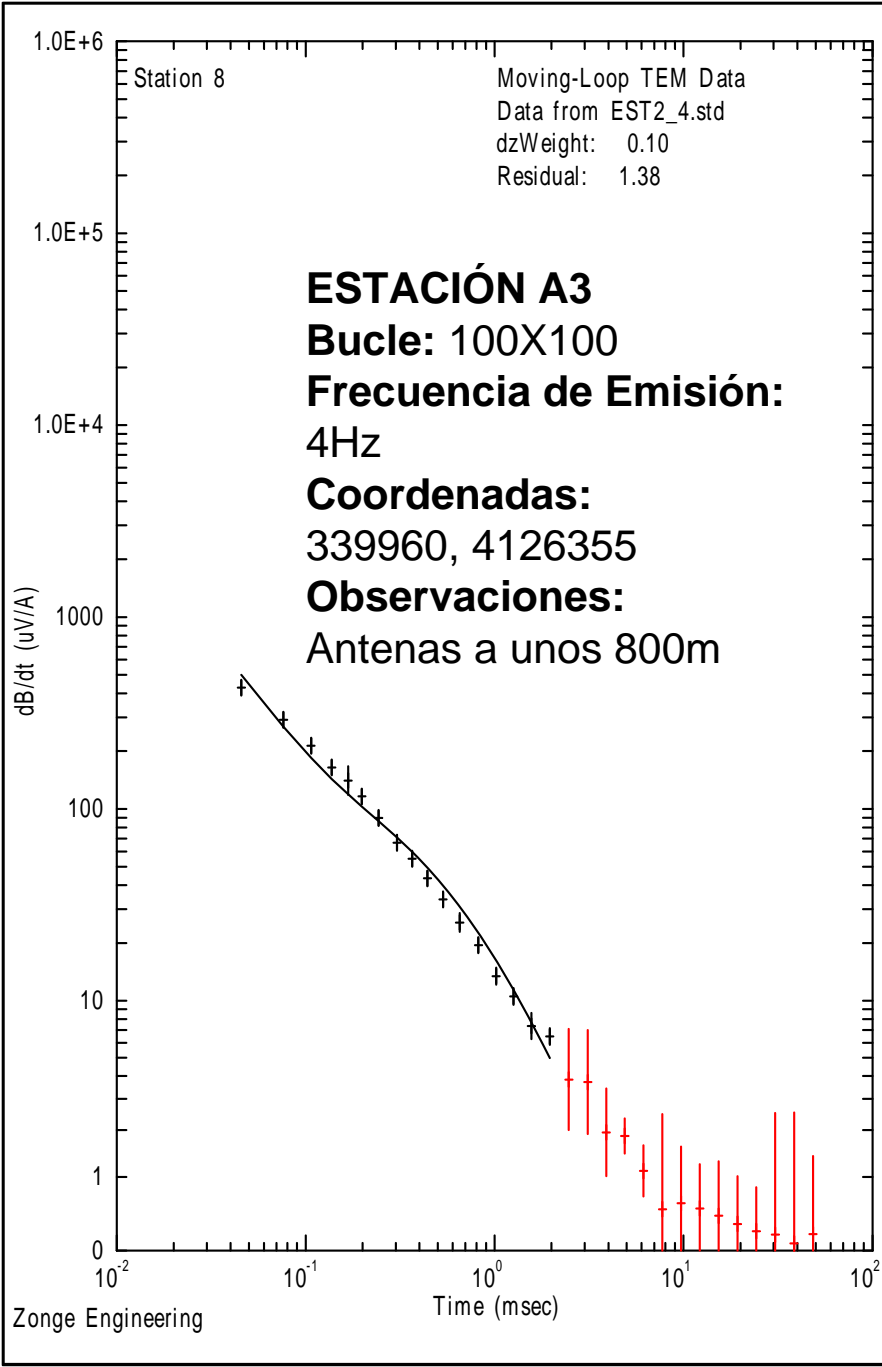


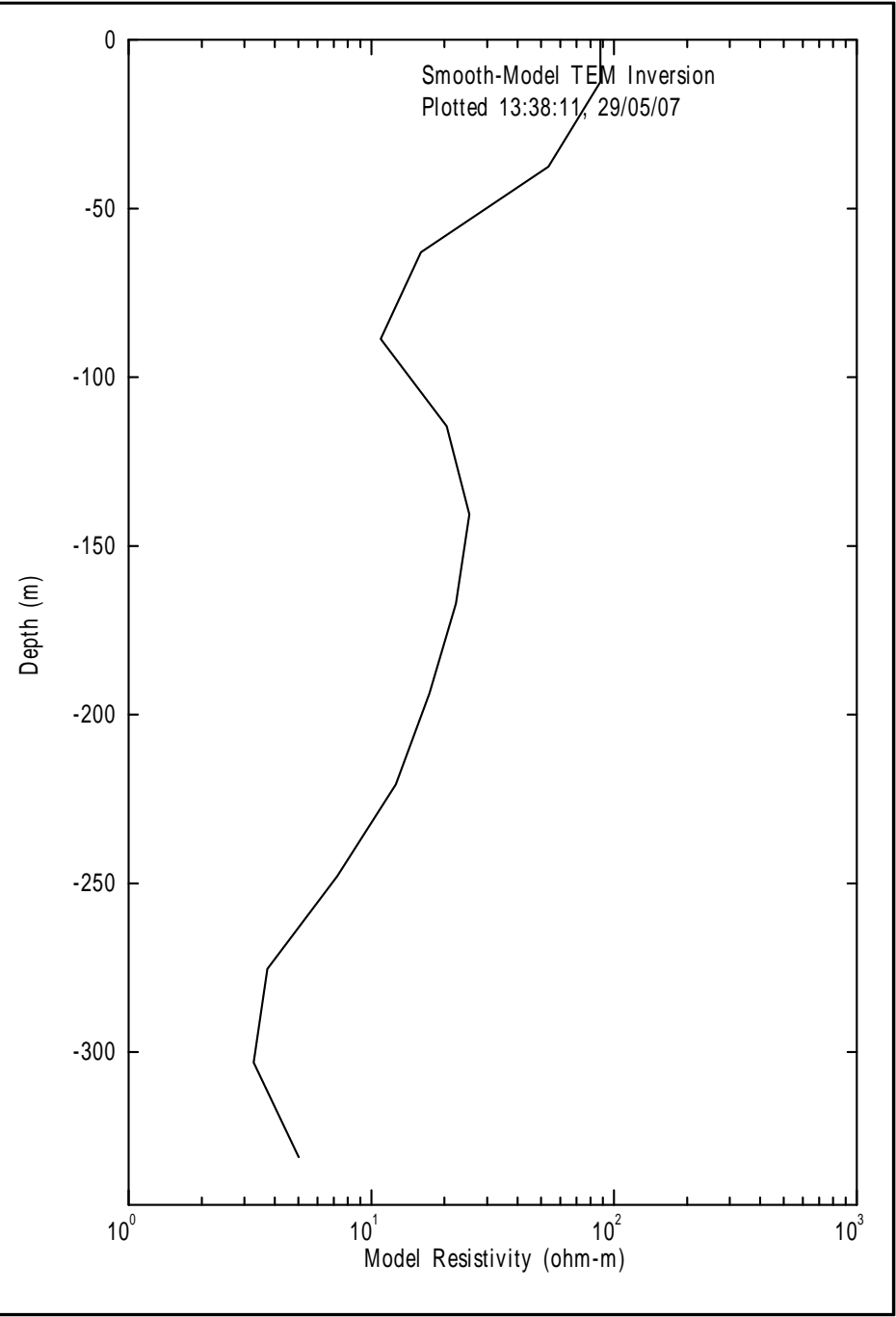
