

63114  
III

**CAMPAÑA DE SEDT EN EL RIO TORDERA  
PROYECTO "GEOELEC" (REN2002-04538-c02-02,  
IGME-2003/17). FASE II**

**INFORME PREPARADO POR GEOGNOSIA S.L.L. PARA EL  
IGME.**

---

Este documento constituye parte del

**ANEXO F**

del Informe Final del Proyecto TOMOGRAFÍA GEOELECTRICA: DESARROLLO  
PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ACUÍFEROS (GEOELE

**JUNIO 2005**

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA	6
3. CRONOLOGÍA DEL TRABAJO	10
4. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN	12
5. PERFIL PS4	20
6. CONCLUSIONES	92
APÉNDICE A. EXPLICACIÓN DEL MÉTODO (SEDT)	99
APÉNDICE B. INSTRUMENTACIÓN	100
APÉNDICE C. MODELOS	103
APÉNDICE D. FORMATOS DE LOS DATOS	106
APÉNDICE E. IMÁGENES A3	110

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la fase II de la campaña Electromagnética realizada por Geognosia S.L.L., con la colaboración y participación de la Universidad de Castilla La Mancha en Diciembre de 2004 dentro del Proyecto "Goelec" (REN2002-04538-c02-02, IGME-2003/17). El objetivo del Proyecto es la comparación de diferentes métodos Geofísicos para determinar que información se puede obtener de cada uno, como se complementan y cual es el más efectivo a la hora de estudiar una zona concreta. El objetivo concreto de este trabajo es la realización de una campaña de Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempos en el curso bajo del Rio Tordera (provincias de Barcelona y Girona) en perfiles que coinciden con trabajos sísmicos y eléctricos anteriores. La campaña consta de tres fases:

1.- Determinación de las parámetros a utilizar durante la campaña. Incluye la definición del tamaño del bucle (100x100 metros o 50x50 metros), la intensidad de corriente, etc para conseguir una penetración suficiente para llegar a el basamento granítico sin alteración situado, según estudios previos, entre 50 y 150 metros.

2.- Medición a lo largo del perfil PS4, que sigue el curso del río Tordera, de 1960 metros de longitud seguidos y dos puntos aislados también sobre el mismo perfil. Las posiciones de los centros de los bucles quedarán (siempre que las condiciones del terreno lo permitan) distanciadas entre 50 y 100 metros , dependiendo del tamaño del bucle emisor, pudiendo variar para evitar ruidos por causa de alambradas, líneas eléctricas, casas o zonas de cultivo que pudieran estropearse por el paso. Las mediciones respecto al bucle emisor se harán en dos posiciones por bucle, en el centro del mismo y a entre 50 y 100 metros del centro en la dirección longitudinal del perfil.

Todas las medidas están identificadas con un número de estación, y con sus coordenadas geográficas X e Y (en UTM Huso 30, Datum ED50). Estas coordenadas se han medido en campo con un GPS GARMIN 72.

Para la realización de la campaña se han utilizado equipos de la firma Zonge, pertenecientes a la Universidad de Castilla La Mancha.



**Figura 1. Localización de los perfiles PS1 y PS4 sobre la fotografía aérea proporcionada por el IGME.**

Los ficheros de datos se presentan en cuatro formatos, los datos del volcado directo del receptor al ordenador, dos formatos del pre-procesado con el software de Zonge, con extensiones z y fld (el primero ya que según información de la página de Interpex, las bases de datos de esta firma importan este formato, y la segunda ya que es el formato estándar de los equipos de Zonge que contienen toda la información de los datos volcados) y tem (formato compatible con las bases de datos del IGME). La explicación de los formatos y de los parámetros que se incluyen en los ficheros se encuentra en el Apéndice D.



En total se tomaron medidas en:

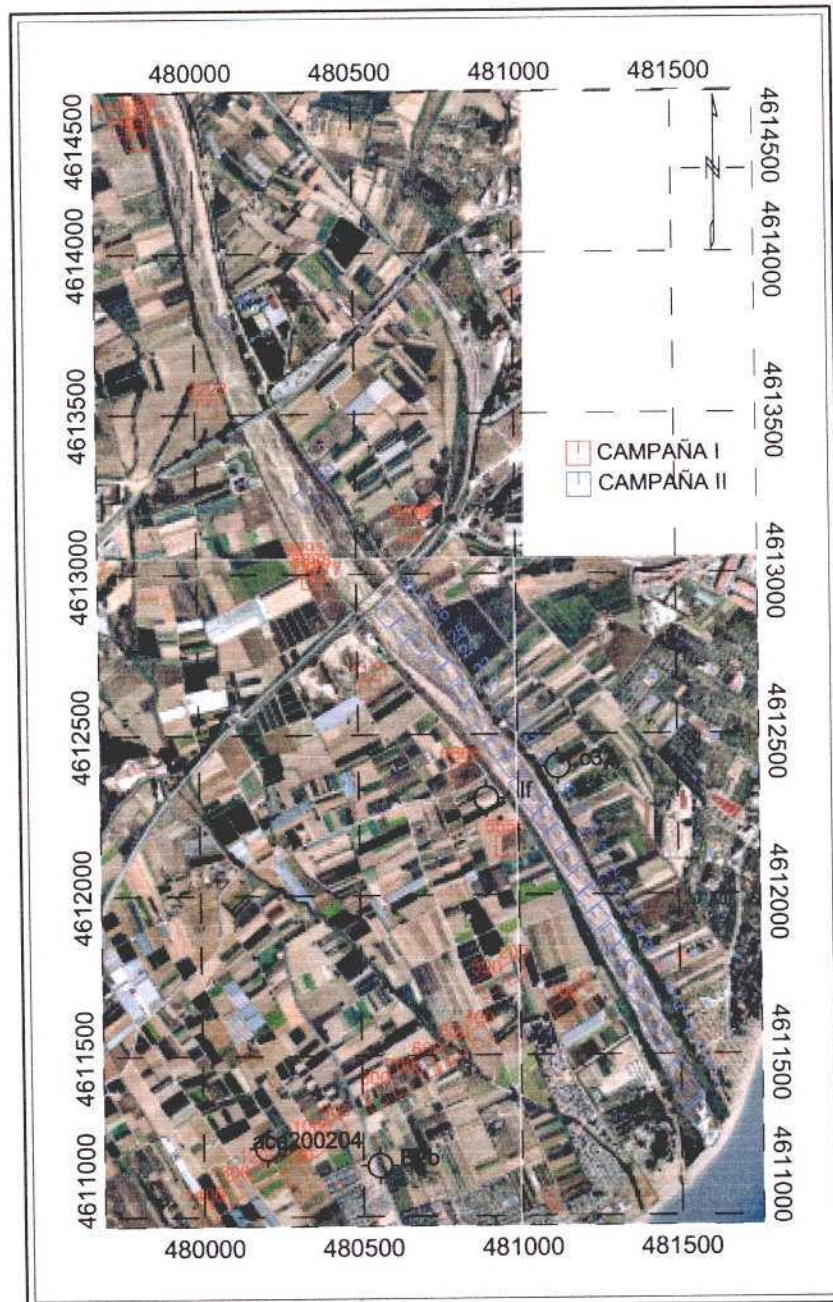
1 posición (estación 1111) dentro del bucle de dimensiones 100mx100m con una vuelta de cable.

1 posición (estación 2222) dentro del bucle de dimensiones 50mx50m con una vuelta de cable. La misma posición que 1111.

1 posición (estación 3333) dentro del bucle de dimensiones 50mx50m con dos vueltas de cable. La misma posición que 1111.

30 posiciones dentro del bucle de dimensiones 70mx70m en el perfil PS4.

26 posiciones fuera del bucle de las mismas dimensiones.



**Figura 2. Localización de las medidas tomadas en campo.**

1.0	481550	4611315	0
2.0	481525	4611385	0
3.0	481495	4611440	0
4.0	481460	4611500	0
5.0	481430	4611560	0
6.0	481405	4611620	0
7.0	481375	4611685	0
8.0	481345	4611750	0
9.0	481310	4611805	0
10.0	481280	4611865	0
11.0	481240	4611925	0
12.0	481220	4611985	0
13.0	481190	4612045	0
14.0	481160	4612115	0
15.0	481120	4612175	0
16.0	481085	4612235	0
17.0	481050	4612290	0
18.0	481015	4612340	0
19.0	480980	4612405	0
20.0	480940	4612460	0
21.0	480890	4612510	0
22.0	480860	4612565	0
23.0	480830	4612630	0
24.0	480785	4612690	0
25.0	480750	4612735	0
26.0	480695	4612785	0
27.0	480650	4612830	0
28.0	480600	4612875	0
29.0	480345	4613235	0
30.0	480095	4613775	0

MEDIDAS FUERA DEL BUCLE DEL PERFIL PS4

200.0	481525	4611385	0
300.0	481495	4611440	0
400.0	481460	4611500	0
500.0	481430	4611560	0
600.0	481405	4611620	0
700.0	481375	4611685	0
800.0	481345	4611750	0
900.0	481310	4611805	0
1000.0	481280	4611865	0
1100.0	481240	4611925	0
1200.0	481220	4611985	0
1300.0	481190	4612045	0
1400.0	481160	4612115	0
1500.0	481120	4612175	0
1600.0	481085	4612235	0
1700.0	481050	4612290	0
1800.0	481015	4612340	0
1900.0	480980	4612405	0
2000.0	480940	4612460	0
2100.0	480890	4612510	0
2200.0	480860	4612565	0
2300.0	480830	4612630	0
2400.0	480785	4612690	0
2500.0	480750	4612735	0
2600.0	480695	4612785	0
2700.0	480650	4612830	0

MEDIDA DE PRUEBA

1111.0	481520	4611365	0
2222.0	481520	4611365	0
3333.0	481520	4611365	0

## 2. INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA.

Las estructuras geológicas que podemos encontrar entre las localidades de Blanes y Palafolls pertenece en rasgos generales al Conjunto conocido como Cadena Ibérica, siendo la Cordillera Costero-Catalana uno de los sectores en que esta puede dividirse, y la que ocupa la zona objeto de estudio.

La Cordillera Costero-Catalana trata de una serie de alineaciones montañosas de dirección NE-SO, que en algunos casos superan los 1000 metros de altitud, formando una barrera montañosa de unos 200 Km. de longitud y de 30 a 40 Km. de anchura que se extiende paralelo a la costa, y separa la depresión del Ebro del mar Mediterráneo.

### SUBDIVISIONES DE LA CORDILLERA COSTERO-CATALANA

La Cordillera Costero-Catalana es un cinturón estrecho de sierras que cierra la cuenca del Ebro en el Antepaís Pirenaico. No tiene relieves demasiado elevados y se divide en tres grandes unidades:

- Cordillera Litoral.
- Depresión Prelitoral.
- Cordillera Prelitoral.

La más próxima al mar y donde se encuentran las localidades objeto de estudio es la Cordillera Litoral, de unos 150 Km. de longitud entre Gerona y Vilanova y la Geltrú, su altitud es moderada destacando Montnegre con 759 metros, sierra ligeramente al SO de Palafolls.

Esta división morfológica longitudinal de la Cordillera Costero-Catalana contrasta con su composición litológica, ya que la mitad N está constituida sobre todo por Granitos y rocas metamórficas del Paleozoico, mientras que la mitad meridional predominan los afloramientos mesozoicos.



**Figura 3. Vista de parte del perfil PS4.**



## **DESCRIPCIÓN LOCAL DE AFLORAMIENTOS**

En la zona objeto de estudio aparecen como afloramientos casi exclusivamente rocas plutónicas ácidas variscas que intruyen en rocas paleozoicas de edades comprendidas entre cambro-ordovícico y el Carbonífero Medio. Los distintos macizos plutónicos se sitúan a lo largo de una faja de orientación ENE-OSO, si bien, la distribución y geometría de los afloramientos actuales, se debe esencialmente a la orogenia Alpina.

## **EMPLAZAMIENTO**

El batolito de la Cordillera Costero-Catalana está formado por numerosas unidades intrusitas independientes. El emplazamiento de los diversos plutones se produjo principalmente por mecanismos de fracturación de las rocas encajantes, sin que ello implicara una deformación significativa de las mismas a pequeña escala. No es frecuente facies de enfriamiento brusco lo que implica una escasa diferencia de temperatura con el magma en el momento de intrusión.

## **RELACIONES TECTÓNICAS Y METAMÓRFICAS**

Al Oeste de Palafolls se observa que los contactos intrusitos de los granitoides cortan sistemáticamente las principales estructuras deformativas originadas durante la Orogenia Varisca, mientras que las rocas plutónicas carecen generalmente de deformaciones tectónicas significativas. En la zona descrita aparecen varios afloramientos metamórficos de bajo grado en general compuestas de pizarras, cuarcitas y esquistos fundamentalmente.

## **PETROLOGÍA**

En la zona de estudio aparece casi exclusivamente Granodioritas (cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y en ocasiones horblenda que suele ser equigranulares de tamaño de grano medio a grueso y Monzogranitos siempre presenta biotita pero en proporciones inferiores al 10% que en distintas zonas da lugar a Granitos en sentido estricto.

Cortando ambos municipios aparecen materiales cuaternarios en los márgenes del Río Tordera

## **REFERENCIAS**

**Vera, J.A. (editor) (2004): Geología de España. SGE-IGME, Madrid, 890 p.**  
**Mapa Geológico de España, Número 35, Barcelona. Instituto Geológico y Minero de España**



## SONDEOS

La información proporcionada por el IGME y la Universidad de Barcelona acerca de los sondeos de la zona es la siguiente:

Sondeo B-2\_b:

El Granito se encuentra a 74,2 metros de profundidad desde superficie.

Las coordenadas del sondeo son:

X 480553  
Y 4611159

Piezómetro Laboratoris Fher:

El granito se encuentra a 42 metros desde superficie.

Las coordenadas del piezómetro son:

X 480900  
Y 4612300

Sondeo Malgrat-1:

El sondeo llega a 155 metros y no llega al Granito.

X 480767  
Y 4610850

Sondeo A-2-a:

El sondeo llega hasta 38,40 metros y no llega al granito.

X 480131  
Y 4610807

Sondeo C-32:

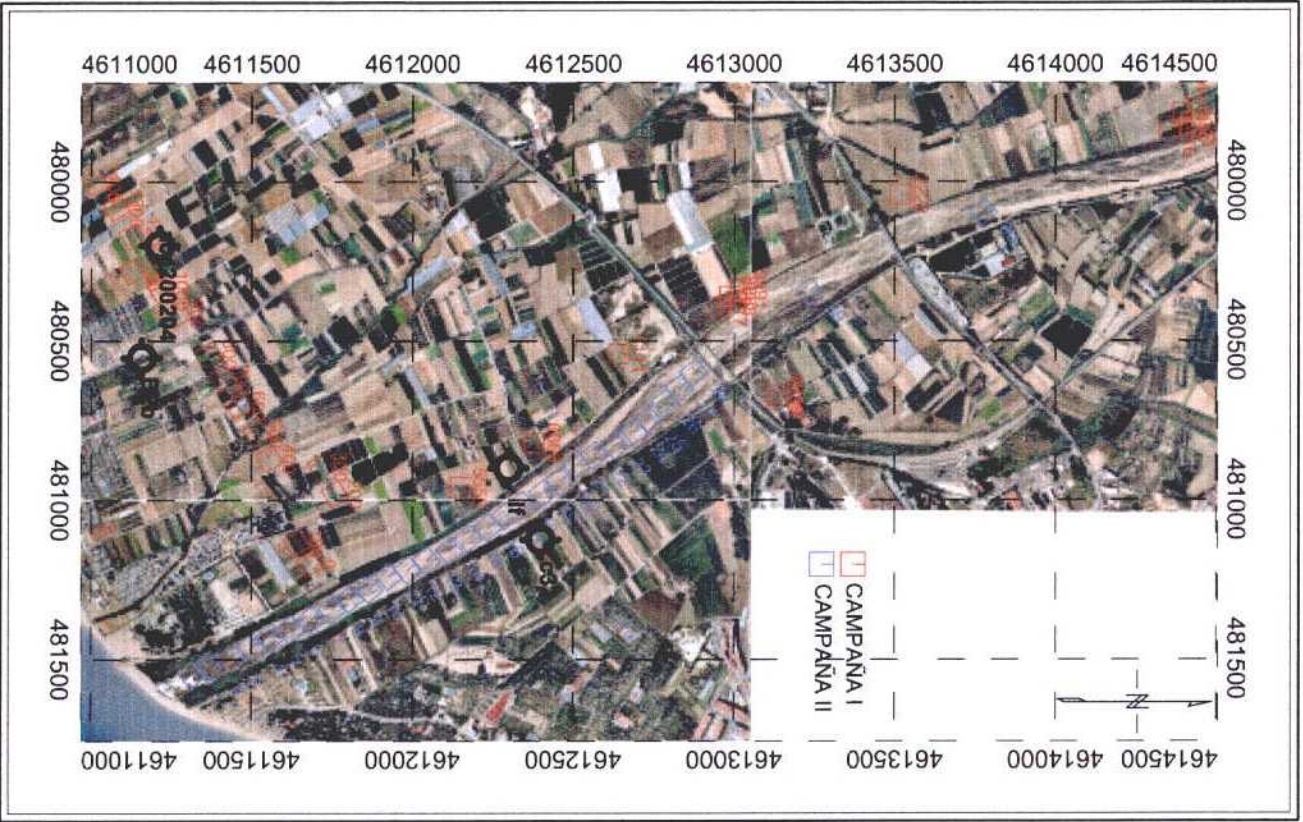
El sondeo llega 13 metros y no llega al granito.

X 481125  
Y 4612400

Sondeo ACA-2002-04

El sondeo llega la granito a 89 metros desde superficie.

X 480200  
Y 4611214



**Figura 4. Localización de los sondes y de los SEDT medidos**

### 3. CRONOLOGÍA DE TRABAJO

La campaña de campo se realizó entre el día 7 de Junio de 2005 hasta el 11 de Junio de 2005.

**7/6/2005**

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor. Determinación de los parámetros de la campaña, para lo que se mide en la misma posición (X:481520, Y:4611365) con un bucle transmisor de 100x100 con dos frecuencias de emisión 8Hz y 16Hz y con un bucle de 50x50 con una y dos vueltas, cada uno con las dos frecuencias anteriores también. Esta prueba se hizo en presencia de personal de la Universidad de Barcelona.

Todas las medidas se localizan sobre el perfil PS4.

Aunque desde la primera campaña se determinó como mejor tamaño de bucle para esta segunda fase 100mx100m, se decide utilizar bucles de 70mx70m ya que los bucles de 100mx100m no entraban bien en todo el margen del río. Y por las conclusiones sacadas de esta prueba.

**8/6/2005**

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor.

Se miden las estaciones de la 1 a la 8, comenzando el perfil por el punto más cercano a la costa. Se toman medidas dentro y fuera del bucle transmisor, en las estaciones 2 a la 7, y solo dentro en las estaciones 1 y 8. Todas las medidas se miden con dos frecuencias de emisión 8Hz y 16Hz.



**Figura 5. Comienzo del perfil.**



**9/6/2005**

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor. Se mide la estación 8 fuera del bucle y las estaciones de la 9 a la 16 dentro y fuera del bucle transmisor, menos la 16 que se mide solo dentro. Todas las medidas se miden con dos frecuencias de emisión 8Hz y 16Hz.

**10/6/2005**

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor. Se mide la estación 16 fuera del bucle y las estaciones de la 17 a la 25 dentro y fuera del bucle transmisor, menos la 25 que se mide solo dentro. Todas las medidas se miden con dos frecuencias de emisión 8Hz y 16Hz.

**11/6/2005**

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor. Se mide la estación 25 fuera del bucle y las estaciones de la 26 a la 28 dentro y fuera del bucle transmisor, menos fuera del bucle de la estación 28, ya que la antena hubiera quedado debajo del puente con lo que esto conlleva de ruido electromagnético, con estas medidas se acaba el perfil hasta el primer puente del Río Tordera. Todas las medidas se miden con dos frecuencias de emisión 8Hz y 16Hz.

Se miden dos estaciones más, la 29 y la 30 en posiciones definidas por personal de la Universidad de Barcelona, que también se encuentran sobre el perfil PS4, pero más alejados de la costa y pasado el primer puente. Estas estaciones se miden solo dentro y como todas las anteriores, con dos frecuencias de emisión 8Hz y 16Hz.



**Figura 6. Final del perfil.**

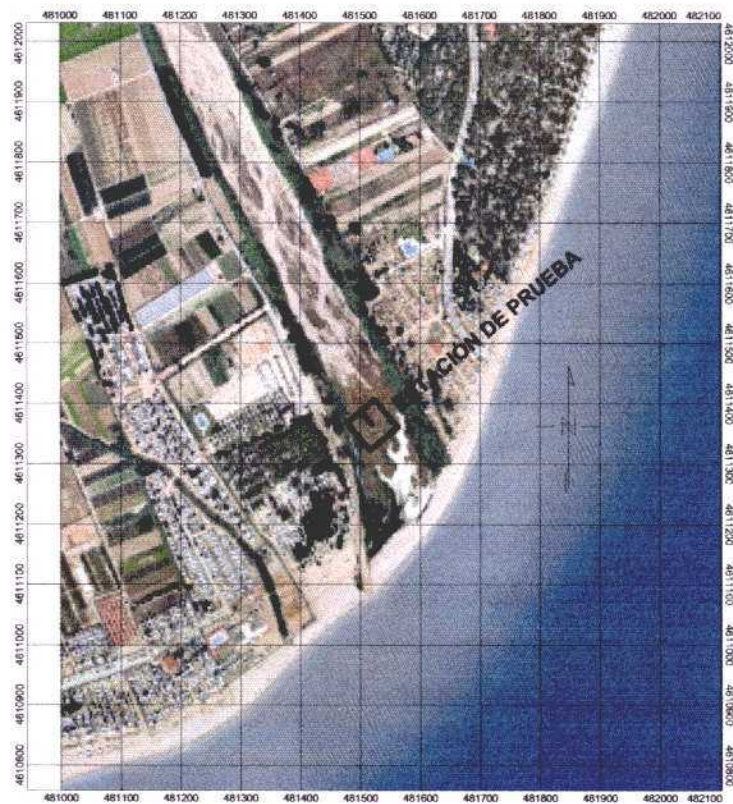


#### 4. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN

Como control de calidad de todas las medidas a parte del tiempo de muestreo, (256 ciclos utilizando como frecuencia de emisión 8Hz y 512 ciclos utilizando 16Hz) se han medido en todas las estaciones por lo menos 3 repeticiones. El que las repeticiones sean o no similares ayuda a rechazar las ventanas de tiempos que no tengan la calidad suficiente.

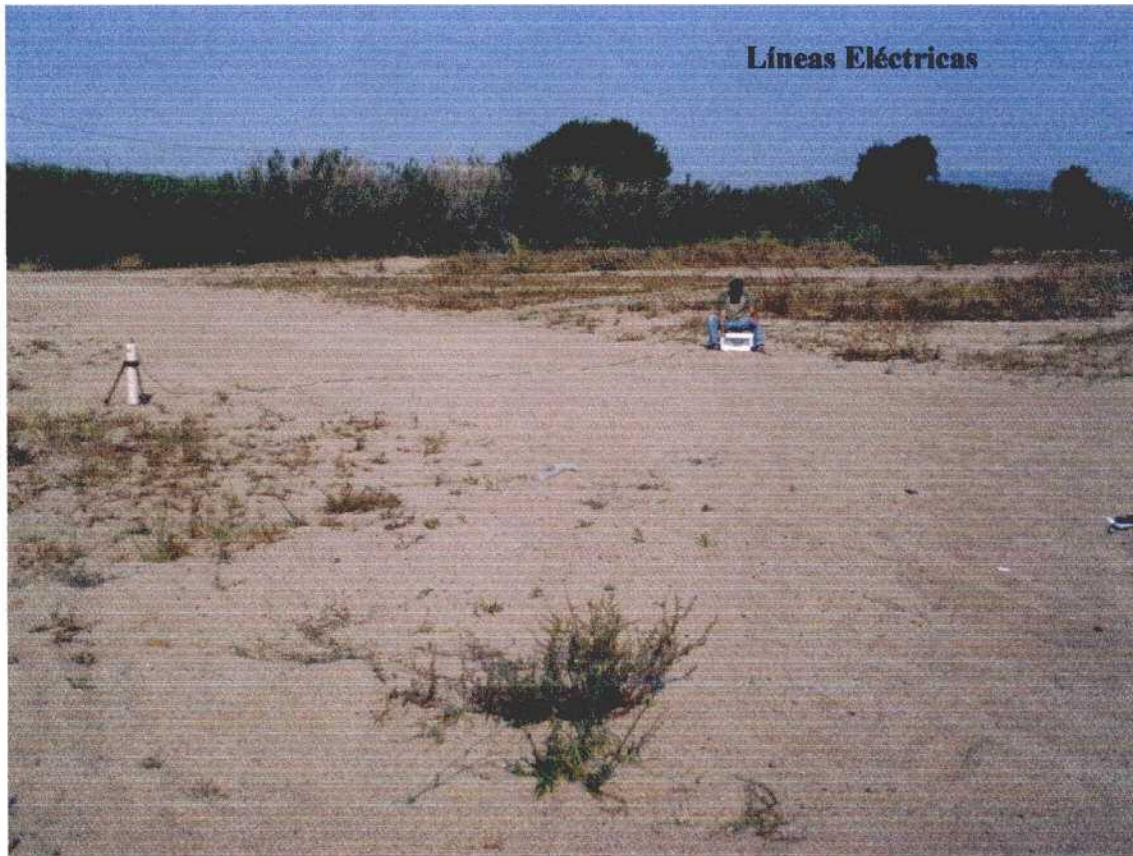
El medir con dos frecuencias distintas de emisión ayuda a discriminar si ciertos datos extraños son debidos a ruidos externos.

Para definir los parámetros de adquisición se eligió la posición de coordenadas x: 481520 e y: 4611365, por no estar cerca de repetidores, y por tener menos estructuras causantes de ruido electromagnético alrededor que otras zonas del perfil PS4.



**Figura 7. Posición de la estación de prueba.**

En todo el perfil PS4 existen estructuras que pueden introducir ruido, por ejemplo hay dos líneas eléctricas paralelas al perfil que en algunas estaciones lo cruzan.



**Figura 8. Vista parcial del perfil PS4.**

A la hora de determinar los parámetros que se iban a utilizar en las medidas en el resto del perfil se tuvieron en cuenta varias razones:

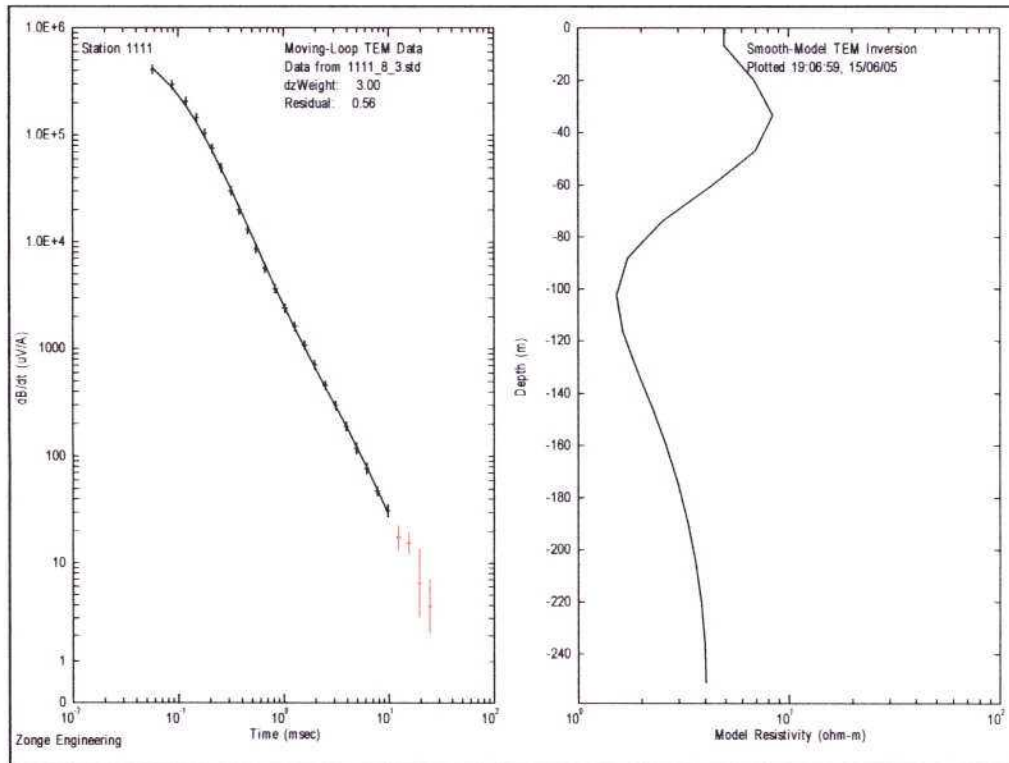
- La profundidad de penetración.
- La resolución de los datos.
- La operatividad en el campo.

Inicialmente, como se ha explicado en la introducción, se pensaba que el basamento granítico sin alterar se encontraba en este perfil más cerca de superficie que en el perfil PS1 entre 50 y 150 metros de profundidad, por lo que se pensó que con un bucle de 50mx50m pudiera ser suficiente, aunque se contempló desde la campaña anterior la posibilidad de que fuera necesario utilizar un bucle de 100mx100. Se tenía que llegar a un compromiso entre tener suficiente señal por lo que se necesitaría un bucle grande, y minimizar al máximo el ruido externo, por lo que se necesitaría un bucle más pequeño. Existían también razones de operatividad, ya que en ciertas zonas del perfil PS4, el margen del río se estrecha y es imposible posicionar bucles de 100mx100m.



### Estación 1111 con un bucle de 100mx100m con 1 vuelta de cable:

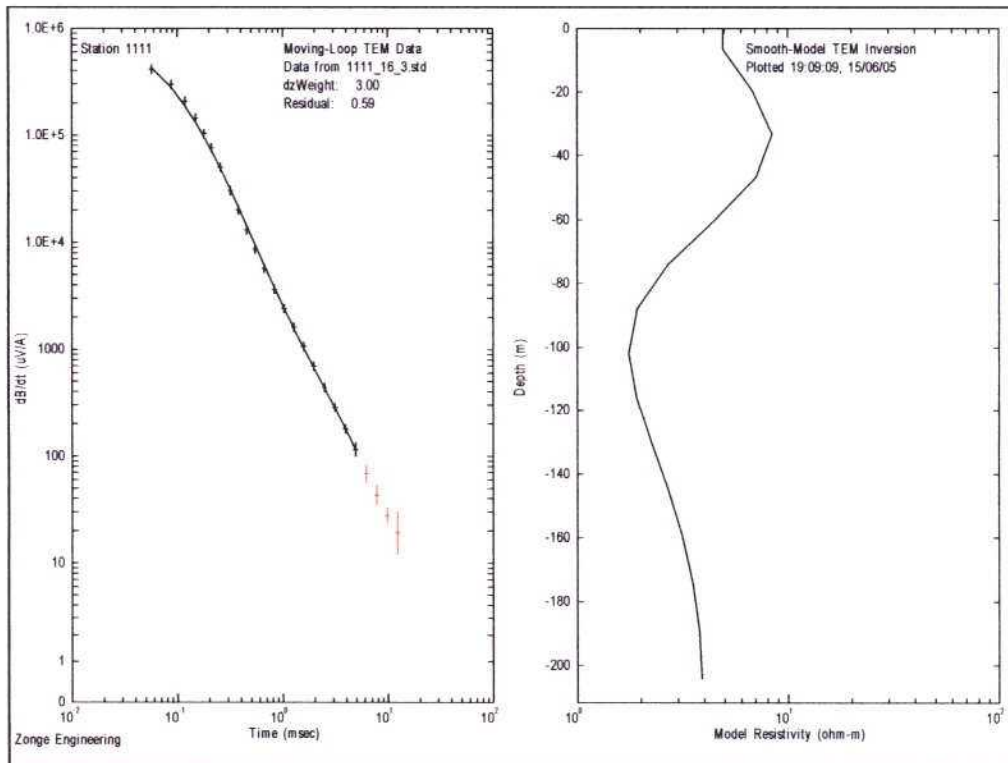
Intensidad de corriente: 6 A  
Rampa de Caída: 85 usg  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Frecuencia de emisión: 8Hz



Viendo la curva de caída y la resistividad calculada a través de un modelo de inversión suavizado, podemos comprobar que con suficiente calidad de datos (las medidas en rojo son las que tienen error en las diferentes repeticiones que se han tomado) llegamos a 240 metros de profundidad y podemos definir 3 capas y una tendencia al aumento de la resistividad al final de los datos.

Se repite la medida con frecuencia de emisión de 16Hz.

Intensidad de corriente: 6 A  
Rampa de Caída: 85 usg  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Frecuencia de emisión: 16Hz

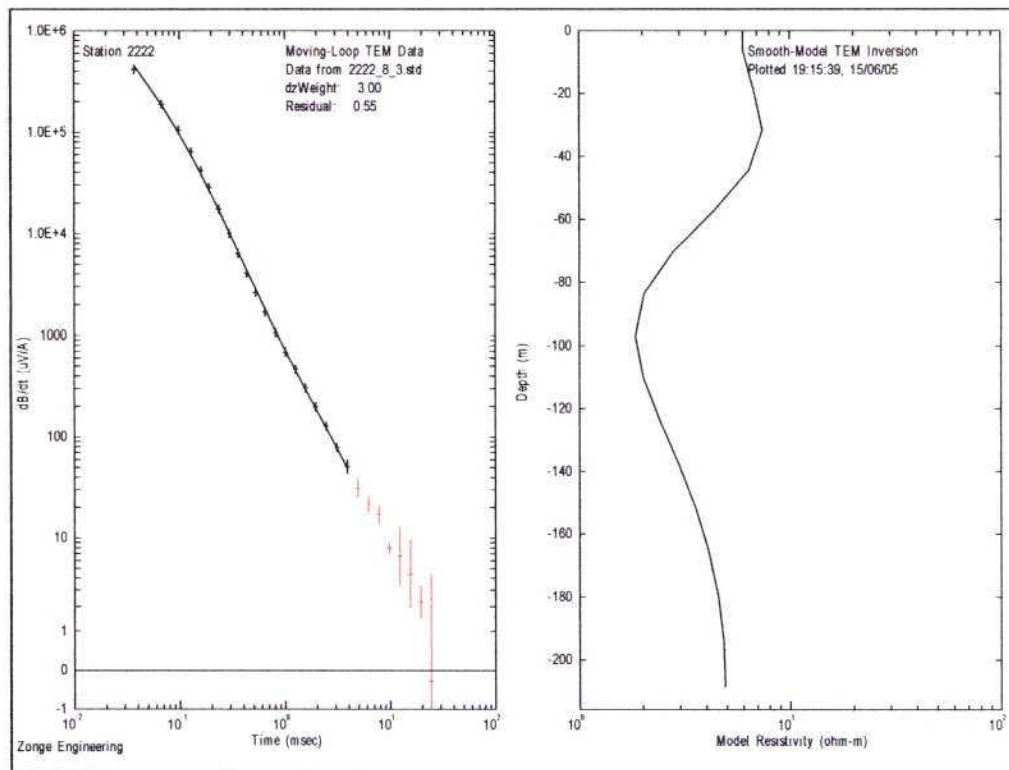


A 16Hz la información que obtenemos es la misma, pero tenemos un poco menos de penetración.



Repetimos en la misma posición una medida pero esta vez con un bucle de 50mx50m:  
**Estación 2222 con un bucle de 50mx50m con 1 vuelta de cable:**

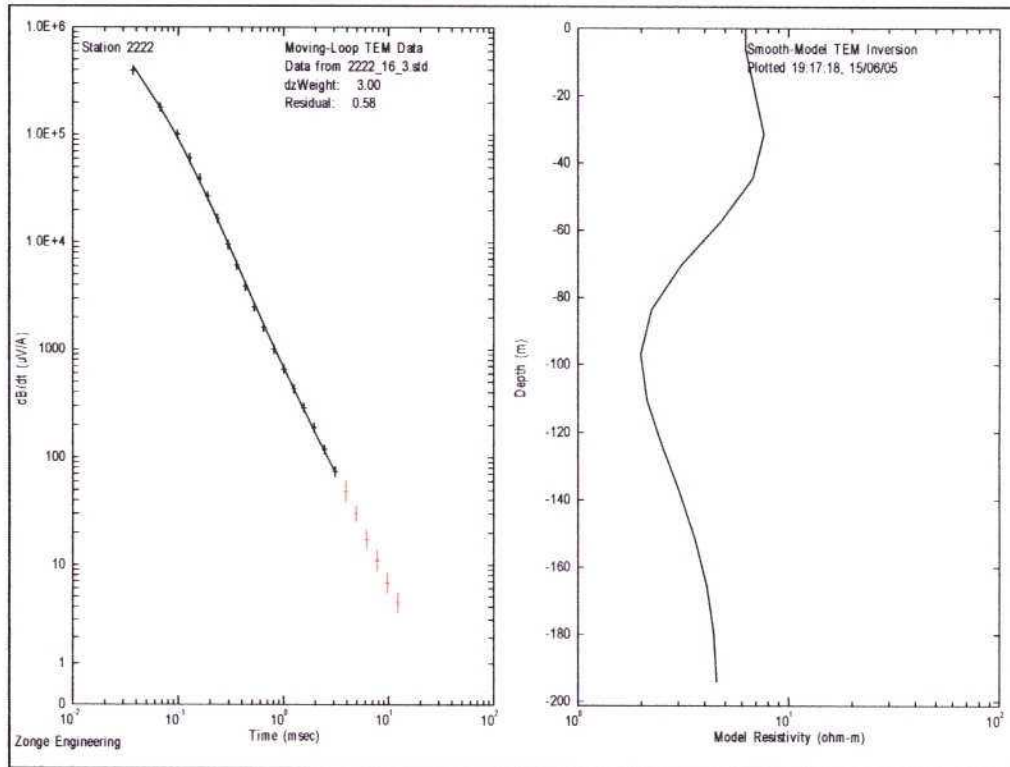
Intensidad de corriente: 10 A  
Rampa de Caída: 105 usg  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Frecuencia de emisión: 8Hz



La información obtenida con este bucle es la misma que en la medida anterior pero se llega hasta 200 metros.

Se repite la medida con frecuencia de emisión de 16Hz.