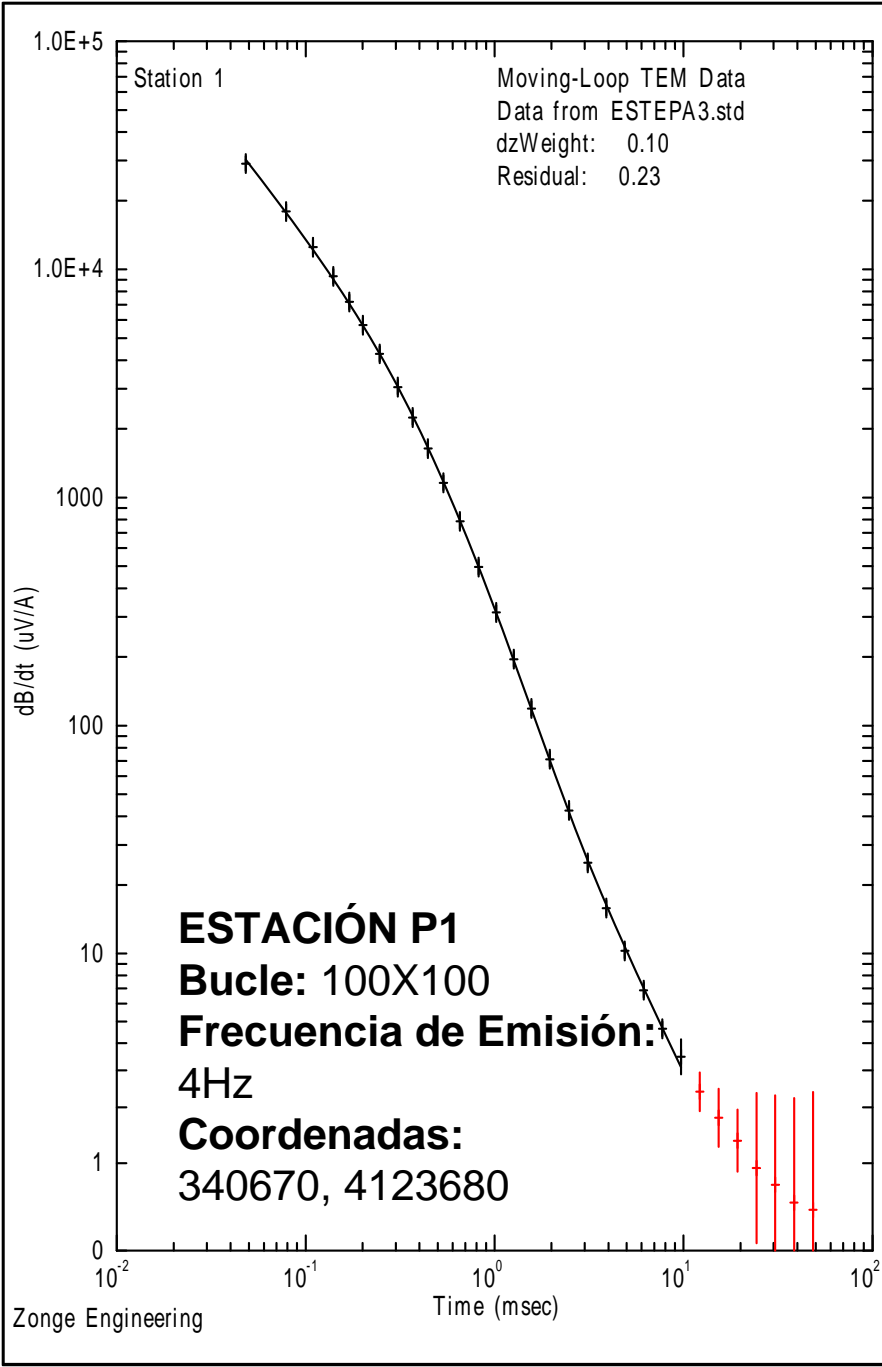