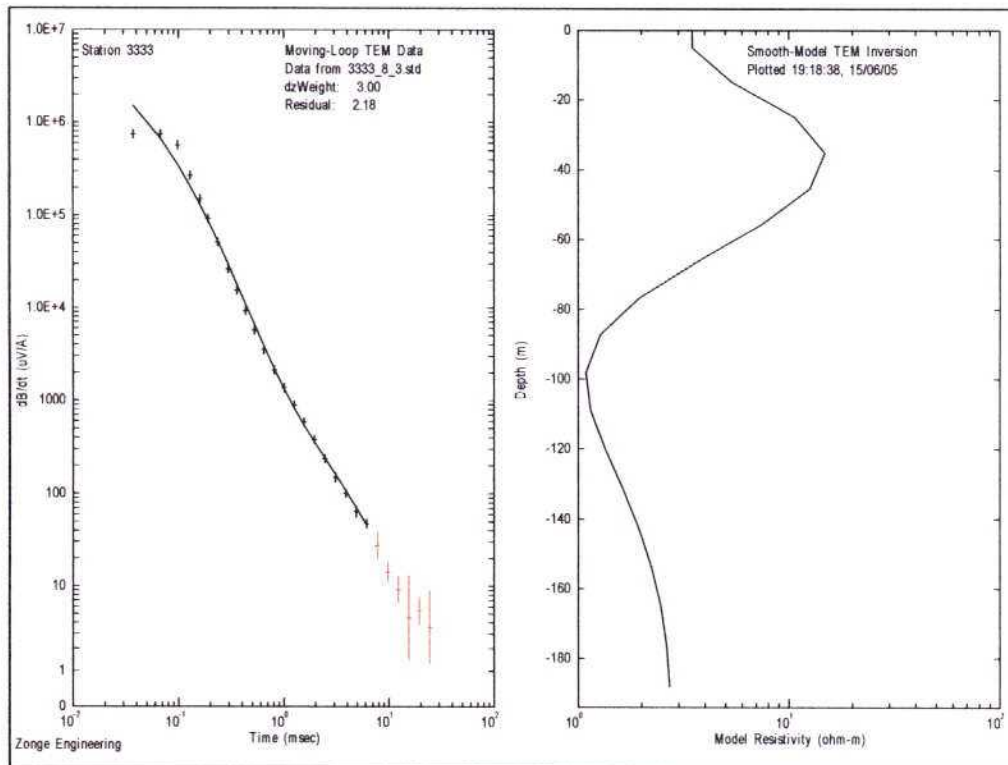
Intensidad de corriente: 10.5 A  
Rampa de Caída: 105 usg  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Frecuencia de emisión: 16Hz



La información obtenida a 8Hz y 16Hz es la misma.

Se repite la medida con un bucle de 50mx50m con dos vueltas de cable en serie.  
**Estación 3333 con un bucle de 50mx50m con 2 vueltas de cable:**

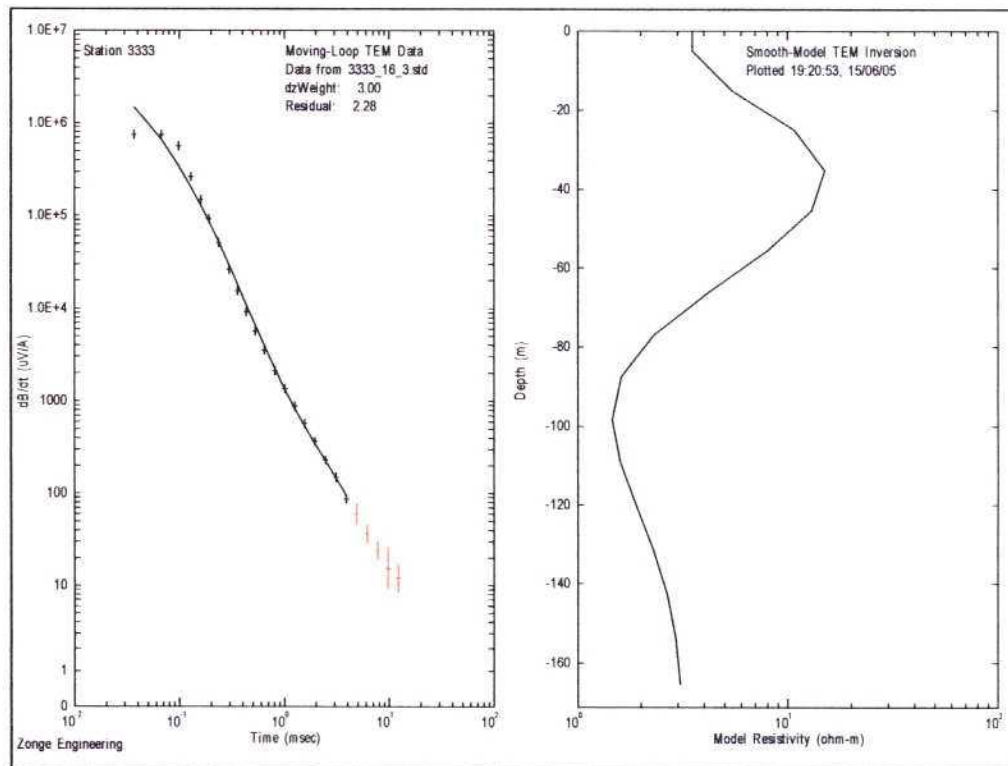
Intensidad de corriente: 6 A  
Rampa de Caída: 105 usg  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Frecuencia de emisión: 8Hz



Con esta nueva configuración vemos que la profundidad a la que llegamos es menor que con el bucle de 100mx100m. Pero el resto de información es equivalente al resto de medidas.

Se repite la medida con frecuencia de emisión de 16Hz.

Intensidad de corriente: 6 A  
Rampa de Caída: 105 usg  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Frecuencia de emisión: 16Hz



Midiendo con 16Hz se obtiene la misma información que con 8Hz.

La medida con mayor calidad de datos y que llega a mayor profundidad es la tomada utilizando como bucle transmisor el de 100mx100m con una vuelta. El resto de medidas confirman la información obtenida con este bucle. No varía demasiado la información si trabajamos con frecuencias de emisión de 8Hz o 16Hz, por lo que se decide seguir toda la campaña con ambas frecuencias, para poder intentar discriminar el ruido externo.

Por operatividad, ya que en varias zonas del perfil PS4 el margen del río se estrecha, se decide trabajar con bucles transmisores de 70mx70m.



## 5. PERFIL PS4

El perfil PS4, localizado en el margen del río Tordera y perpendicular a la línea de costa, tiene 1960 metros de longitud. Sobre este mismo perfil se había hecho previamente un perfil eléctrico.

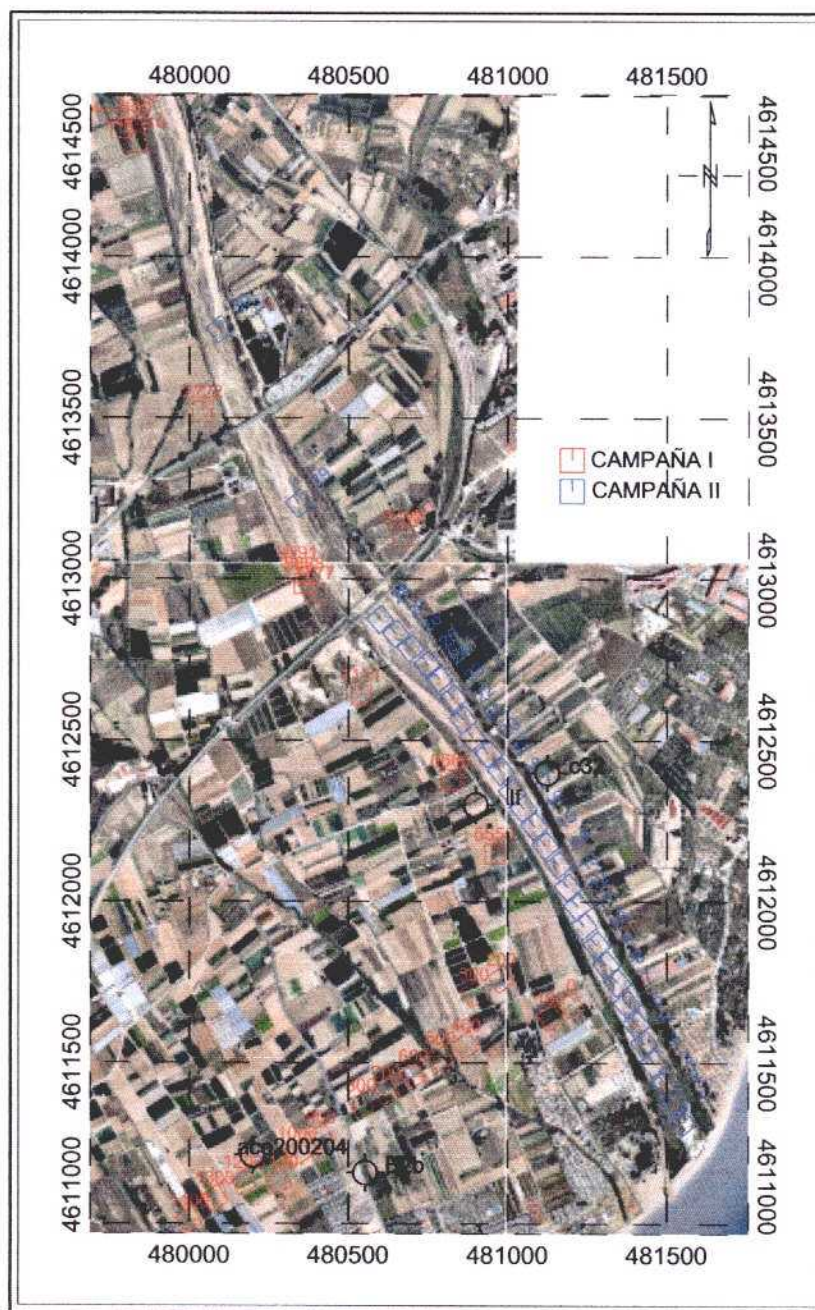


Figura 9. Localización de las medidas electromagnéticas tomadas en campo.



Por las pruebas en la estación 1111 (que esta en la misma posición que la 2222 y 3333), se decide utilizar los siguientes parámetros:

Frecuencia de Emisión:	8Hz y 16Hz
Tamaño del Bucle:	70mx70m
Vueltas del cable:	1 vuelta



**Figura 10. Vista parcial del principio del perfil PS1.**

Se han tomado medidas en el centro de cada bucle y a 70 metros fuera del bucle en dirección longitudinal al perfil, coincidiendo con el centro del bucle siguiente. Las medidas se asignan a la posición de la antena receptora, por lo tanto la medida dentro del bucle siguiente debe ser equivalente a la medida fuera del bucle anterior si la geología es horizontal o sub-horizontal, ya que lo que se hace es introducir el campo desde posiciones diferentes y medir en un punto la respuesta a estas distintas posiciones del bucle transmisor. La razón por la que el estudio se ha completado con medidas fuera del bucle, es porque la medida depende del acoplamiento de las estructuras con la posición del bucle emisor y de la antena receptora. En caso de geologías horizontales o sub-horizontales no debe haber diferencia entre las formas de las curvas dentro y fuera del bucle como ya hemos explicado, pero en caso de geologías verticales o sub-verticales dentro del bucle puede tener un mal acoplamiento, por lo que el campo secundario medido será de muy baja intensidad, y no ocurriría lo mismo fuera de bucle.

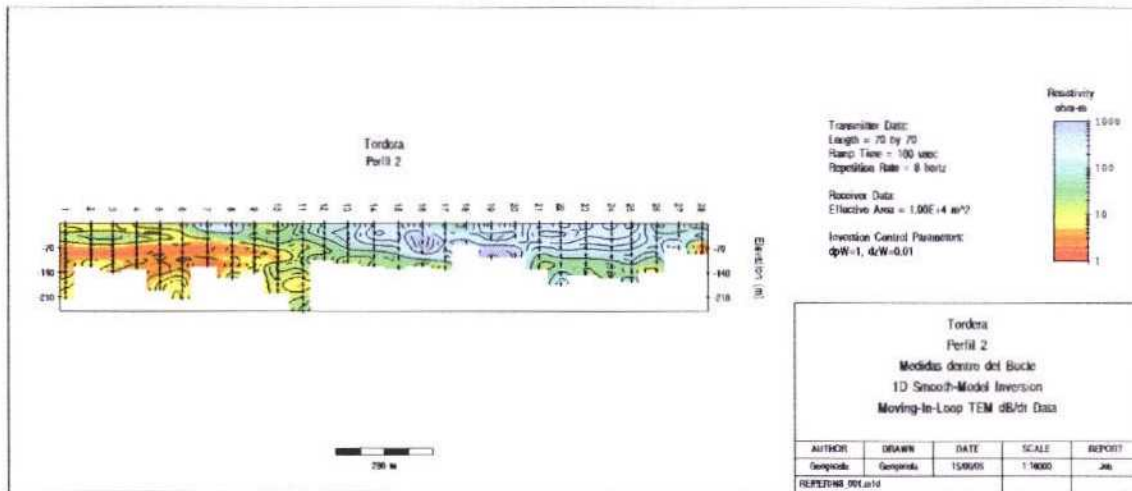
Se han generado varios modelos inversos con los datos de las medidas tomadas dentro del bucle, la diferencia entre los modelos radica en la variación de los pesos del modelo inicial y del suavizado:

Cuanto mayor es el peso del modelo inicial el modelo se parece más al modelo que se crea como inicial. No hemos variado el peso del modelo inicial, ya que no tenemos modelo geológico previo al estudio. Por lo que el modelo inicial lo genera el propio programa basándose en los datos de campo.

Cuanto menor es el peso del suavizado los modelos pueden tener cambios más bruscos y más se ajustan a los datos brutos.

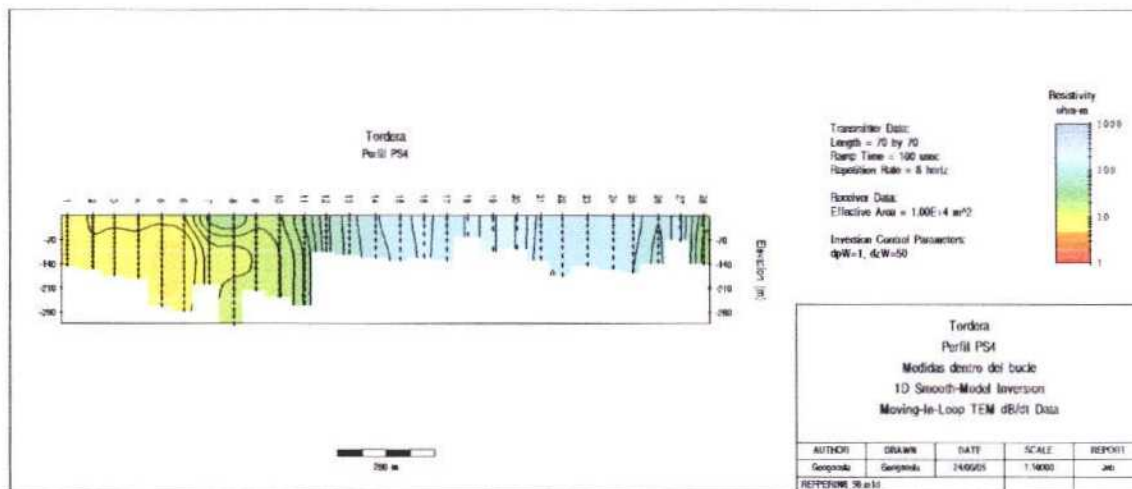
A continuación se presentan los modelos con diferentes pesos:

Peso del modelo inicial      1  
 Peso del suavizado          0.01



Dando mucho peso a los datos obtenemos un modelo con un error muy bajo pero sin ningún sentido geológico.

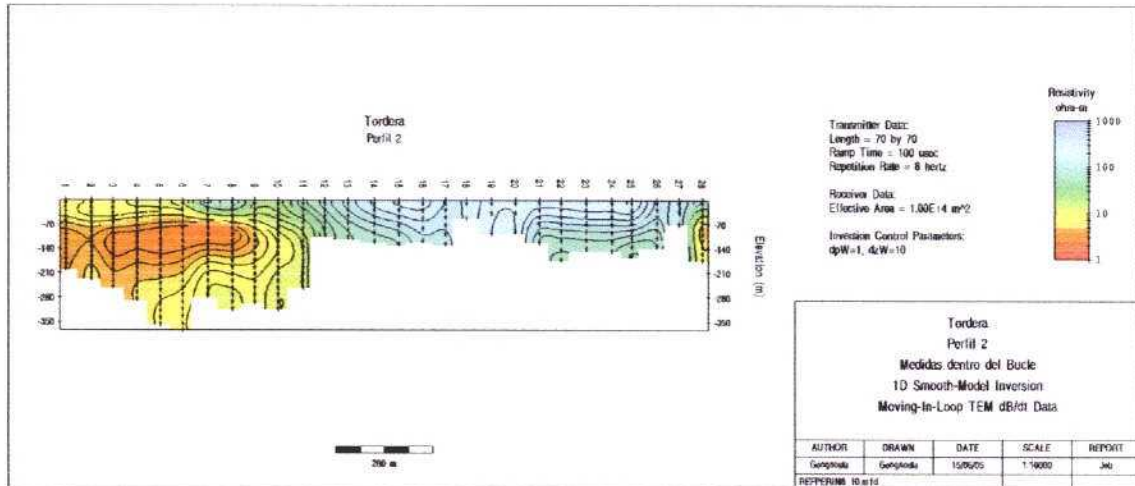
Peso del modelo inicial      1  
 Peso del suavizado          50



En este caso el peso del suavizado es demasiado alto y hay muy poca variación en los valores de resistividad. Pero nos sirve para ver cambios laterales importantes.

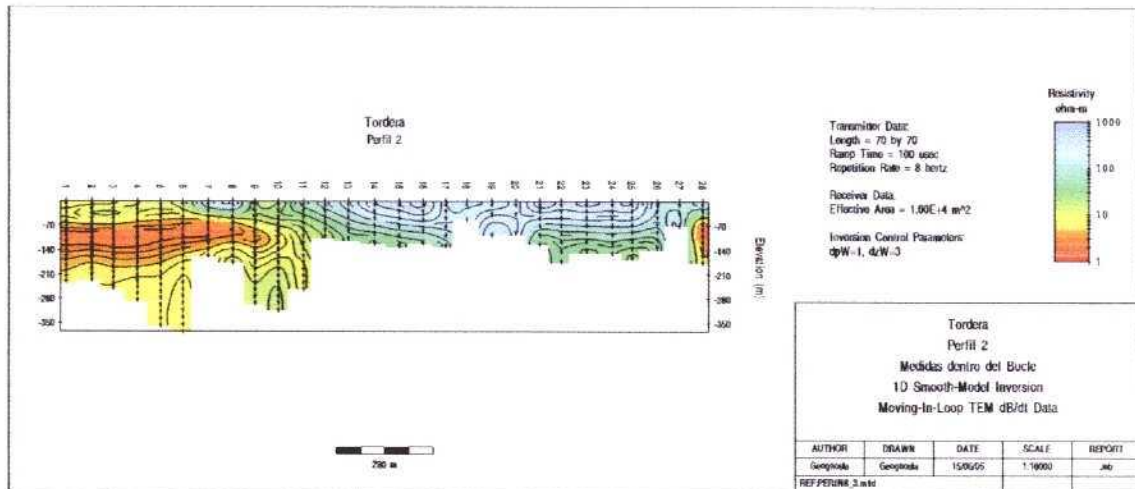


Peso del modelo inicial      1  
 Peso del suavizado            10



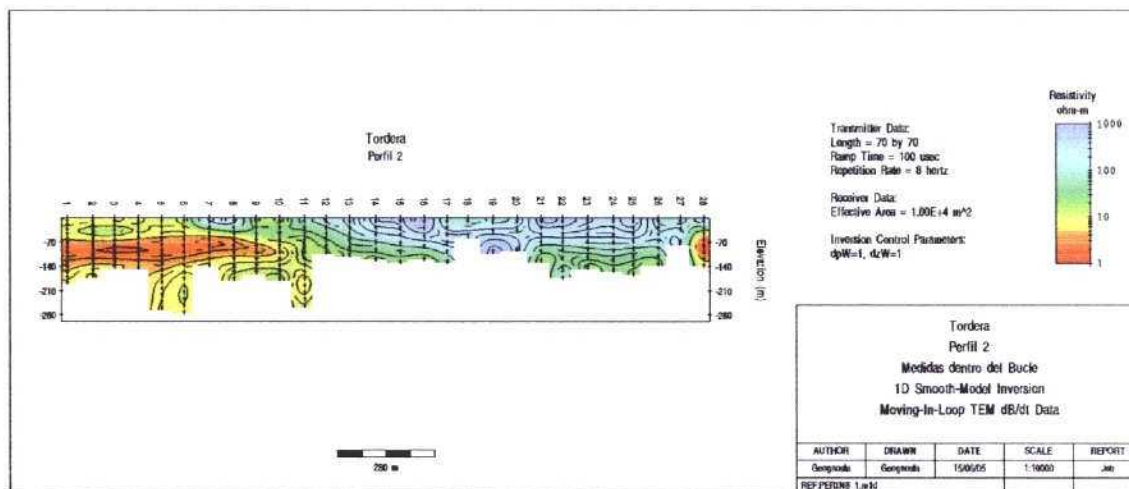
Sigue habiendo muy poca variación en la resistividad.  
 En este caso todavía es muy alto el peso dado al suavizado.

Peso del modelo inicial      1  
 Peso del suavizado            3



En este caso se han permitido cambios mas bruscos en las distintas capas del modelo geológico, respecto a la información que se tenía anteriormente de los perfiles sísmicos este modelo tiene más lógica.

Peso del modelo inicial      1  
 Peso del suavizado            1



En este caso se han permitido cambios todavía mas bruscos en las distintas capas del modelo geológico, la variación respecto al modelo anterior no es muy grande. El elegir este parámetro de suavizado o el anterior es muy subjetivo, ya que con pesos más altos se puede perder información de capas pequeñas, pero se filtran ruidos externos.

Según este modelo vemos un cambio lateral claro entre las estaciones 10 y 11, puede ser debido a la cercanía al mar, y a la posible intrusión salina.

El análisis de los parámetros de modelado se ha hecho con los datos tomados dentro del bucle y con frecuencia de emisión de 8Hz.

Una vez decidido utilizar como parámetros de modelado los siguientes:

Peso del modelo inicial      1  
 Peso del suavizado            1

Pasamos a analizar que datos vamos a aceptar como limpios y que datos rechazamos por ruido, en este análisis tenemos en cuenta las estructuras vistas en campo que introducen ruido, y en los casos en que obtenemos datos con ruido pero no hemos observado en campo la presencia de este tipo de estructuras, intentaremos discriminar el ruido analizando las curvas de caída de cada estación, no utilizando las ventanas de tiempo con ruido.

Para establecer criterios a la hora de aceptar o rechazar estaciones completas o ventanas de tiempo de estas estaciones hemos utilizado un criterio común para todas las estaciones y posteriormente hemos analizado desde un punto de vista más y menos conservador todas las medidas.

El criterio común a todas las estaciones es el siguiente:

- Usar a priori todas las ventanas de tiempos.
- Rechazar las ventanas de tiempo en las que las repeticiones tengan diferencias mayores del 15%.
- Rechazar todas las medidas negativas.
- Rechazar las ventanas que tengan pendientes superiores a 1.



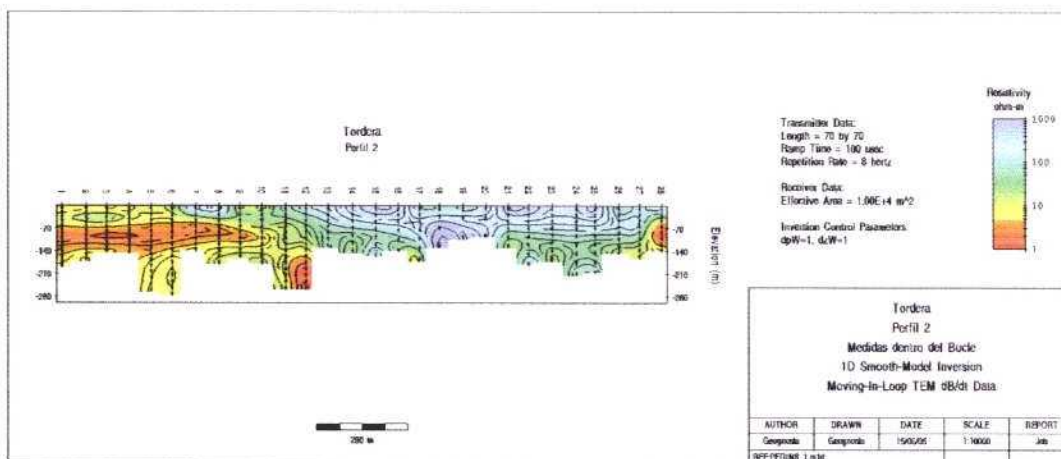
En el campo se visualizaron estructuras causantes de ruido en las siguientes estaciones:

- Dos líneas eléctricas paralelas a todo el perfil PS4.
- Una de estas líneas cruza el perfil en la estación 7.
- En las estaciones 12 y 13 hay varios transformadores y cruces de líneas eléctricas.
- Una de las líneas cruza el perfil en la estación 19.
- La estación 28 esta cerca de primer puente del Río Tordera desde la costa. Cerca del puente hay una desaladora, y hay varias líneas eléctricas asociadas a este puente además de la vía del tren.

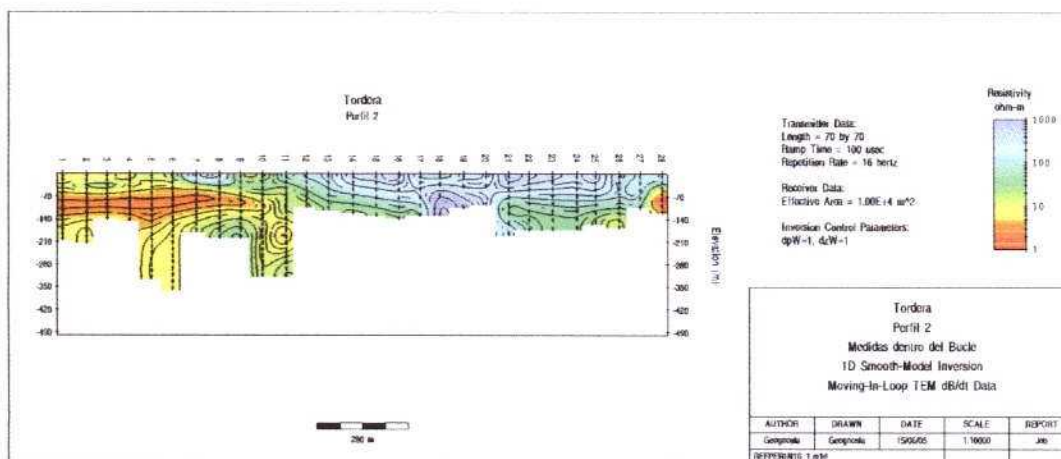
Con toda esta información y asumiendo que puede haber fuentes de ruido electromagnético que no vemos (como tuberías enterradas...) podemos establecer criterio conservadores (eliminando todo lo que cerca de estas fuentes de ruido pueda parecer extraño) o criterios menos conservadores (asumiendo que aunque ciertos comportamientos extraños en las medidas, aunque estén cercanos a estructuras que pueden causar ruido, si se repiten a diferentes frecuencias y en diferentes posiciones del bucle transmisor pueden ser debidas a cambios en los materiales del subsuelo).

Modelos Conservadores:

**Peso suavizado: 1, Frecuencia: 8Hz, Medidas dentro del bucle**

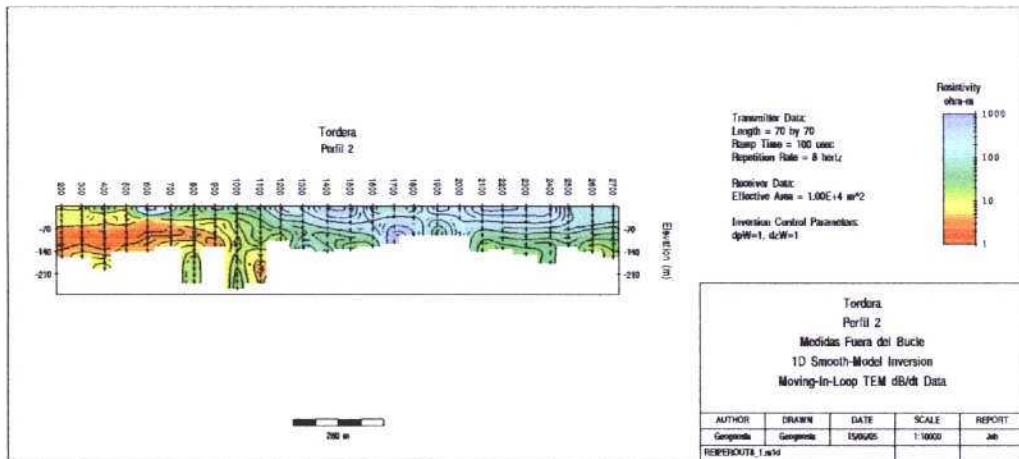


**Peso suavizado: 1, Frecuencia: 16Hz, Medidas dentro del bucle**

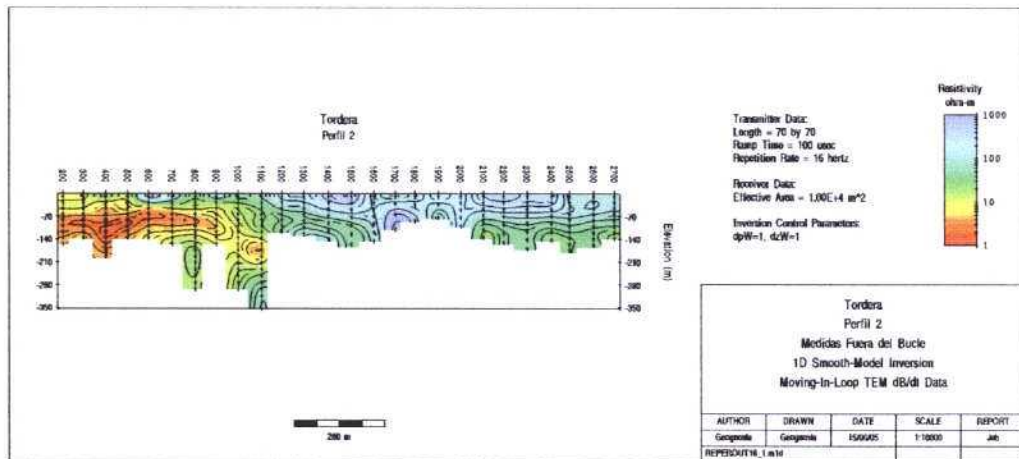




**Peso suavizado: 1, Frecuencia: 8Hz, Medidas fuera del bucle**



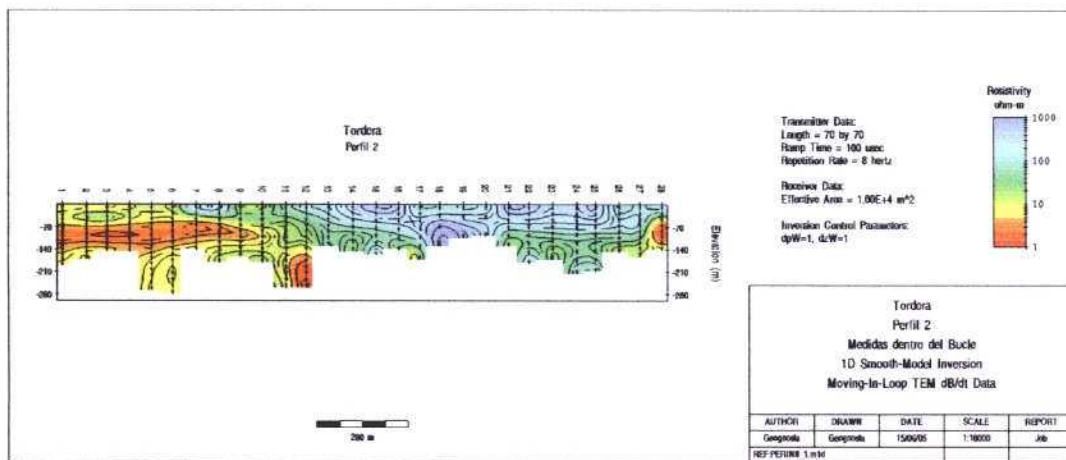
**Peso suavizado: 1, Frecuencia: 16Hz, Medidas fuera del bucle**



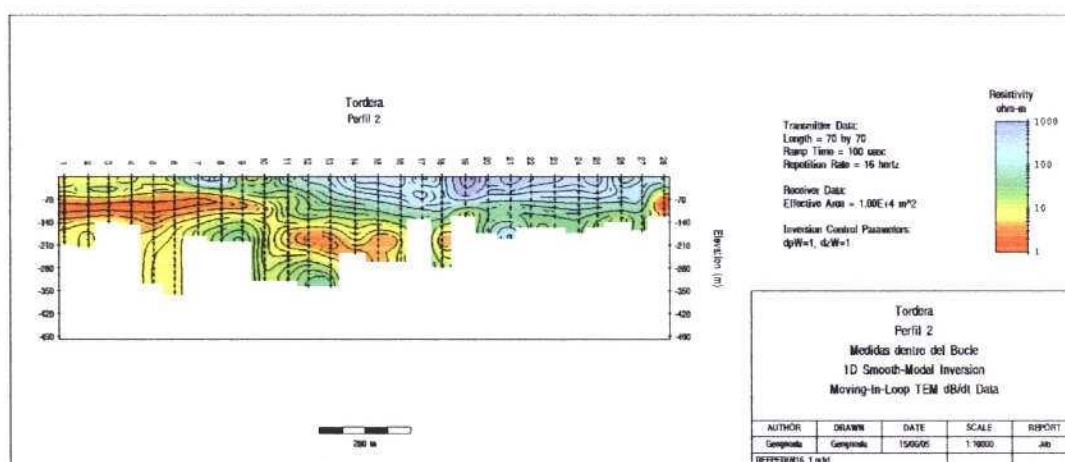
Como vemos en la información obtenida con las distintas frecuencias y en las medidas dentro y fuera los modelos son muy similares, y básicamente aportan la misma información.

Modelos menos conservadores:

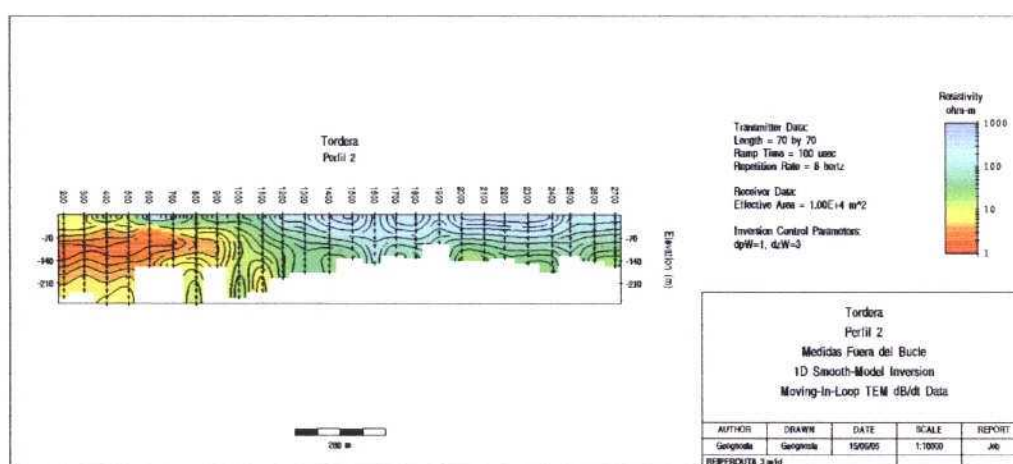
**Peso suavizado: 1, Frecuencia: 8Hz, Medidas dentro del bucle**



### Peso suavizado: 1, Frecuencia: 16Hz, Medidas dentro del bucle



### Peso suavizado: 3, Frecuencia: 8Hz, Medidas fuera del bucle



Incluso siendo menos conservador, la información es muy similar, aunque en alguno de los últimos modelos llegamos a mayor profundidad aceptando datos con más ruido.

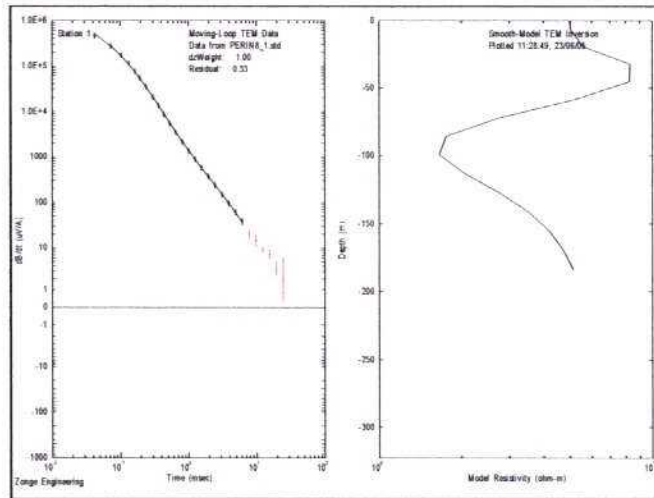
Vemos que las zonas más difíciles o más subjetivas a la hora de limpiar los datos son las zonas donde en el campo hemos visto posibles causas de ruido. Aunque los datos en estas zonas sean limpios siempre queda la duda de si esa curva de caída es debida exclusivamente a la diferencia de resistividad de los materiales o están influidos por causas externas. Esto lo analizaremos mejor a continuación en el análisis de las curvas de caída de cada estación.