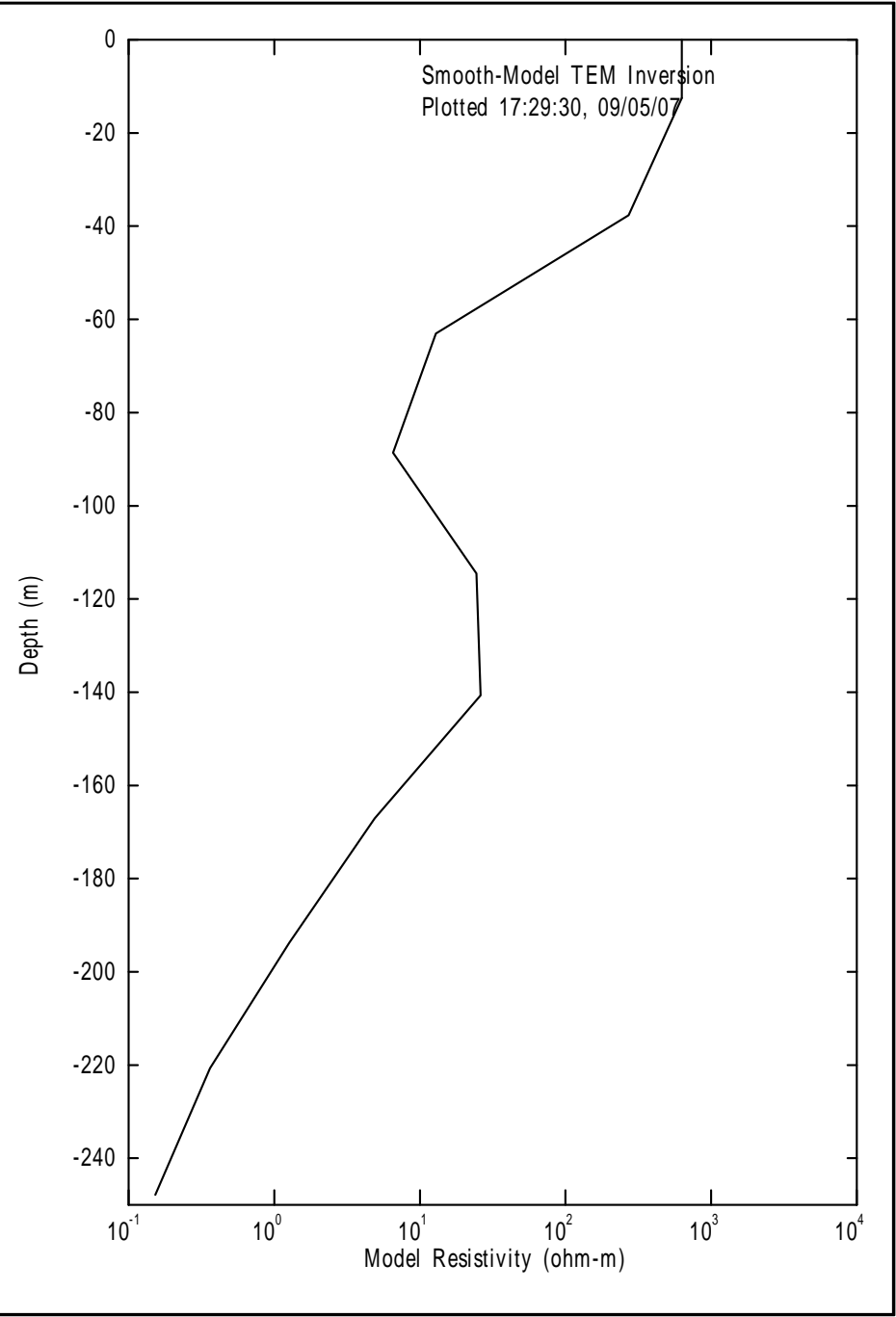
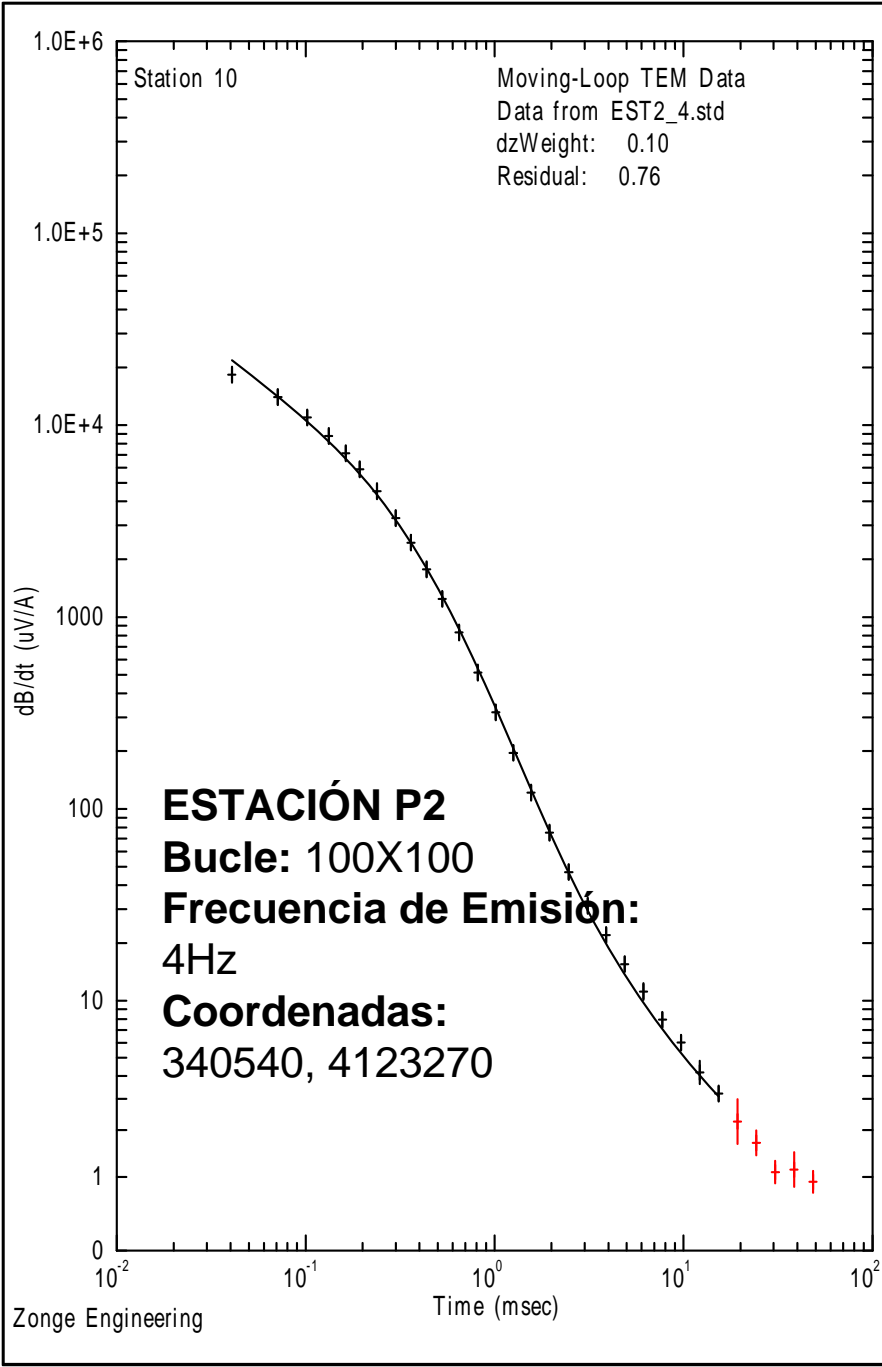