A continuación se presentan las curvas de caída de las 30 estaciones del perfil PS4

### Frecuencia de emisión 8Hz:

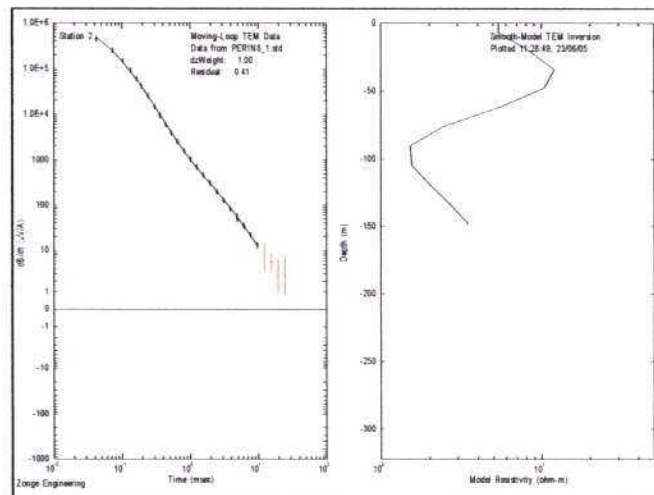
#### Estación 1:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.3  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481550  
Coordenada Y del centro: 4611315



#### Estación 2:

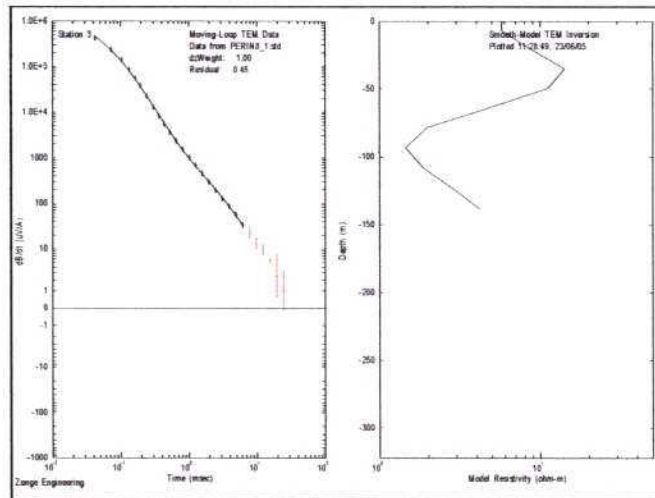
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.3  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481525  
Coordenada Y del centro: 4611385





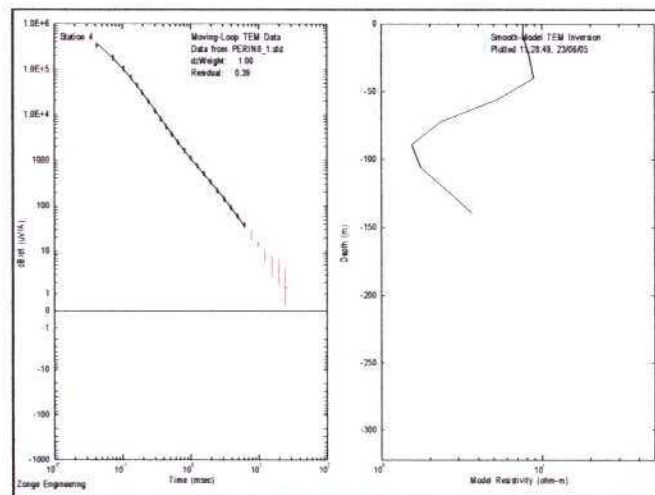
### Estación 3:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.3  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481495  
Coordenada Y del centro: 4611440



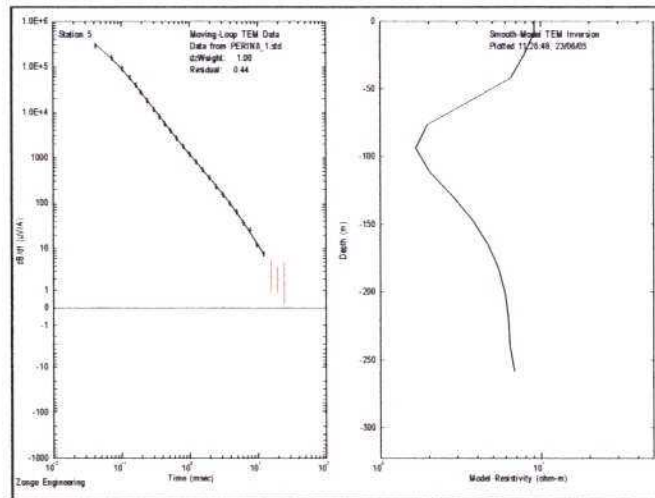
### Estación 4:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.1  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481460  
Coordenada Y del centro: 4611500



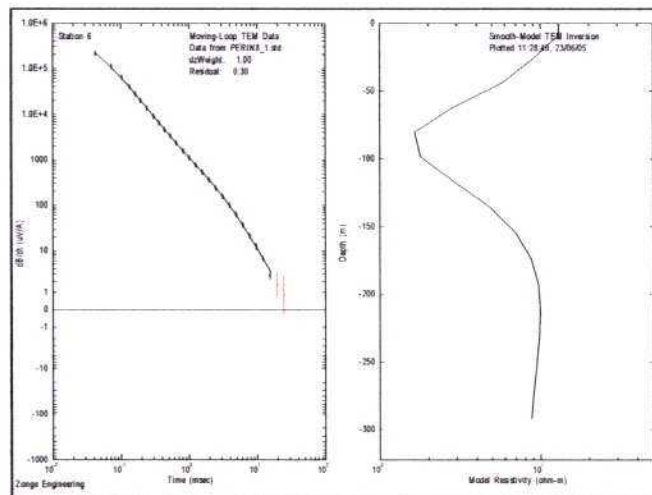
### Estación 5:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481430  
Coordenada Y del centro: 4611560



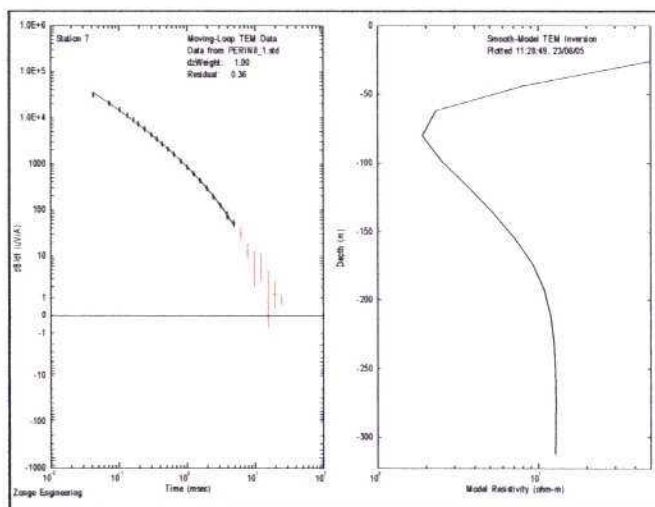
### Estación 6:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481405  
Coordenada Y del centro: 4611620



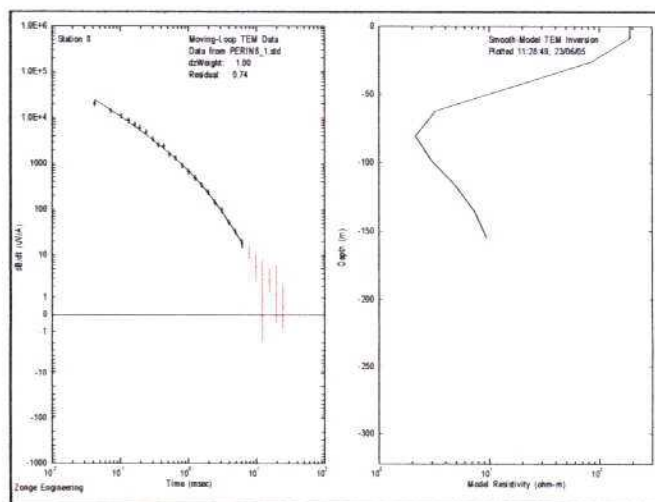
### Estación 7:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.2  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481375  
Coordenada Y del centro: 4611685



### Estación 8:

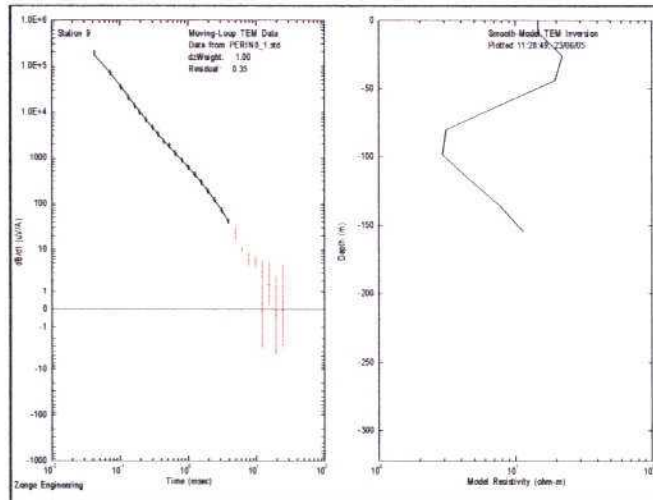
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.2  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481345  
Coordenada Y del centro: 4611750





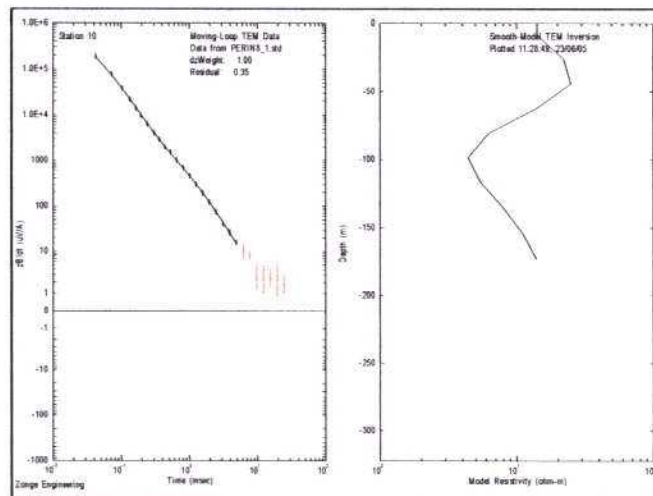
### Estación 9:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481310  
Coordenada Y del centro: 4611805



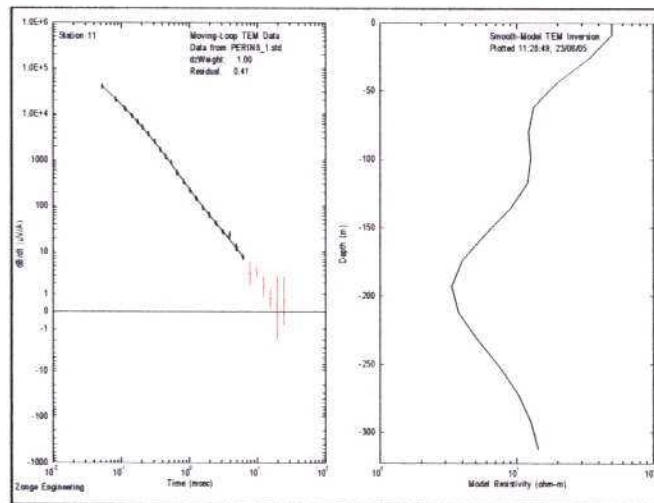
### Estación 10:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481280  
Coordenada Y del centro: 4611865



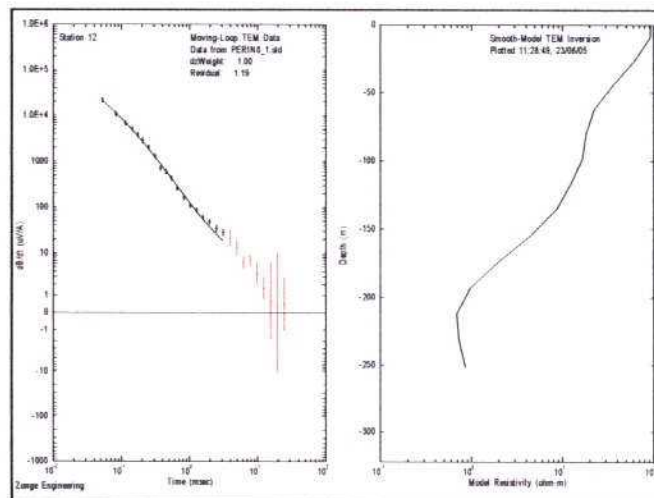
### Estación 11:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481240  
Coordenada Y del centro: 4611925



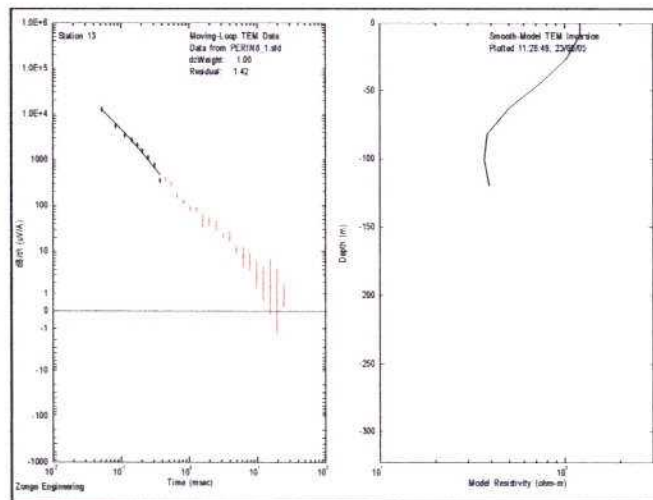
### Estación 12:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481220  
Coordenada Y del centro: 4611985



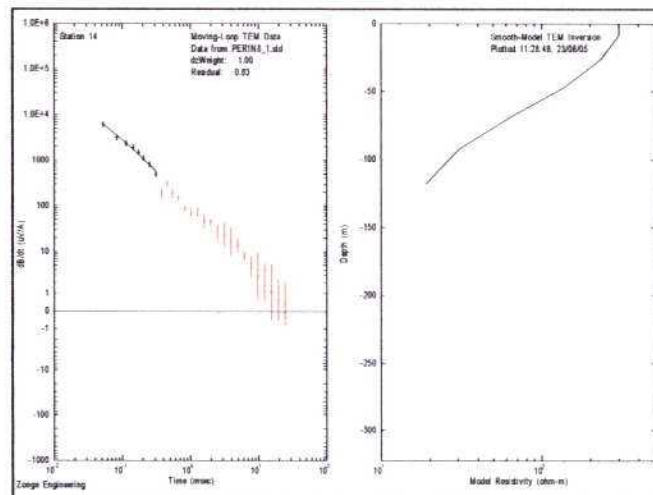
### Estación 13:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481190  
Coordenada Y del centro: 4612045



### Estación 14:

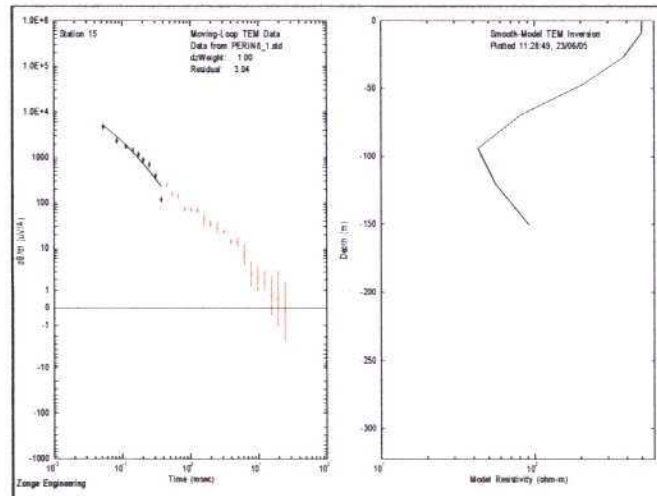
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481160  
Coordenada Y del centro: 4612115





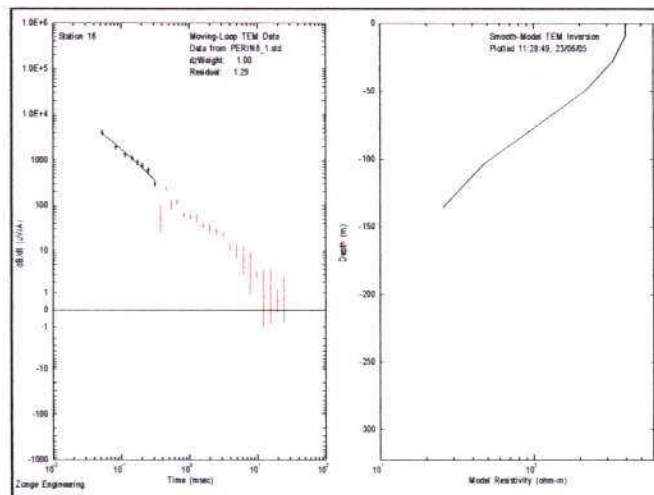
### Estación 15:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481120  
Coordenada Y del centro: 4612175



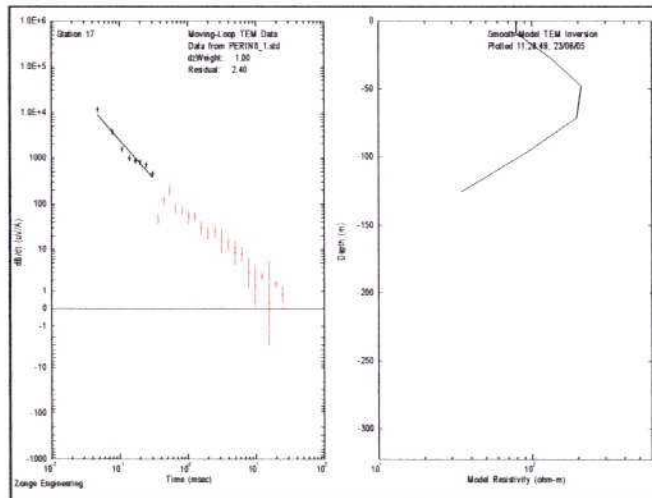
### Estación 16:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 060o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481085  
Coordenada Y del centro: 4612235



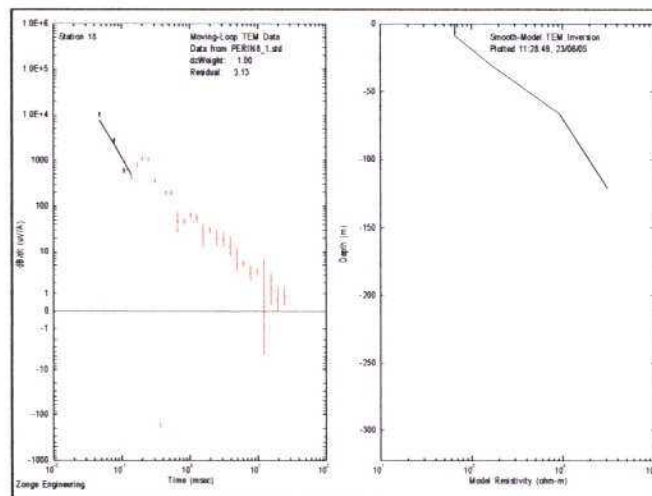
### Estación 17:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.6  
Rampa de caída: 125  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481050  
Coordenada Y del centro: 4612290



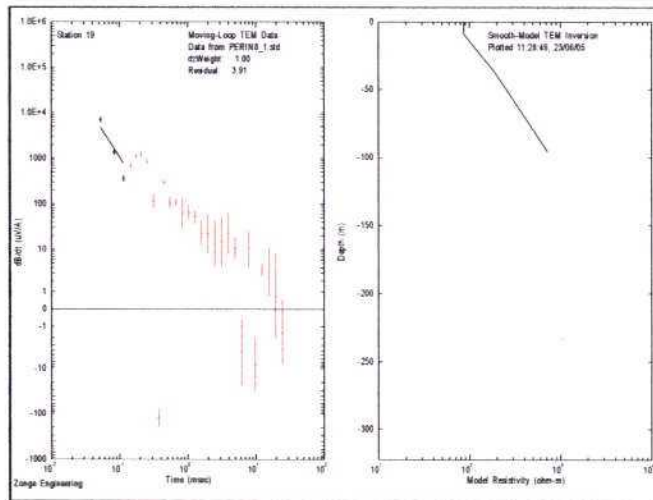
### Estación 18:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.3  
Rampa de caída: 125  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481015  
Coordenada Y del centro: 4612340