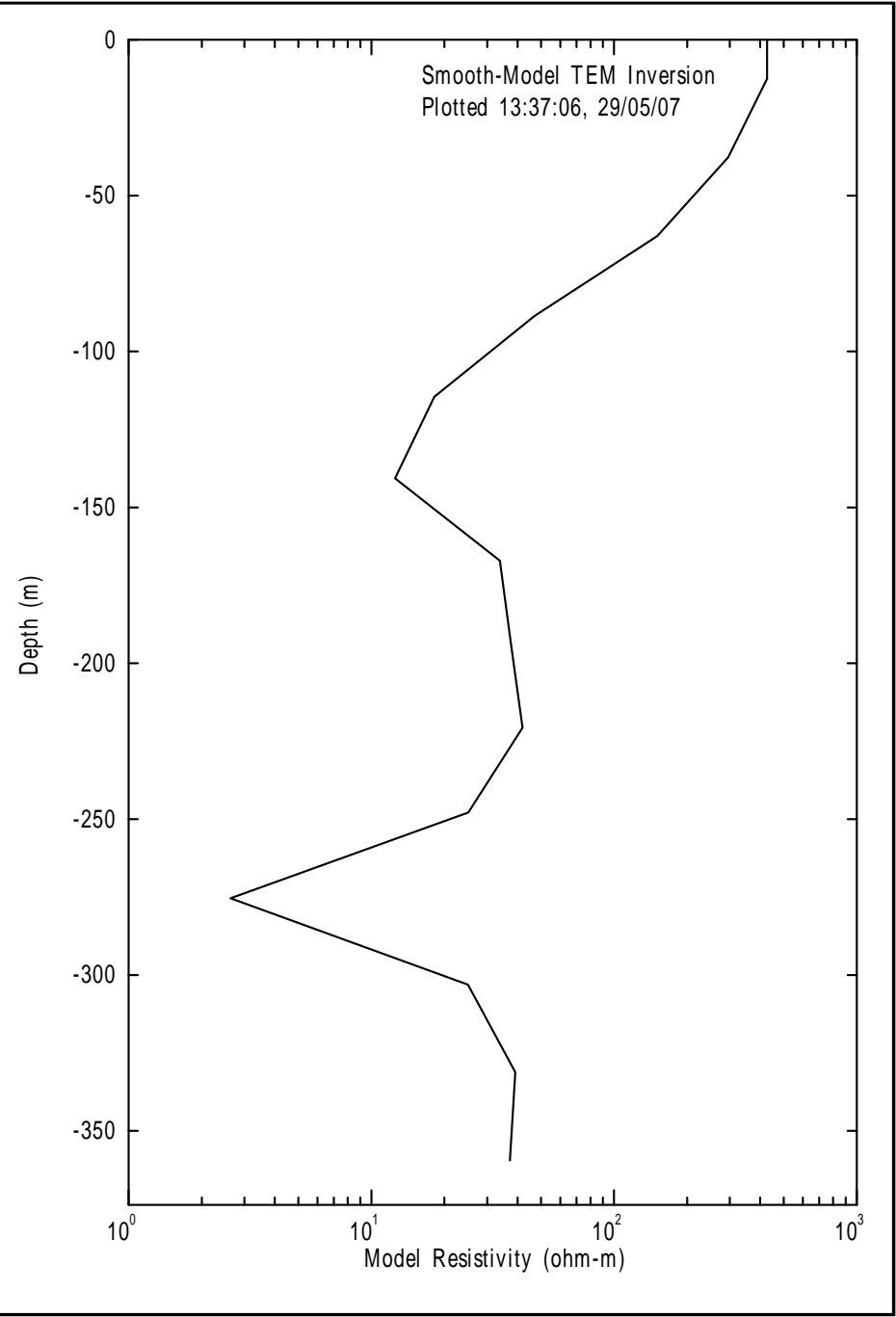
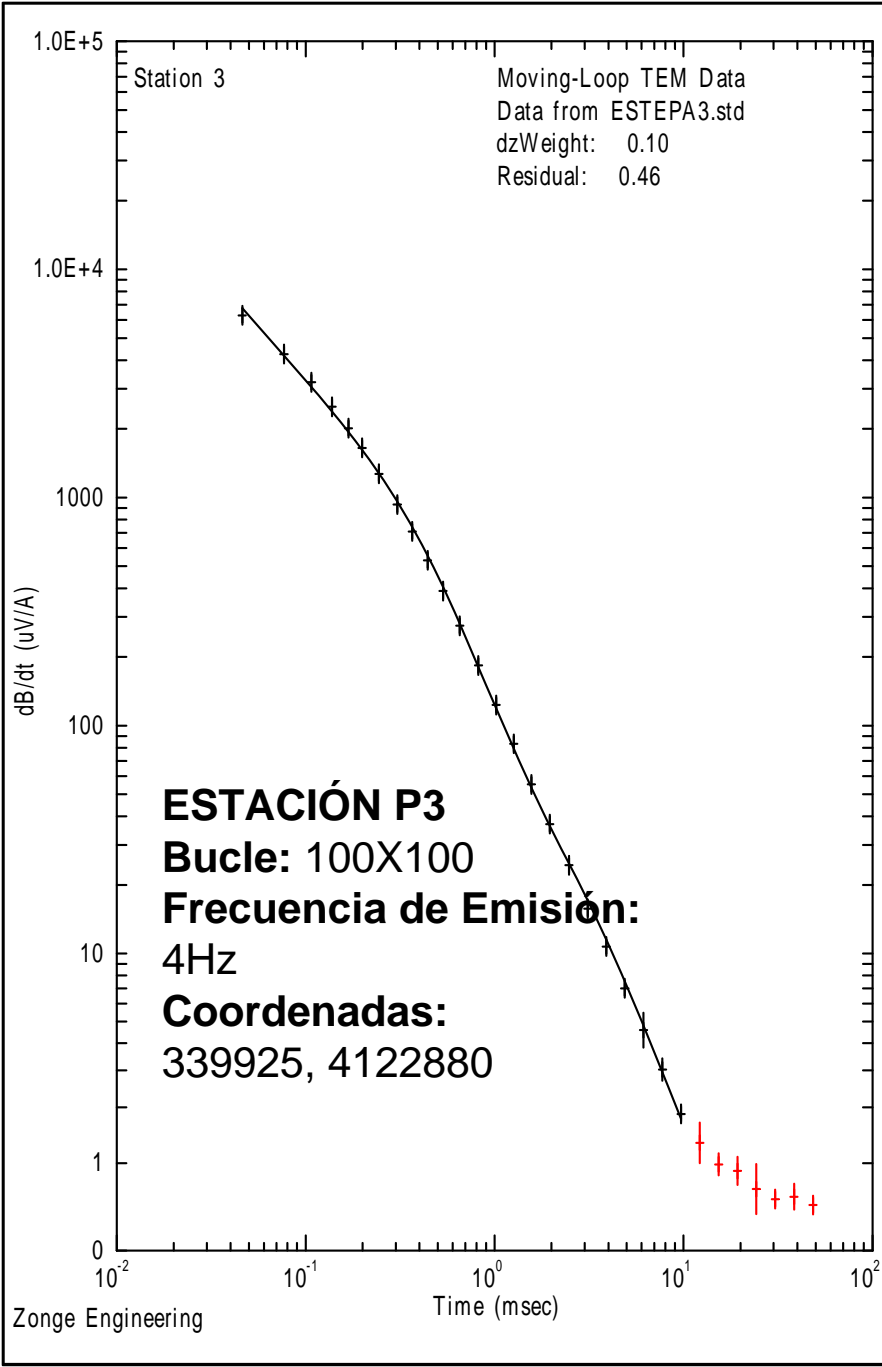


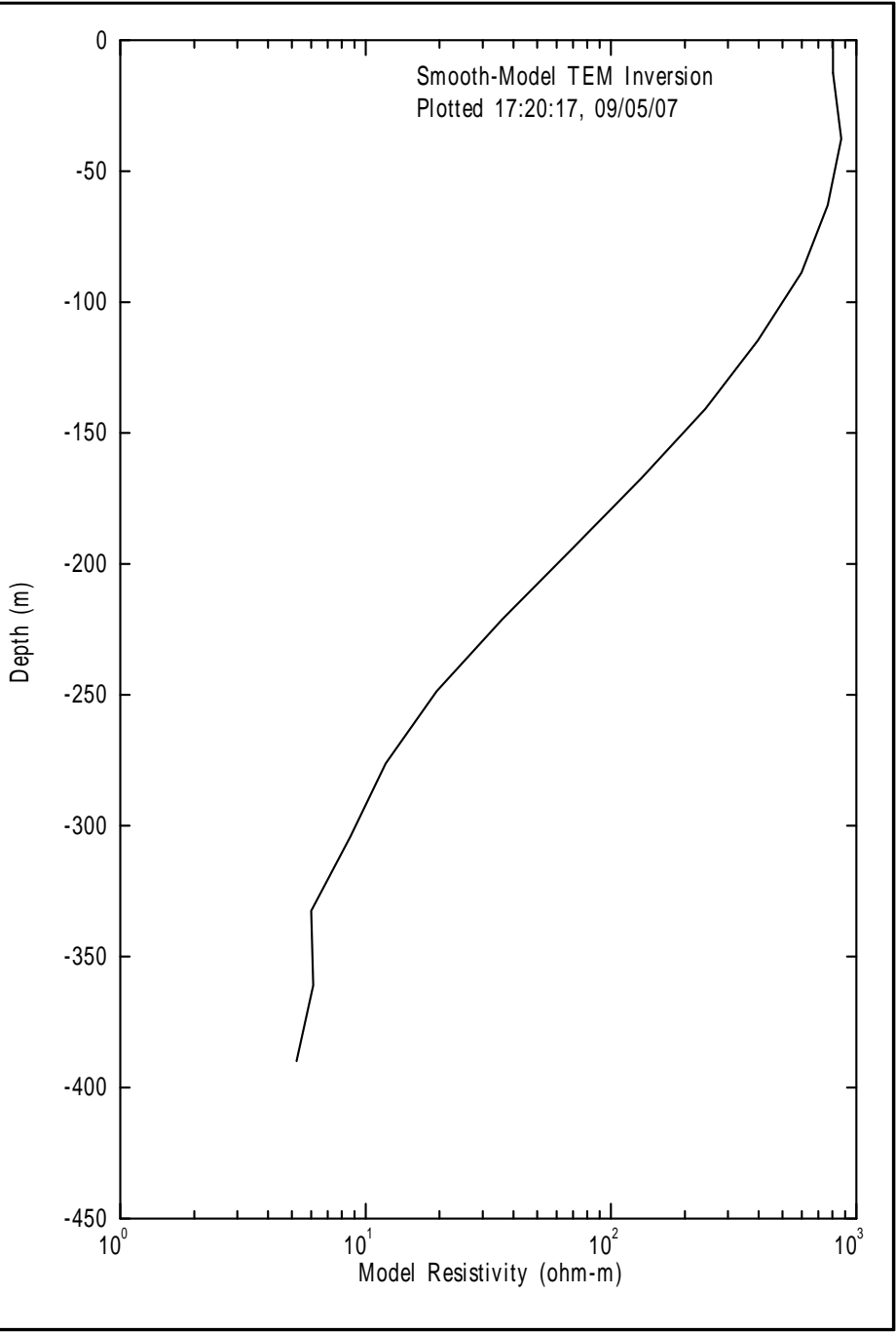
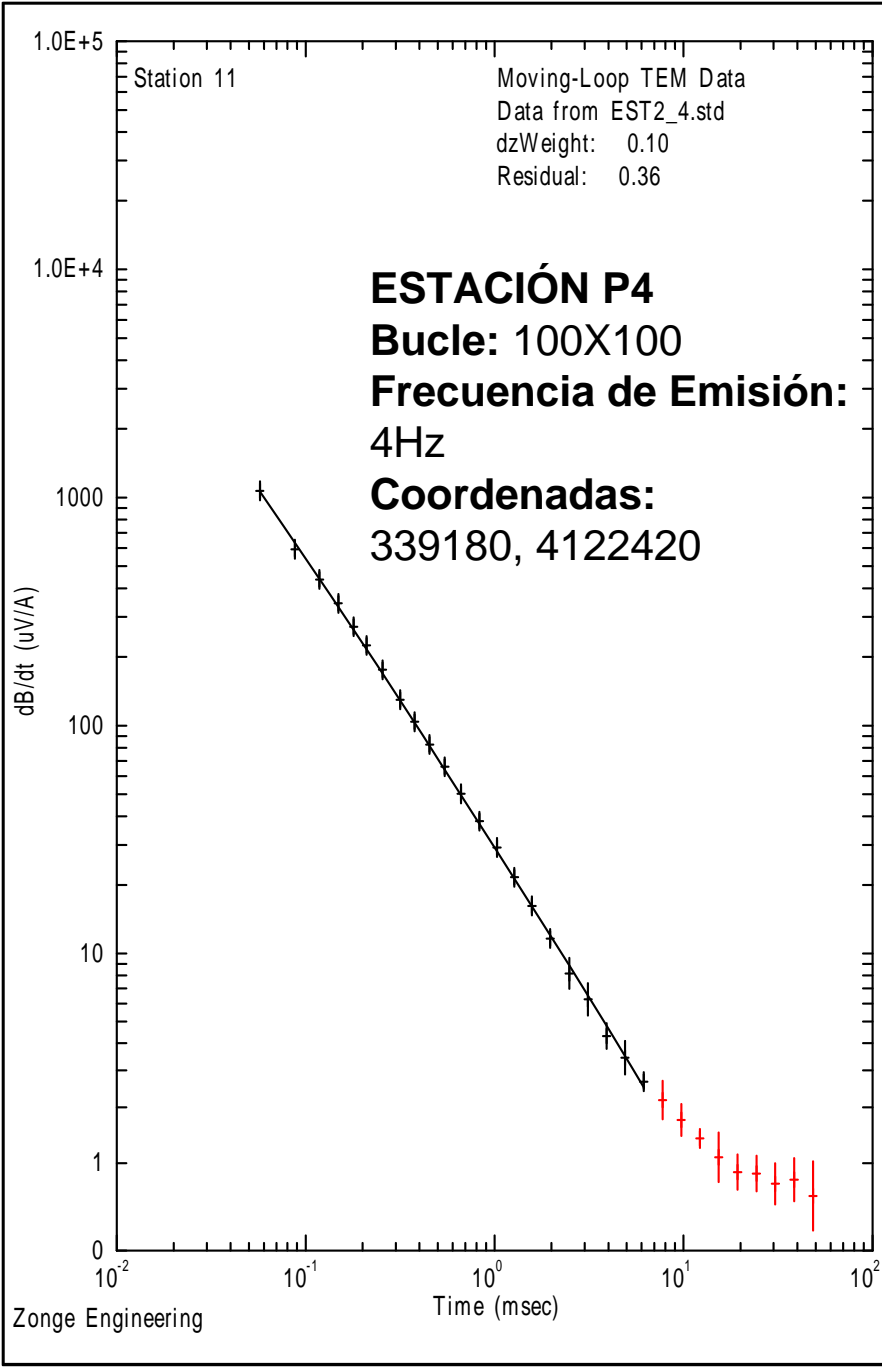