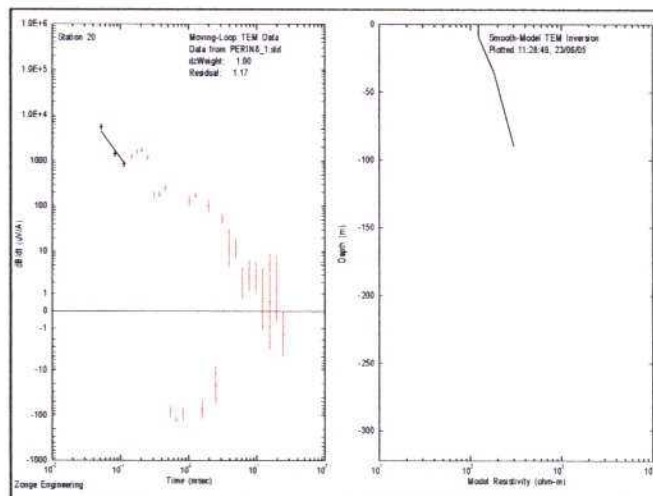
### Estación 19:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480980  
Coordenada Y del centro: 4612405



### Estación 20:

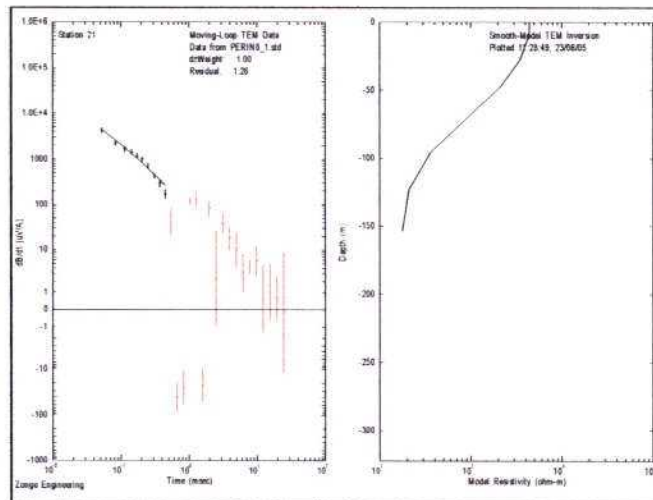
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 13.4  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480940  
Coordenada Y del centro: 4612460





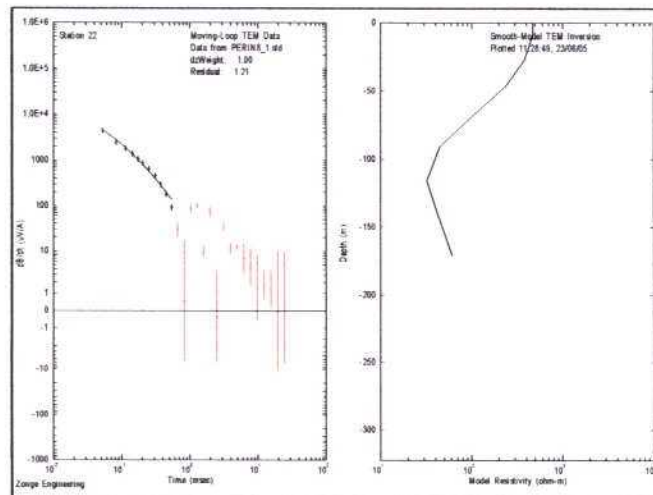
### Estación 21:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.3  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480890  
Coordenada Y del centro: 4612510



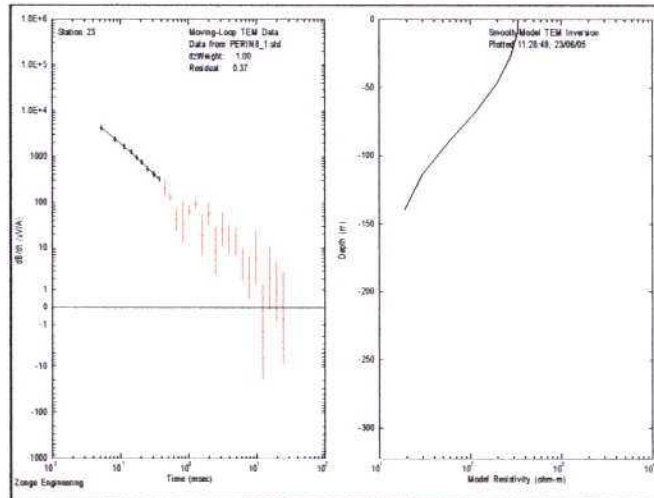
### Estación 22:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.1  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480860  
Coordenada Y del centro: 4612565



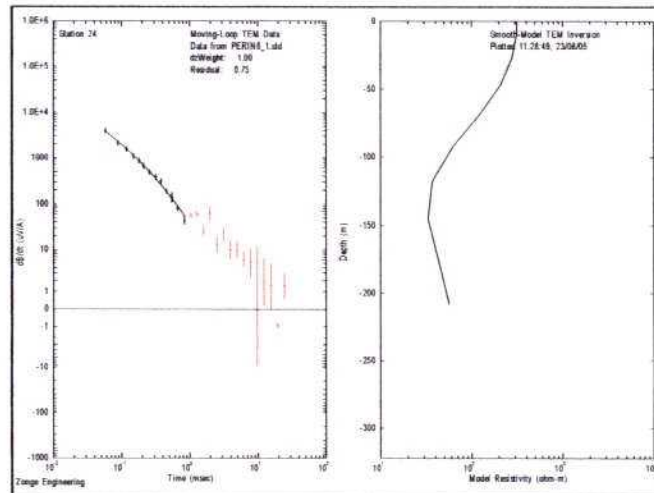
### Estación 23:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.8  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480830  
Coordenada Y del centro: 4612630



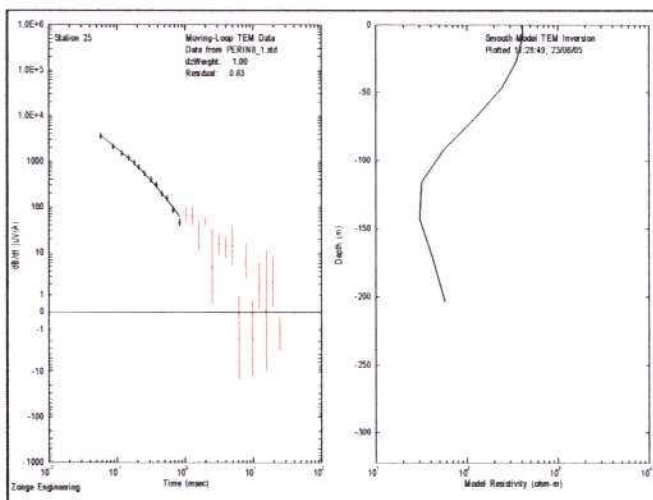
### Estación 24:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.4  
Rampa de caída: 115  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480785  
Coordenada Y del centro: 4612690



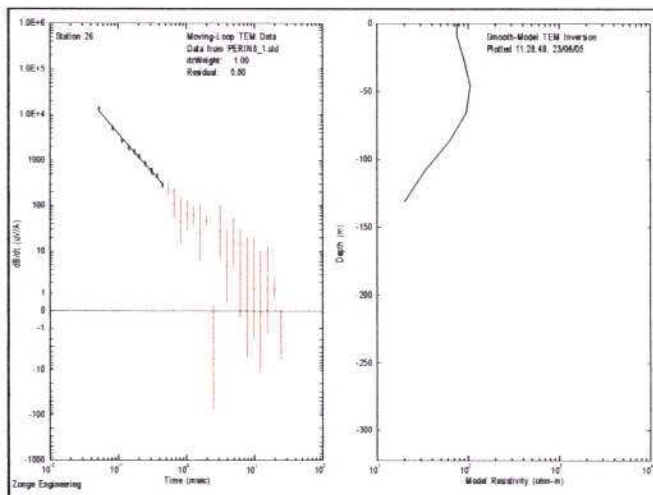
### Estación 25:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 10.4  
Rampa de caída: 115  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480750  
Coordenada Y del centro: 4612735



### Estación 26:

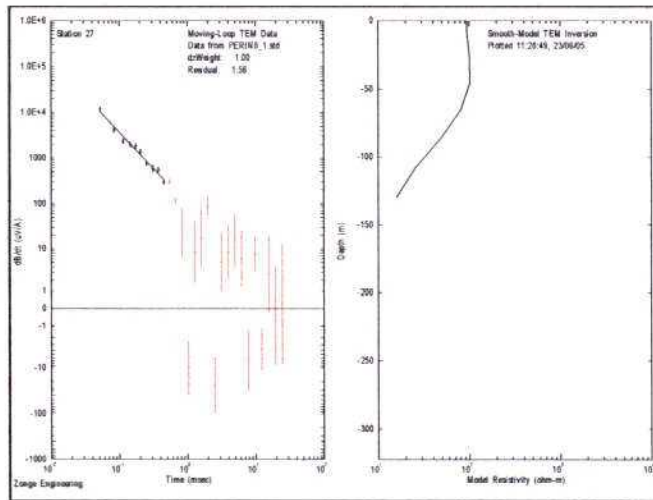
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 10.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480695  
Coordenada Y del centro: 4612785





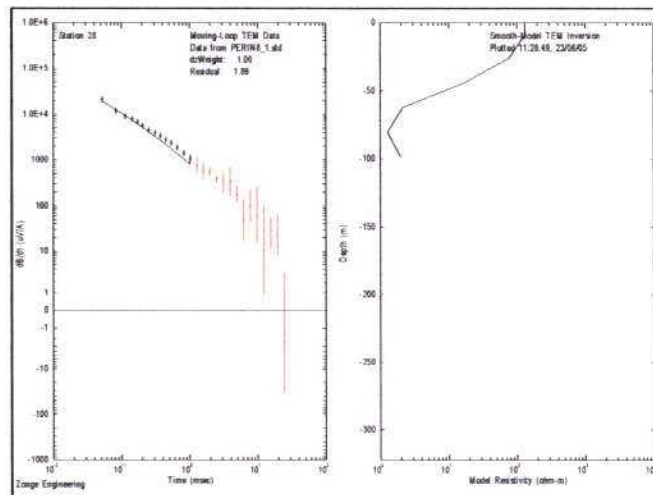
### Estación 27:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480650  
Coordenada Y del centro: 4612830



### Estación 28:

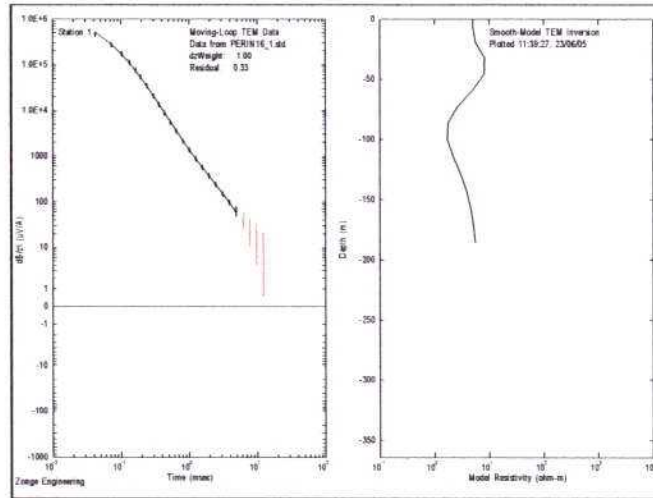
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480600  
Coordenada Y del centro: 4612875



## Frecuencia de emisión: 16Hz

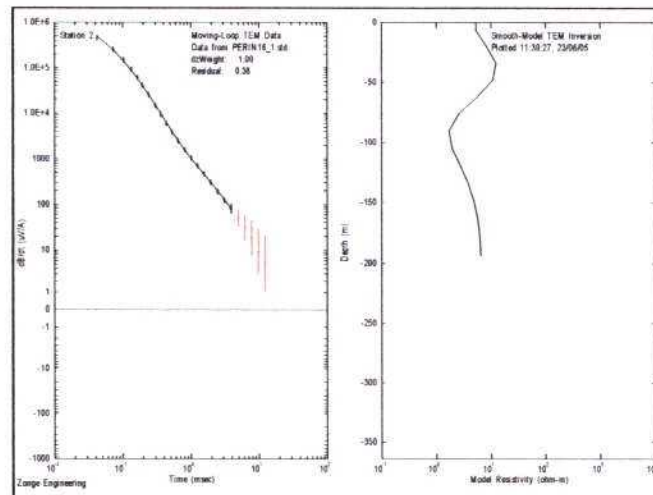
### Estación 1:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.3  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



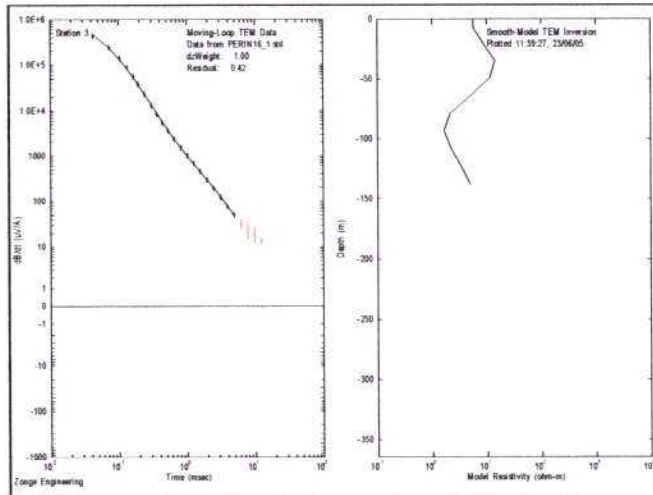
### Estación 2:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.3  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



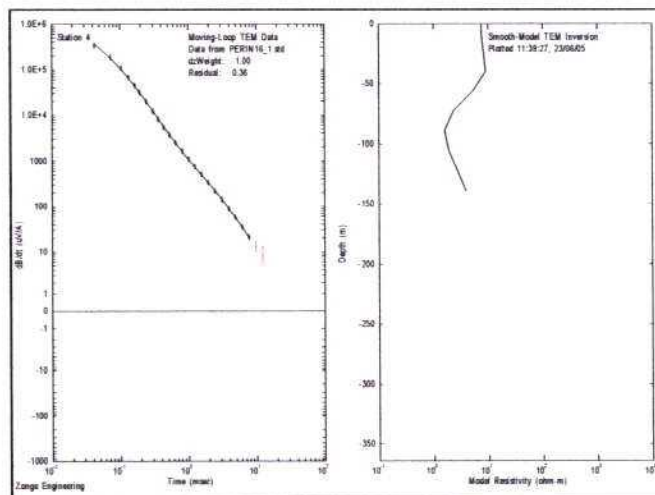
### Estación 3:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.1  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



### Estación 4:

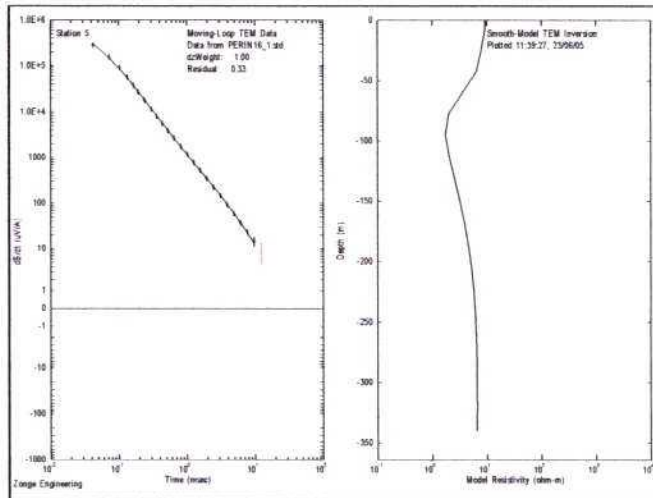
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





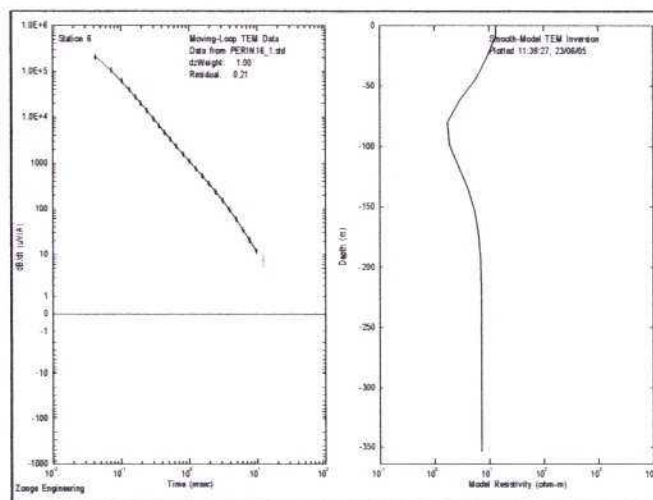
### Estación 5:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



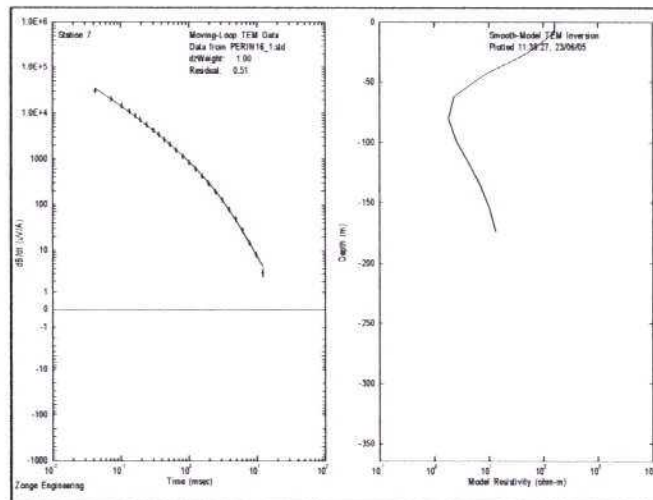
### Estación 6:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



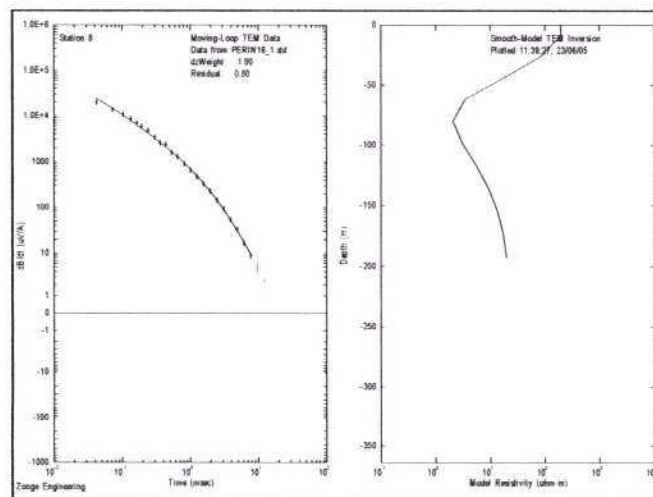
### Estación 7:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.2  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



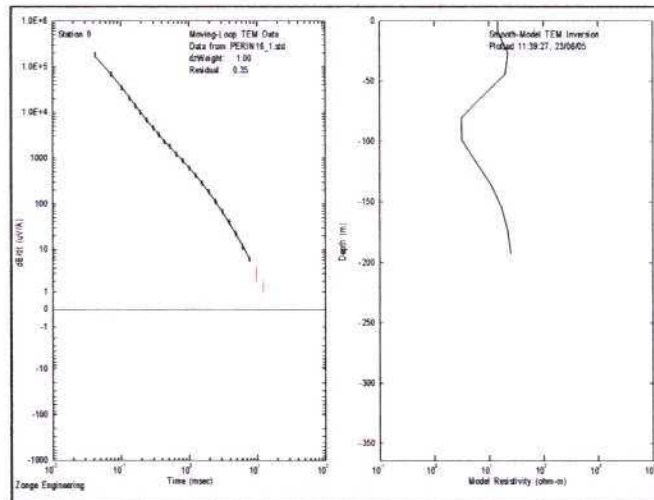
### Estación 8:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.2  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



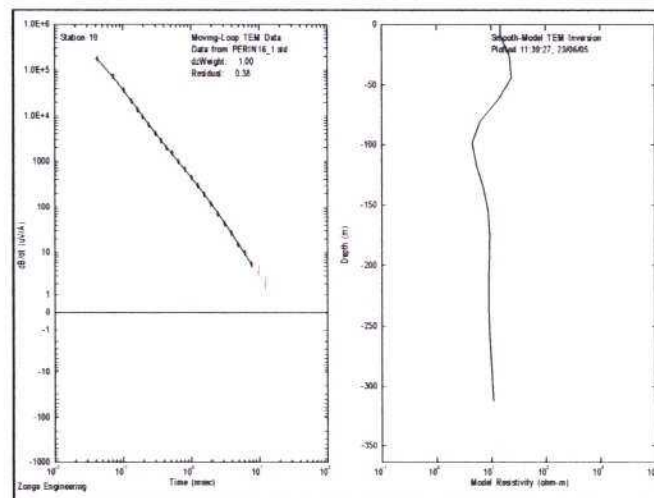
### Estación 9:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



### Estación 10:

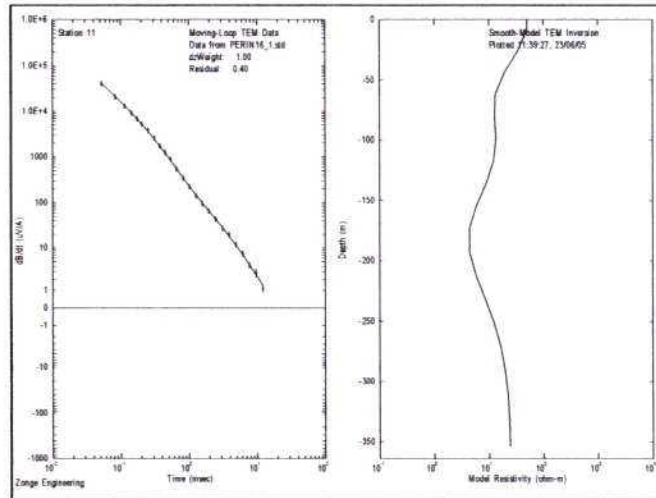
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Ganancia: 001o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





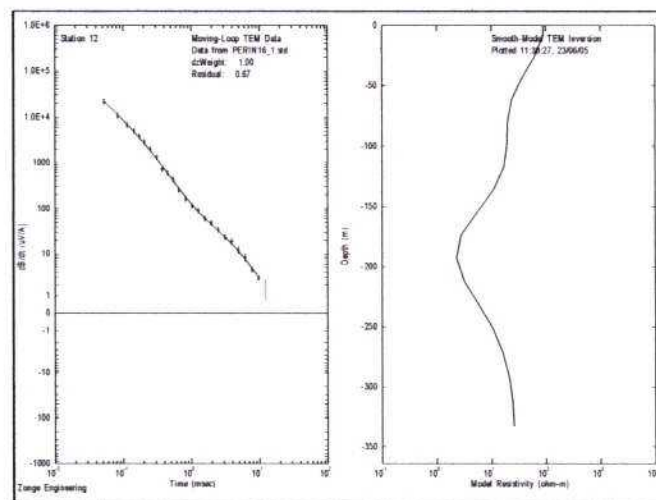
### Estación 11:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



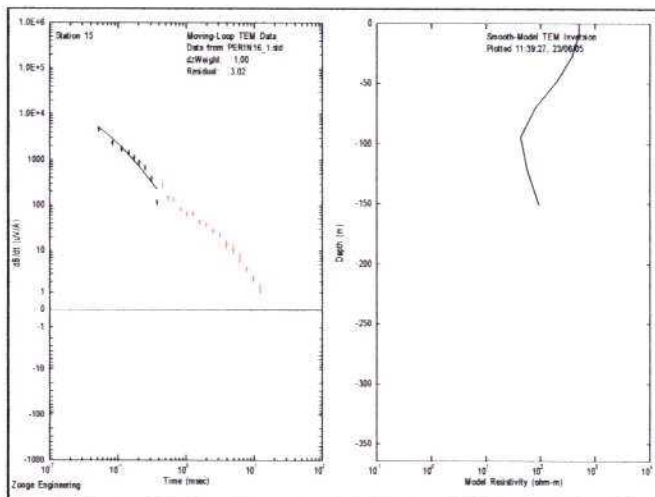
### Estación 12:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



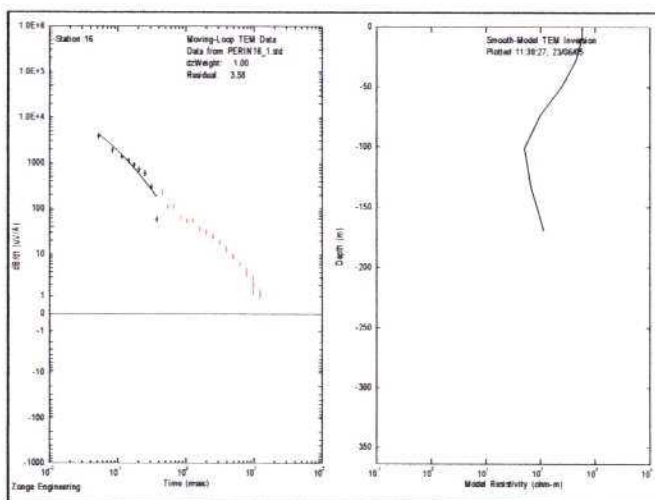
### Estación 15:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



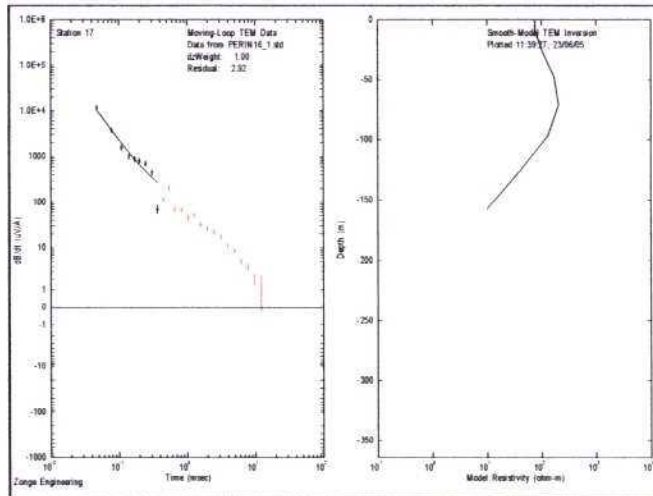
### Estación 16:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



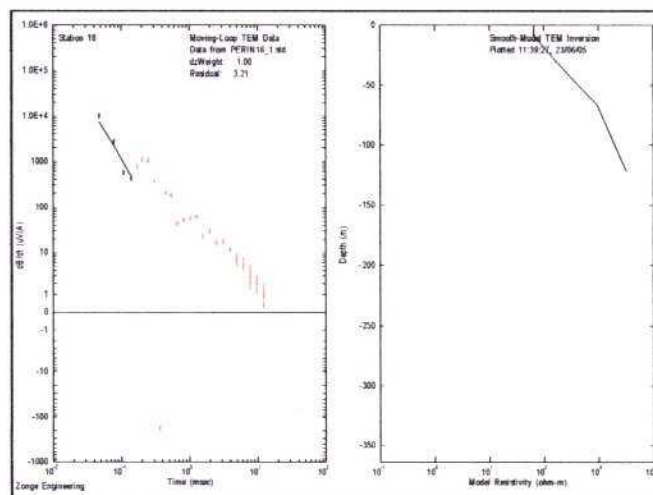
### Estación 17:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 125  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



### Estación 18:

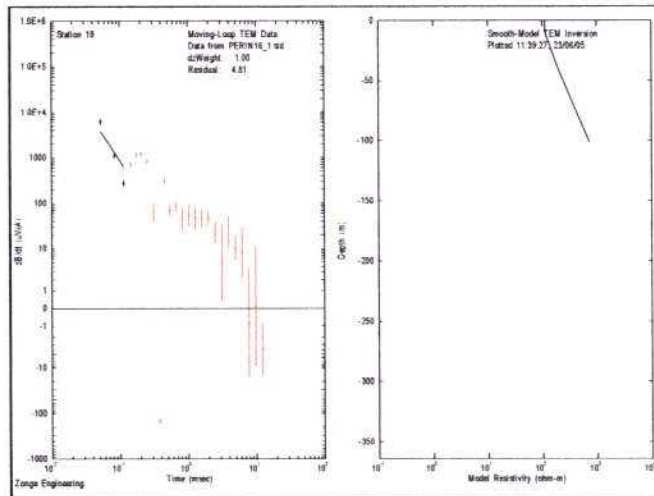
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 125  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





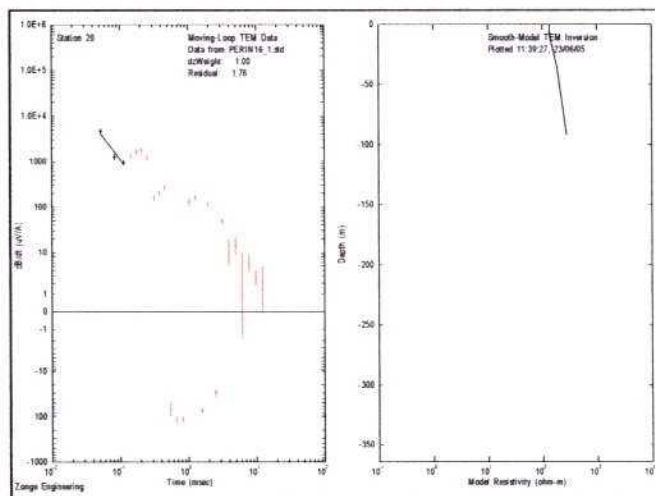
### Estación 19:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.8  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



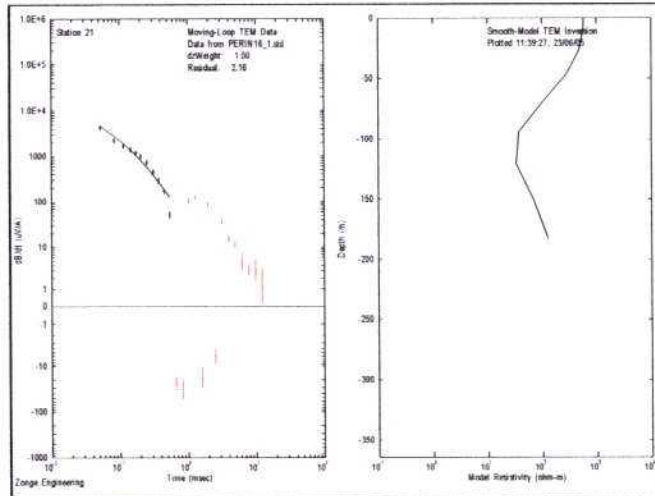
### Estación 20:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



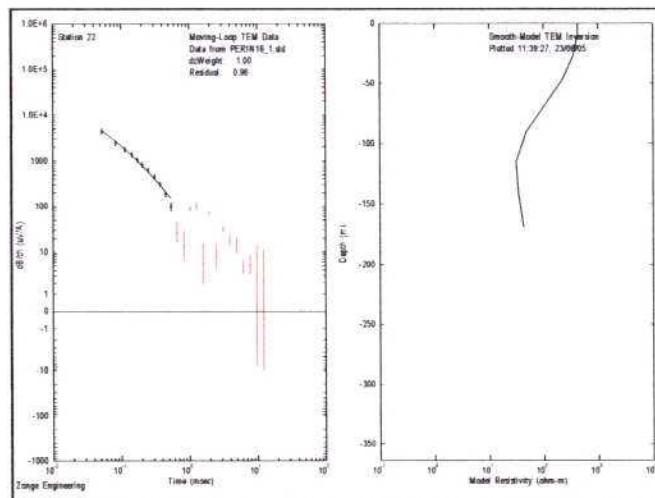
### Estación 21:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.3  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



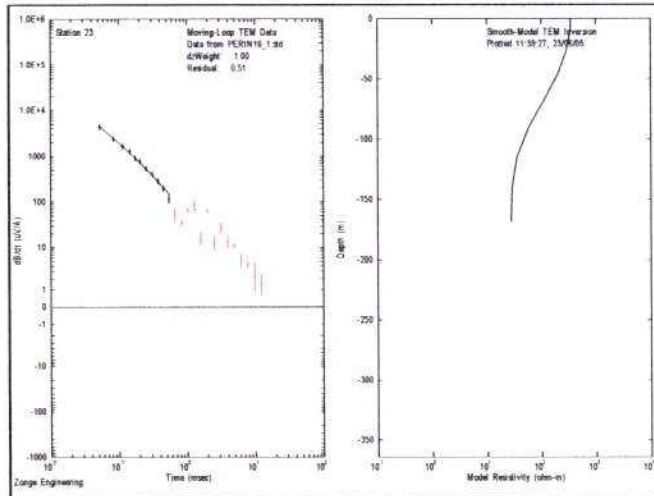
### Estación 22:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 041o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



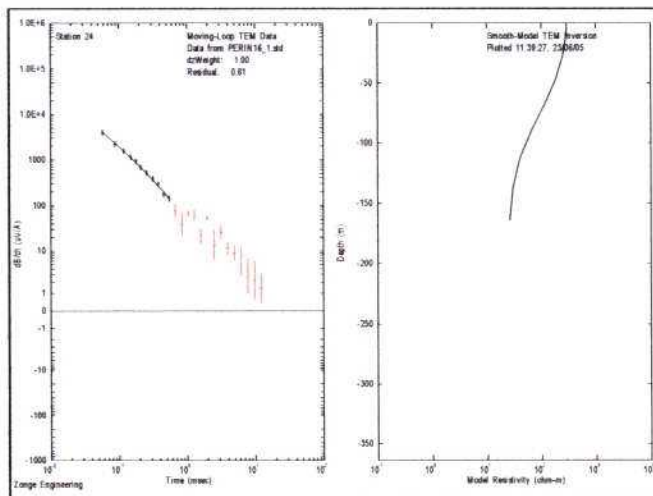
### Estación 23:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.8  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 041o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



### Estación 24:

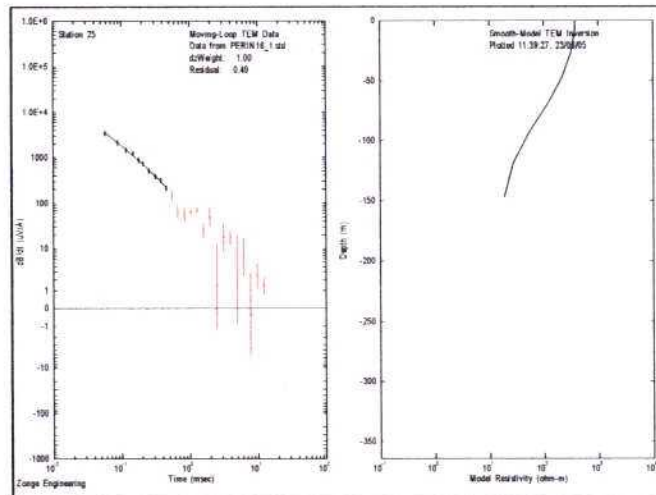
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11  
Rampa de caída: 115  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





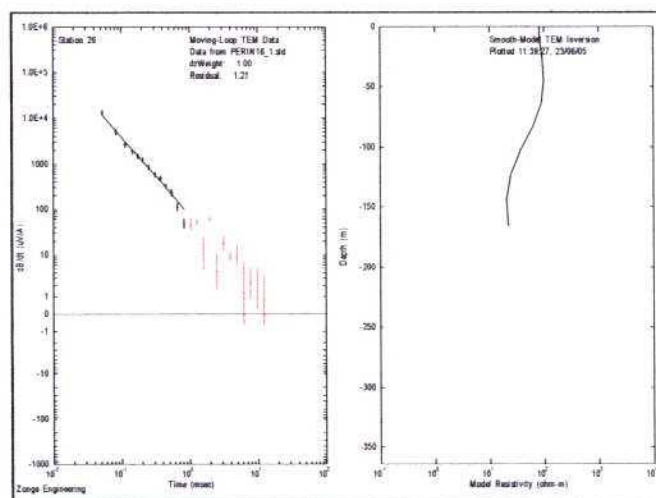
### Estación 25:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 9.8  
Rampa de caída: 115  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



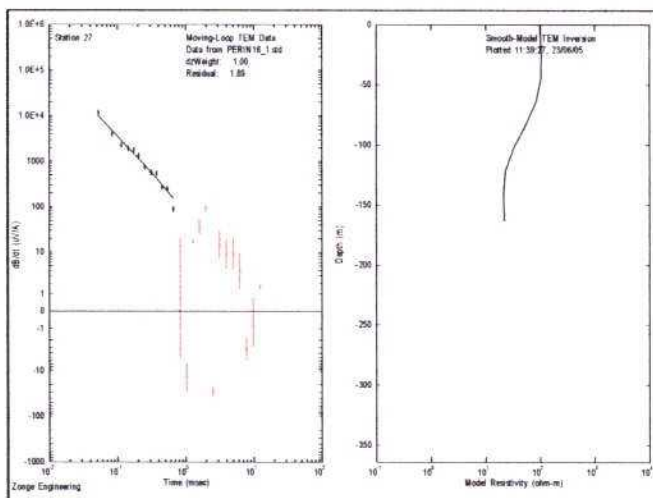
### Estación 26:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 10.5  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



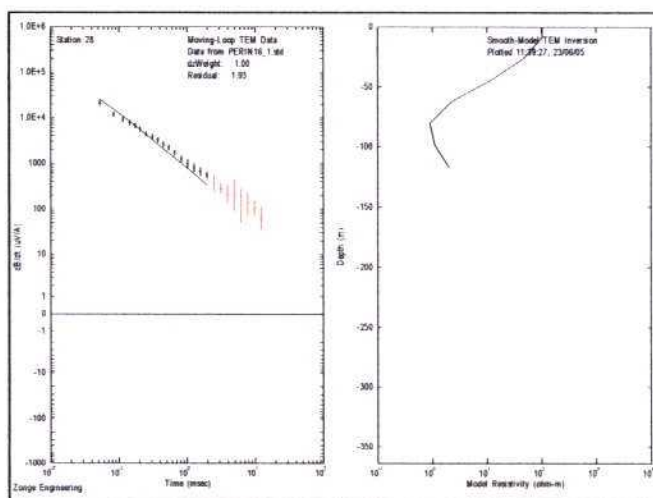
### Estación 27:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