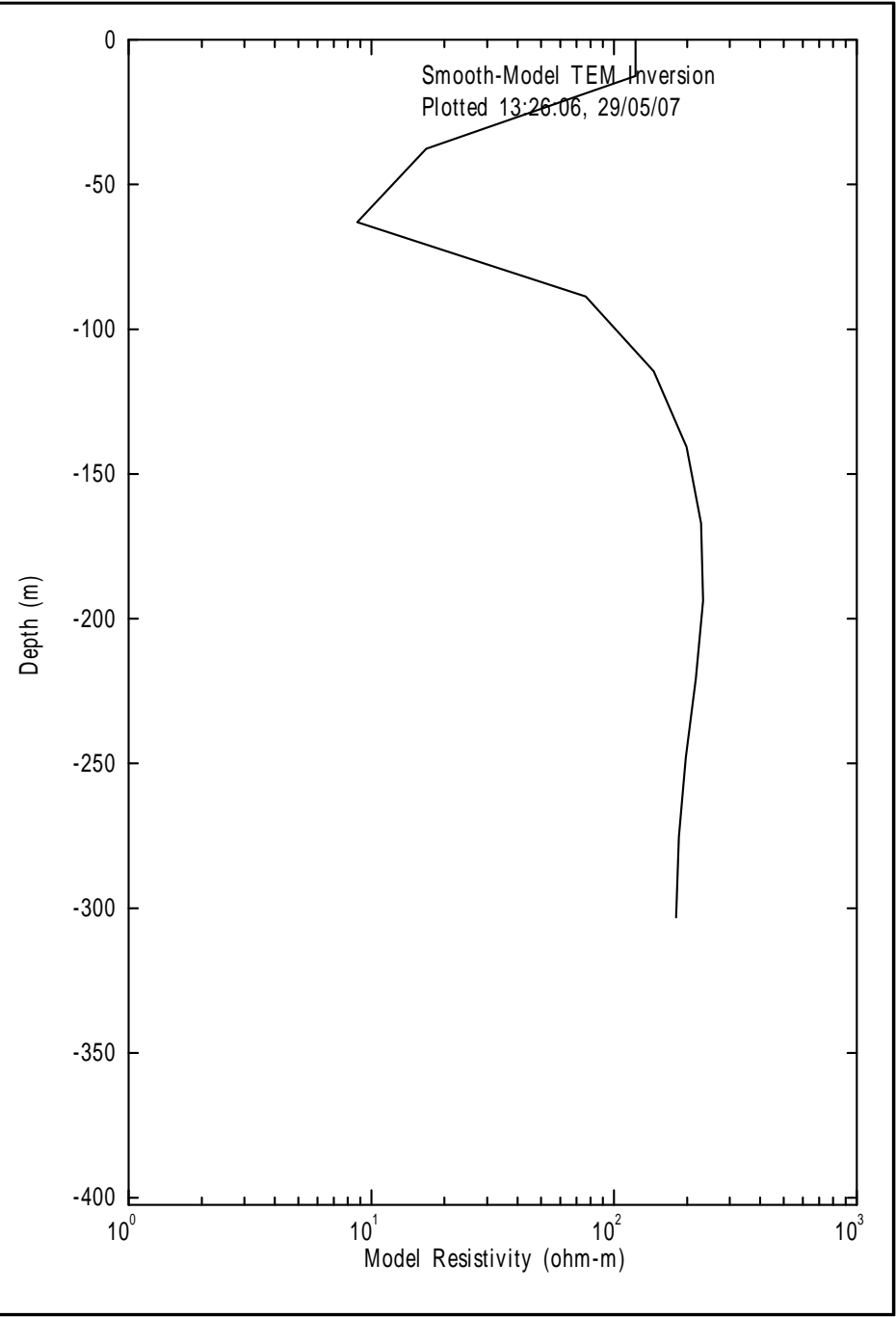
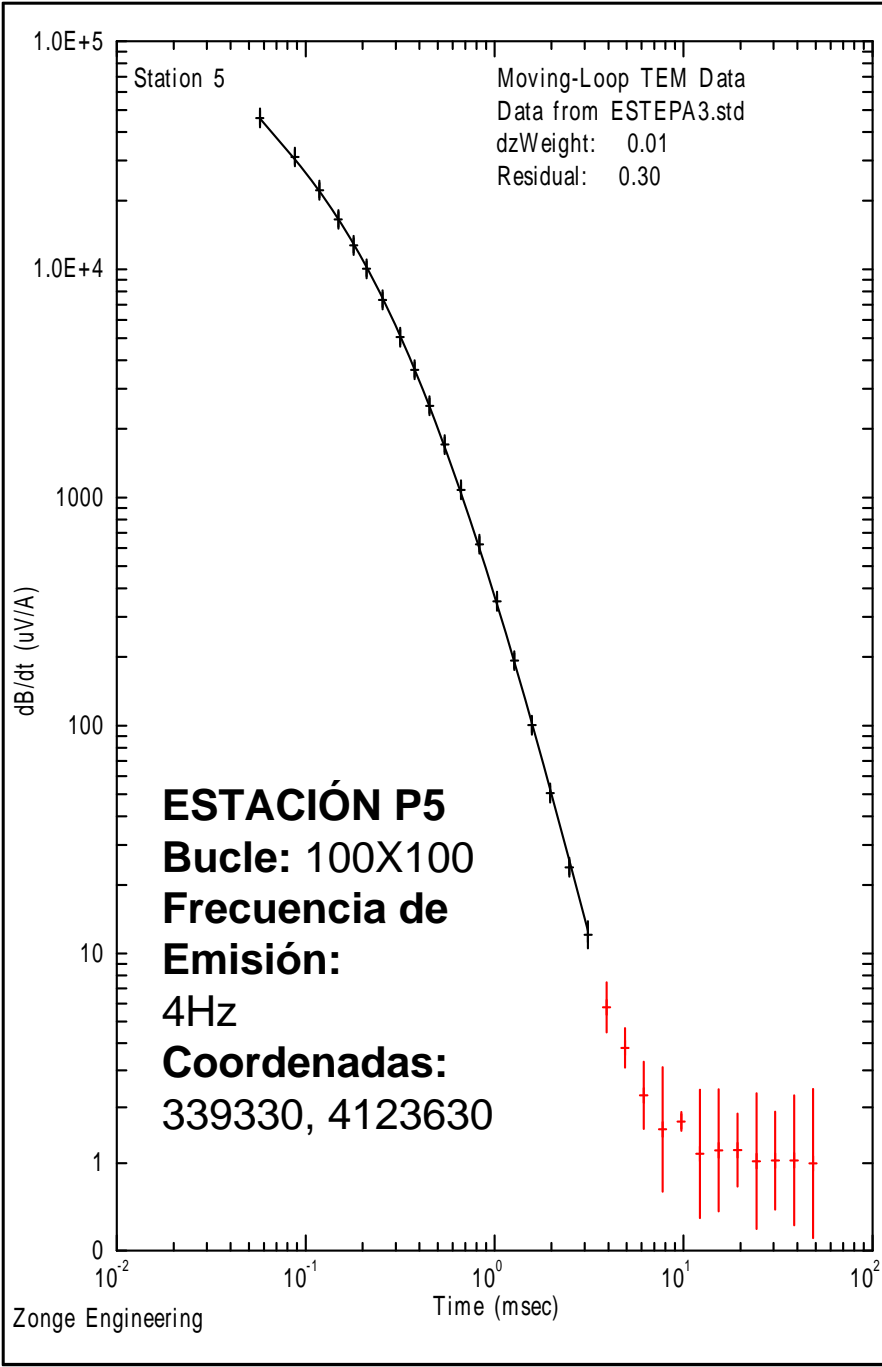






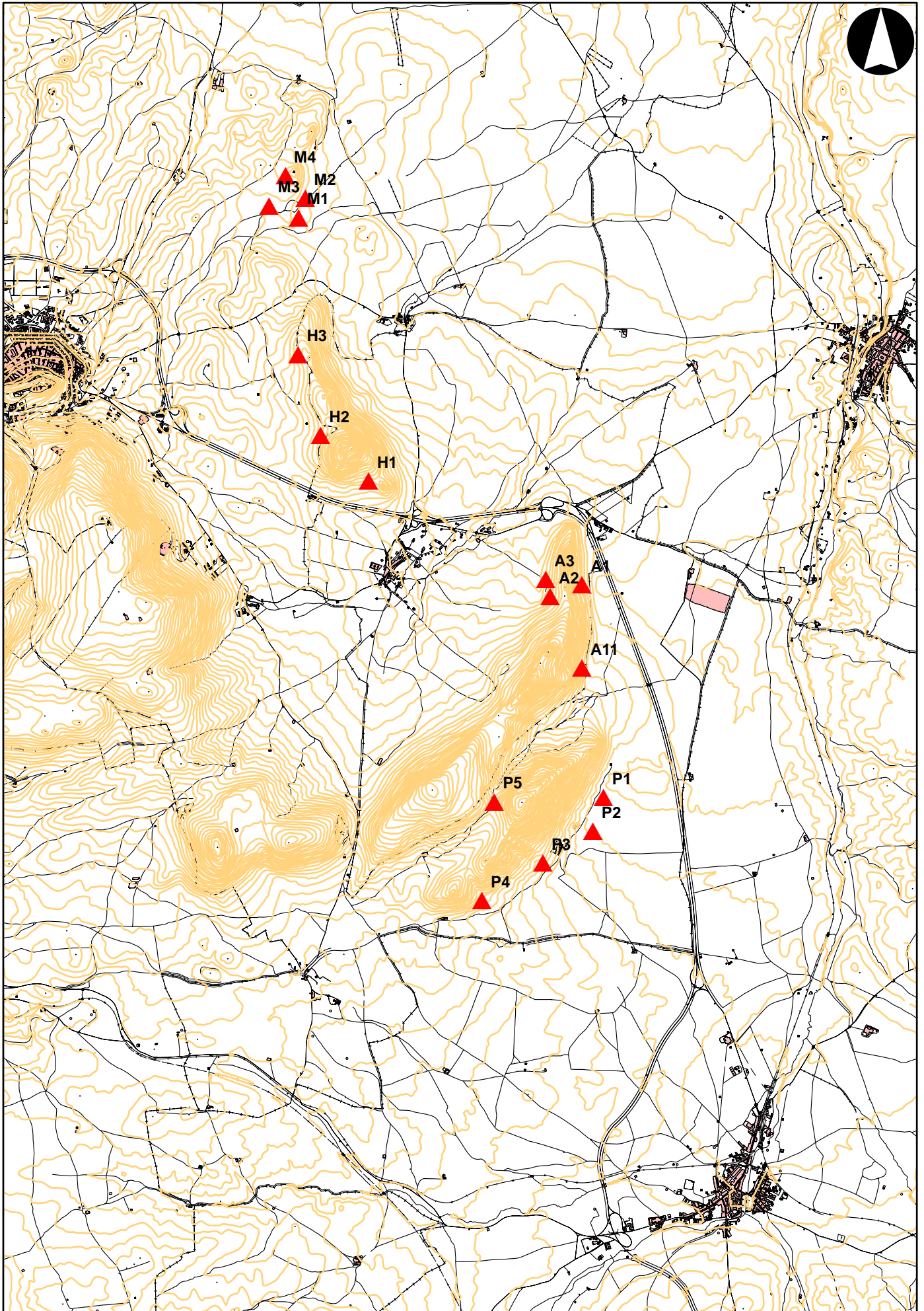








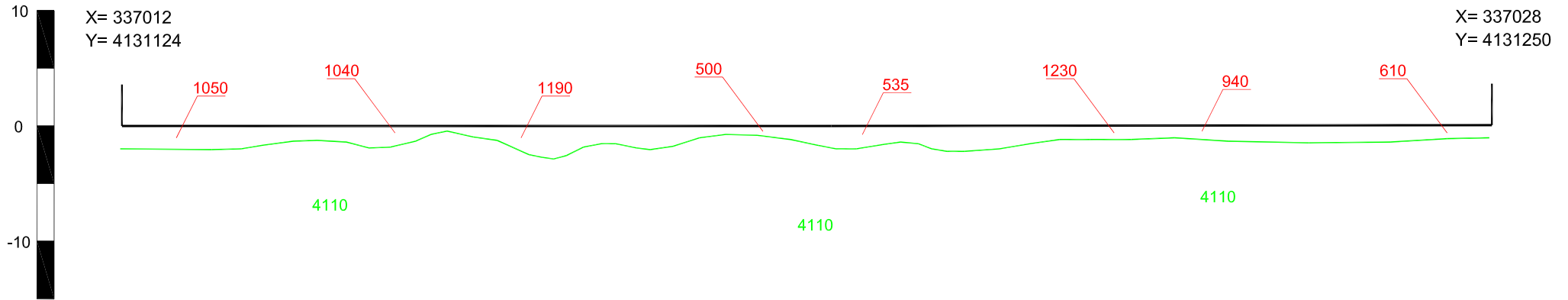
APÉNDICE E: PLANOS DE SÍSMICA



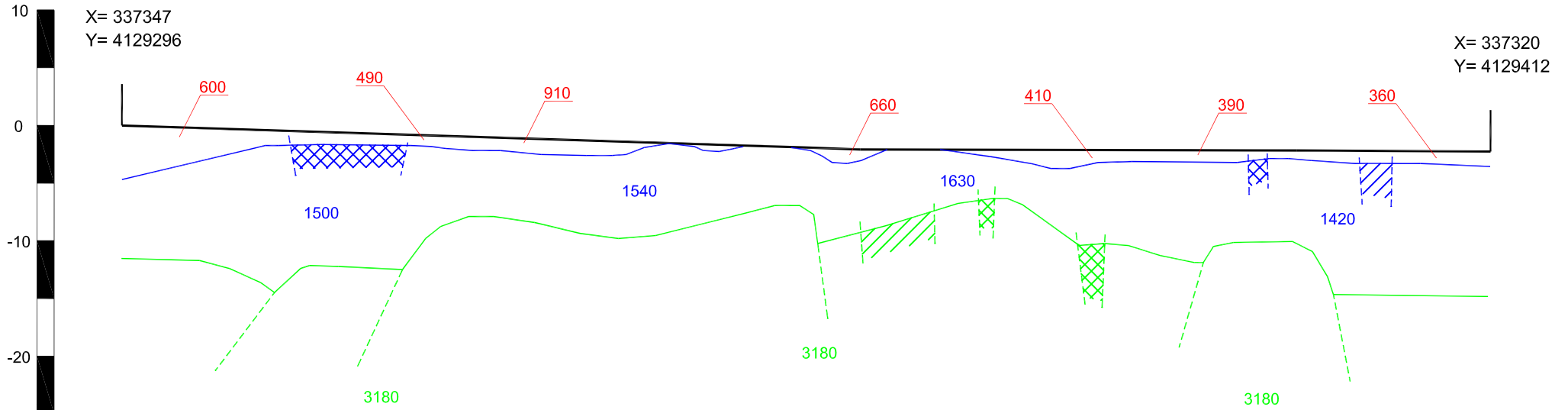
PLANO Nº 1. SITUACIÓN DE LOS SEDT



PERFIL SÍSMICO PS-1



PERFIL SÍSMICO PS-2



500	Velocidad sísmica en m/s		Zonas blandas o de falla
	Posibles zonas de falla		Zonas duras o compactadas

ESCALA 1:500

0 5 25m



CLIENTE:

TITULO:

ESTUDIO MEDIANTE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y SÍSMICA DE REFRACCIÓN CON FINES HIDROGEOLÓGICOS EN ESTEPA (SEVILLA). FASE 2.

AUTOR:



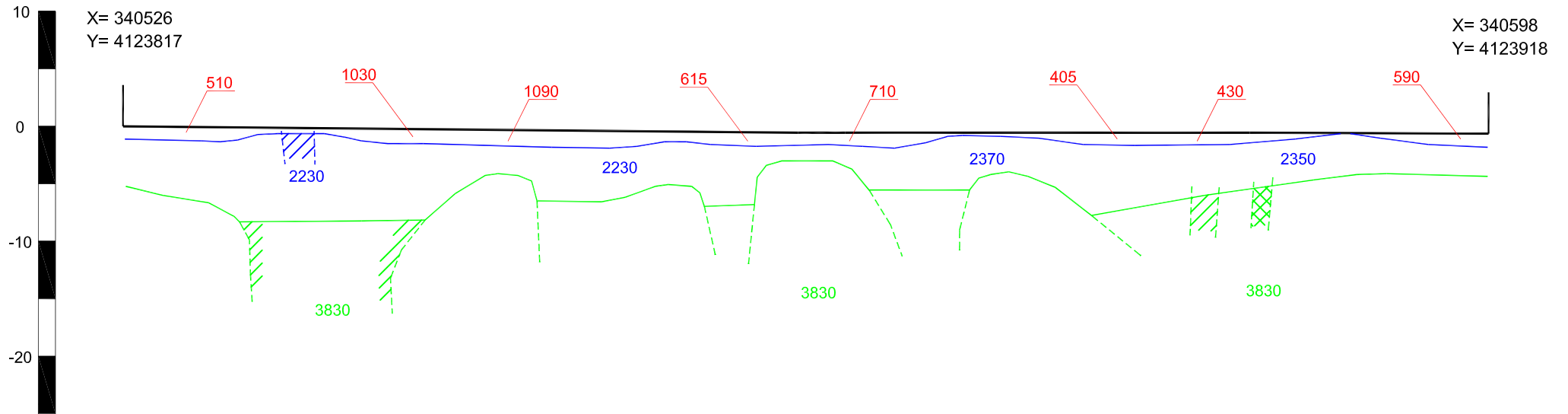
FECHA:

MAYO 2007

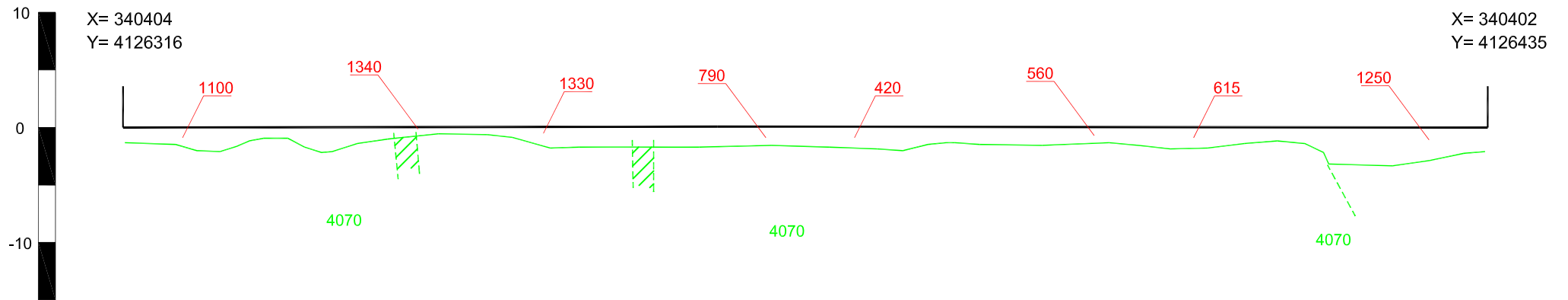
PLANO:

2

PERFIL SÍSMICO PS-3



PERFIL SÍSMICO PS-4



510	Velocidad sísmica en m/s		Zonas blandas o de falla
	Posibles zonas de falla		Zonas duras o compactadas

ESCALA 1:500

0 5 25m



CLIENTE:

TÍTULO:

ESTUDIO MEDIANTE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO
Y SÍSMICA DE REFRACCIÓN CON FINES HIDROGEOLÓGICOS EN ESTEPA (SEVILLA). FASE 2.

AUTOR:



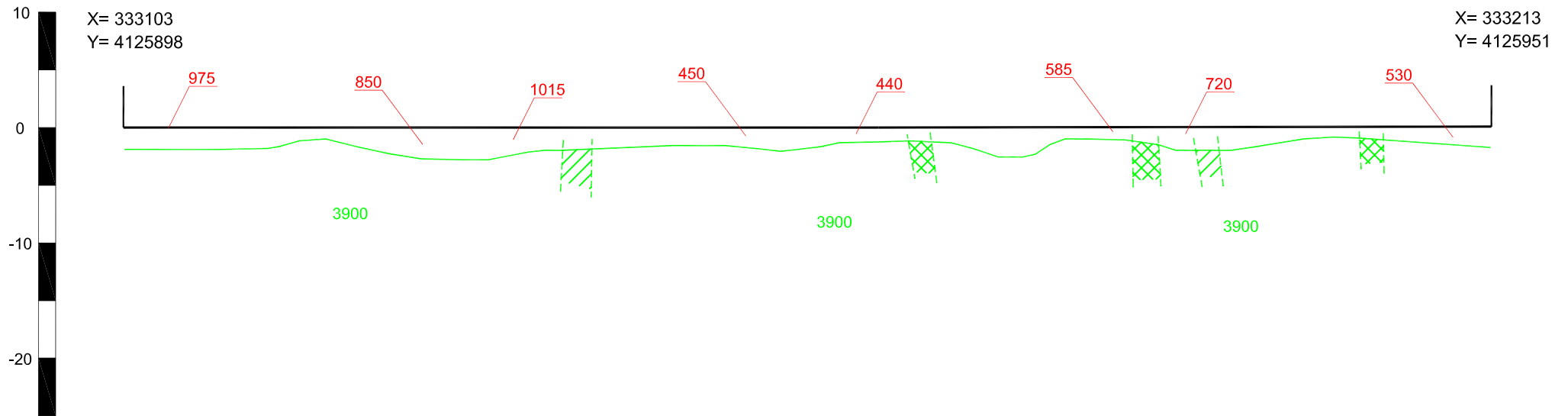
FECHA:

MAYO 2007

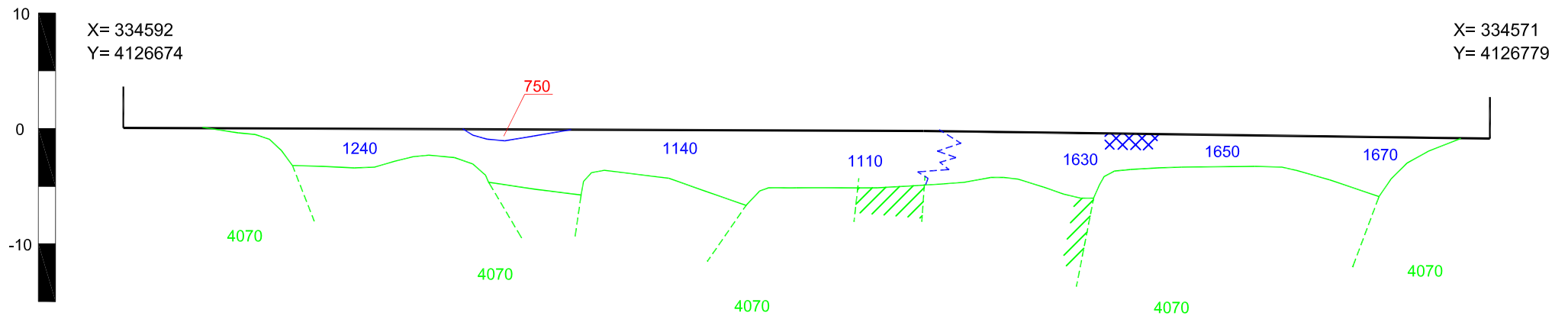
PLANO:

3

PERFIL SÍSMICO PS-5



PERFIL SÍSMICO PS-6



- | | | | |
|-----|--------------------------|--|---------------------------|
| 450 | Velocidad sísmica en m/s | | Zonas blandas o de falla |
| | Posibles zonas de falla | | Zonas duras o compactadas |

ESCALA 1:500

0 5 25m



CLIENTE:

TITULO:

ESTUDIO MEDIANTE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y SÍSMICA DE REFRACCIÓN CON FINES HIDROGEOLÓGICOS EN ESTEPA (SEVILLA). FASE 2.

AUTOR:



FECHA:

MAYO 2007

PLANO:

4