### Estación 28:

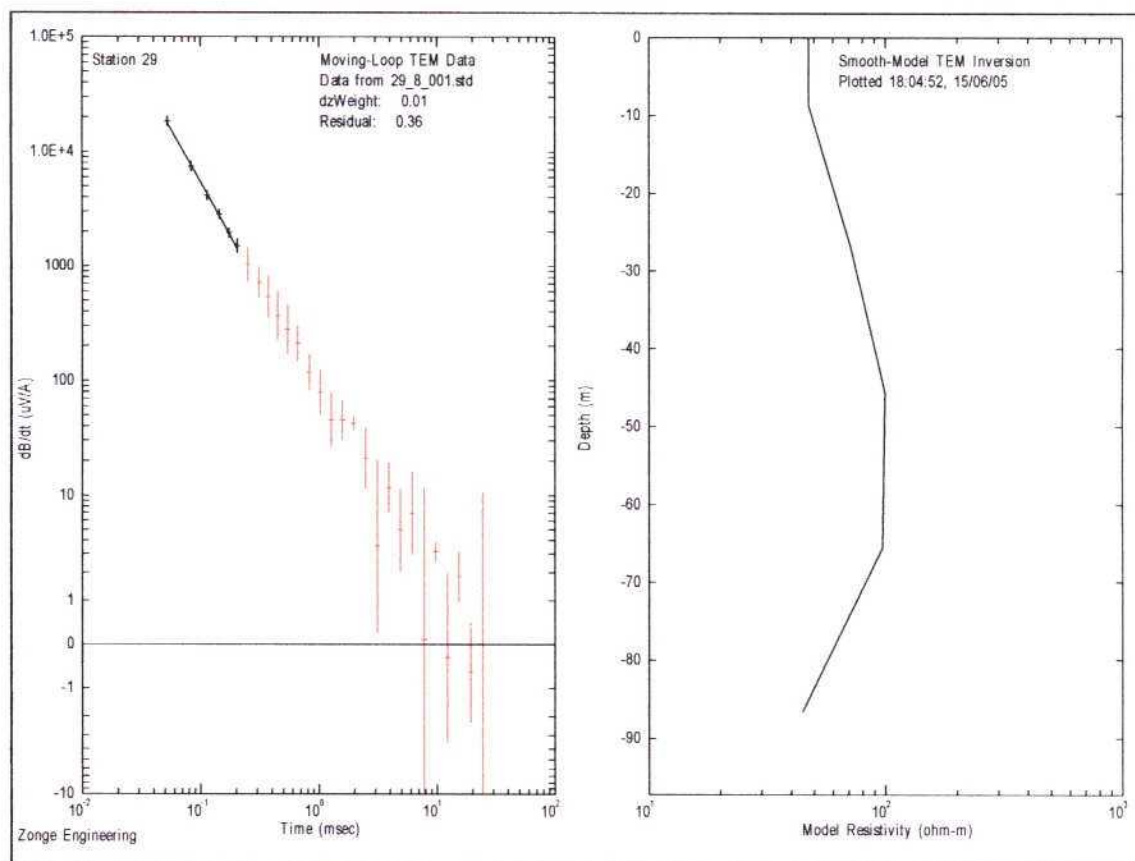
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.8  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



## Estación 29:

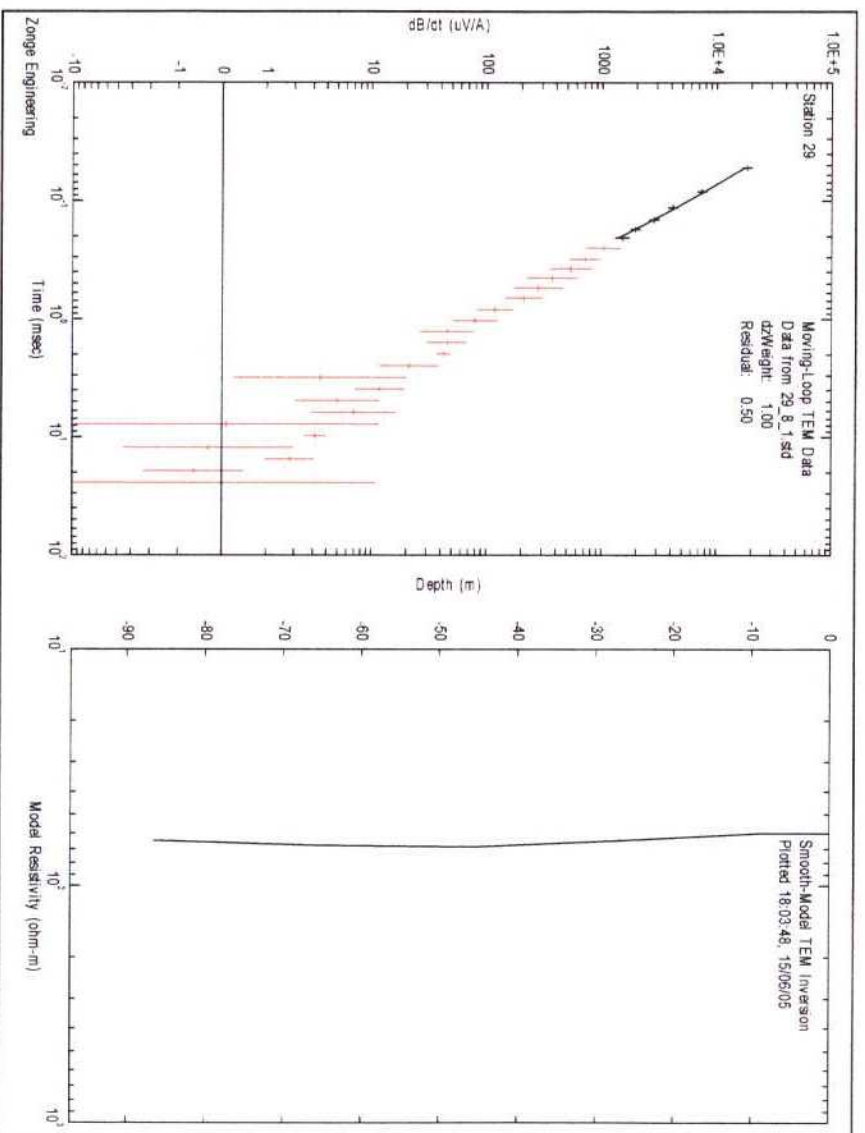
### Frecuencia 8Hz:

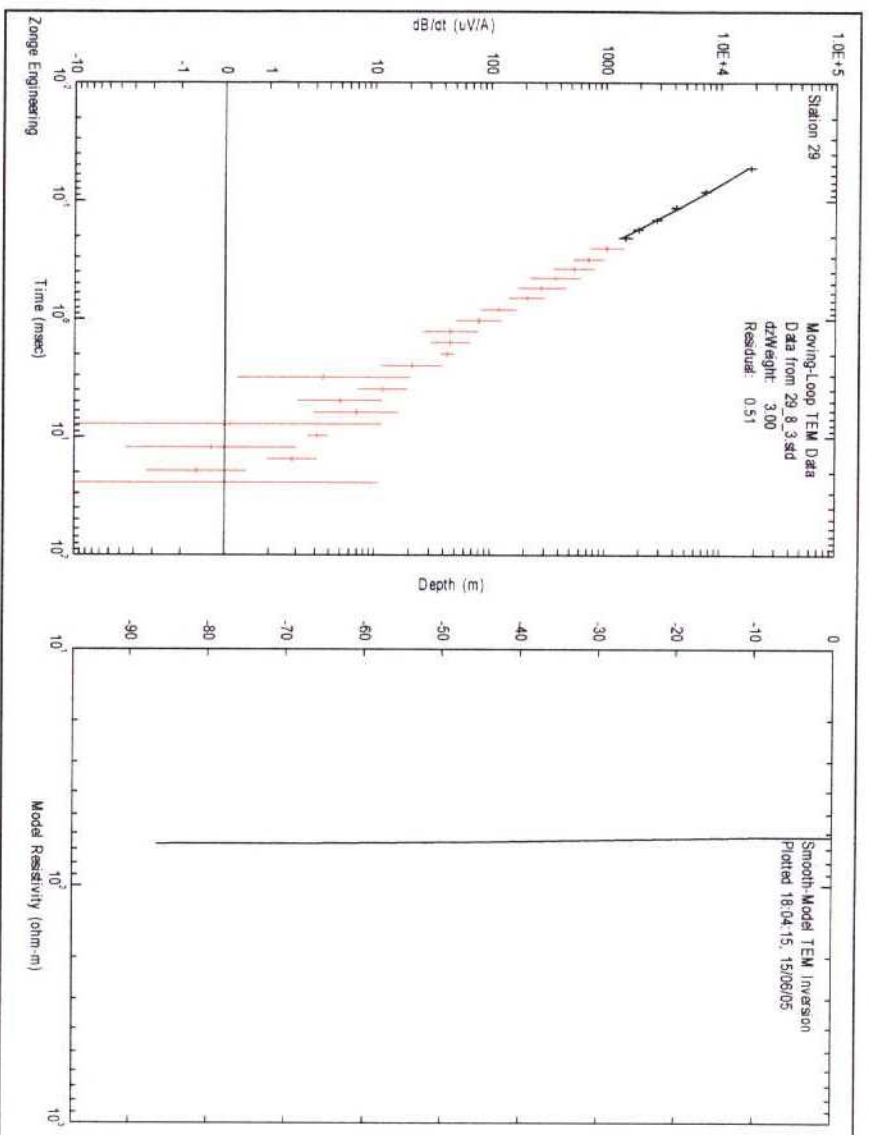
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.9  
Rampa de caída: 120  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480345  
Coordenada Y del centro: 4613235  
Peso del suavizado: 0.01





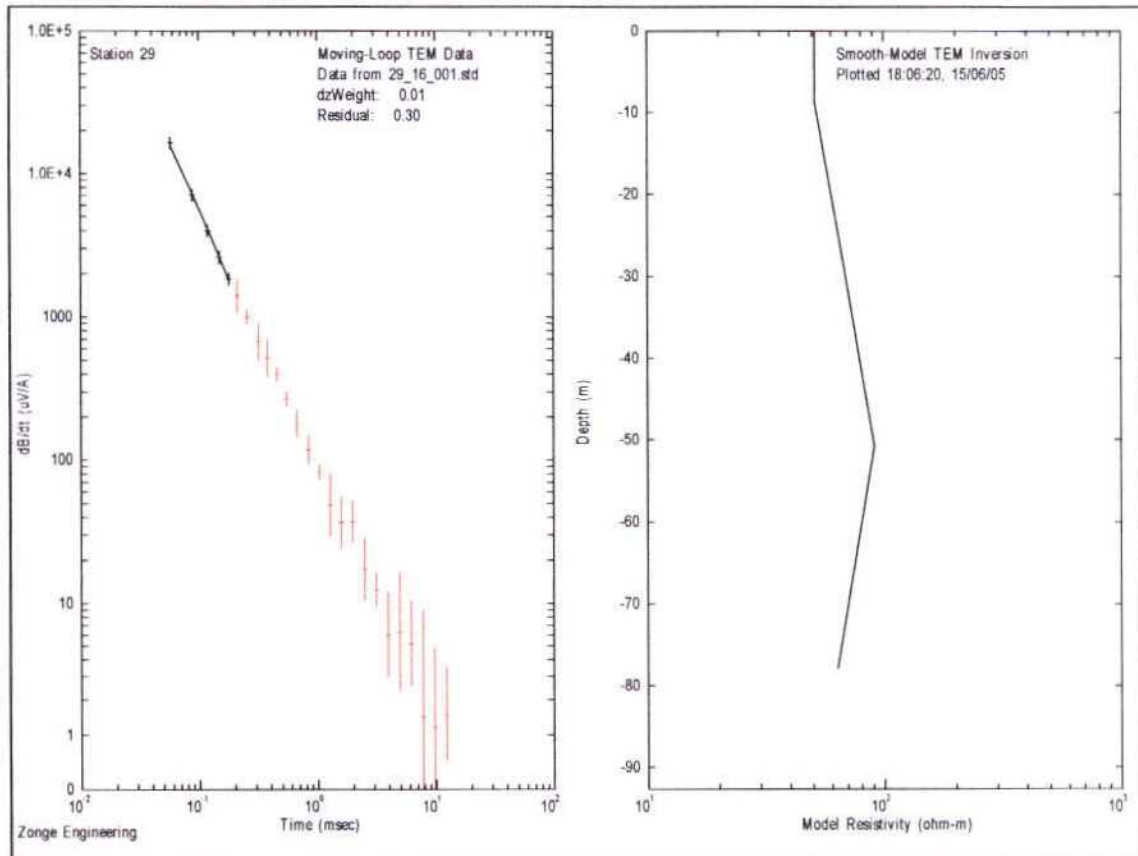
Peso del suavizado: 1



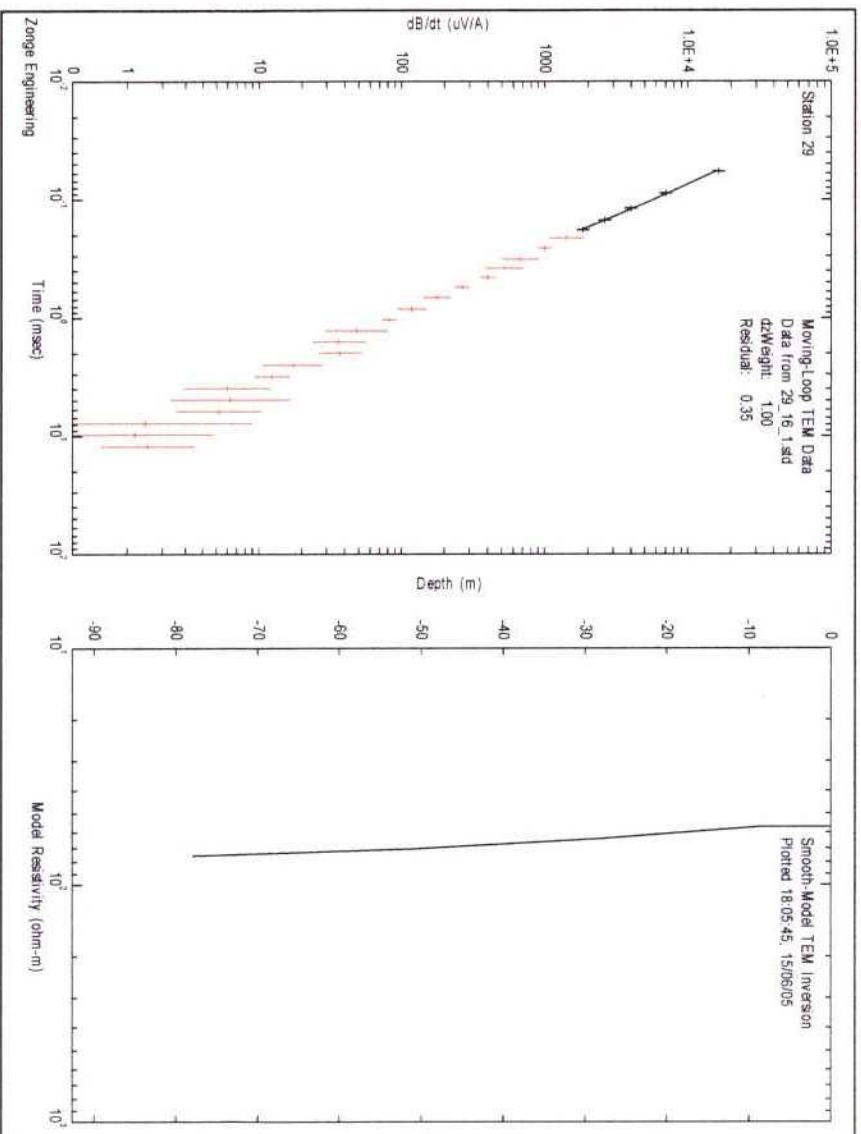


### Frecuencia 16Hz:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.2  
Rampa de caída: 115  
Ganancia: 0300 (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480345  
Coordenada Y del centro: 4613235  
Peso del suavizado: 0.01



Peso del suavizado: 1

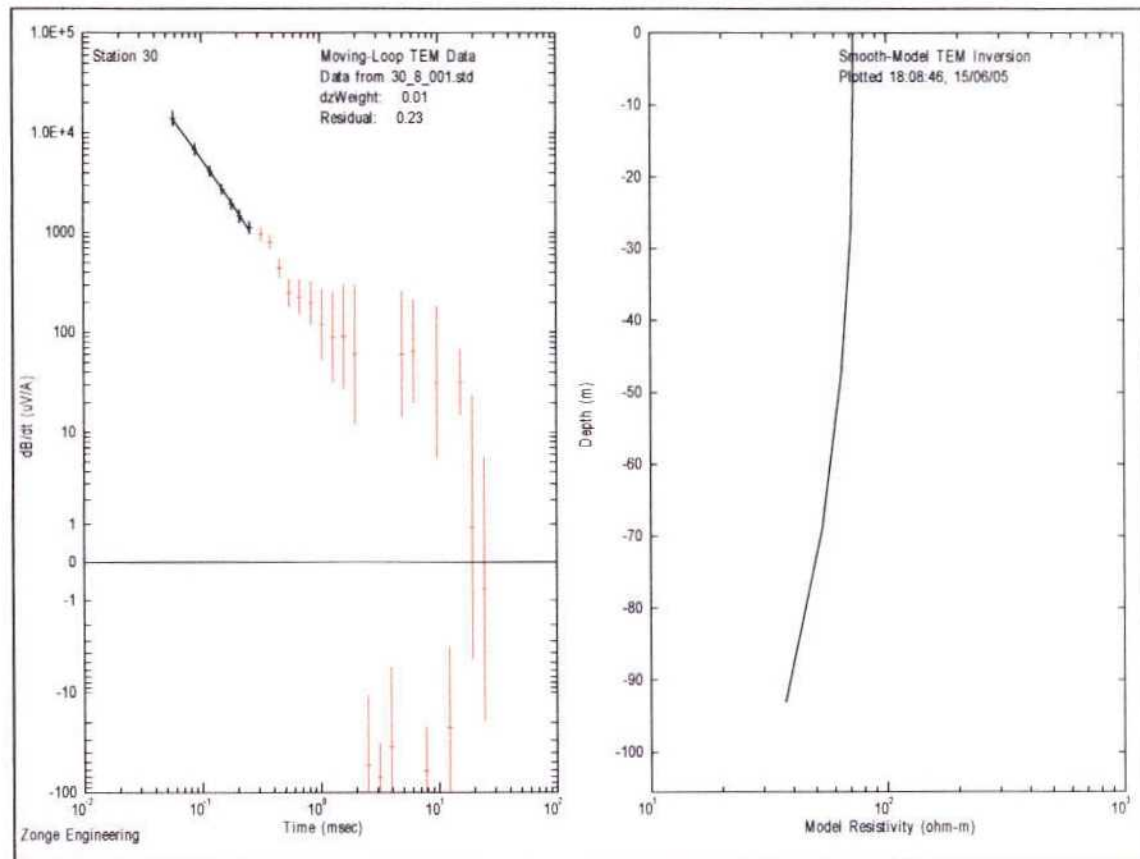


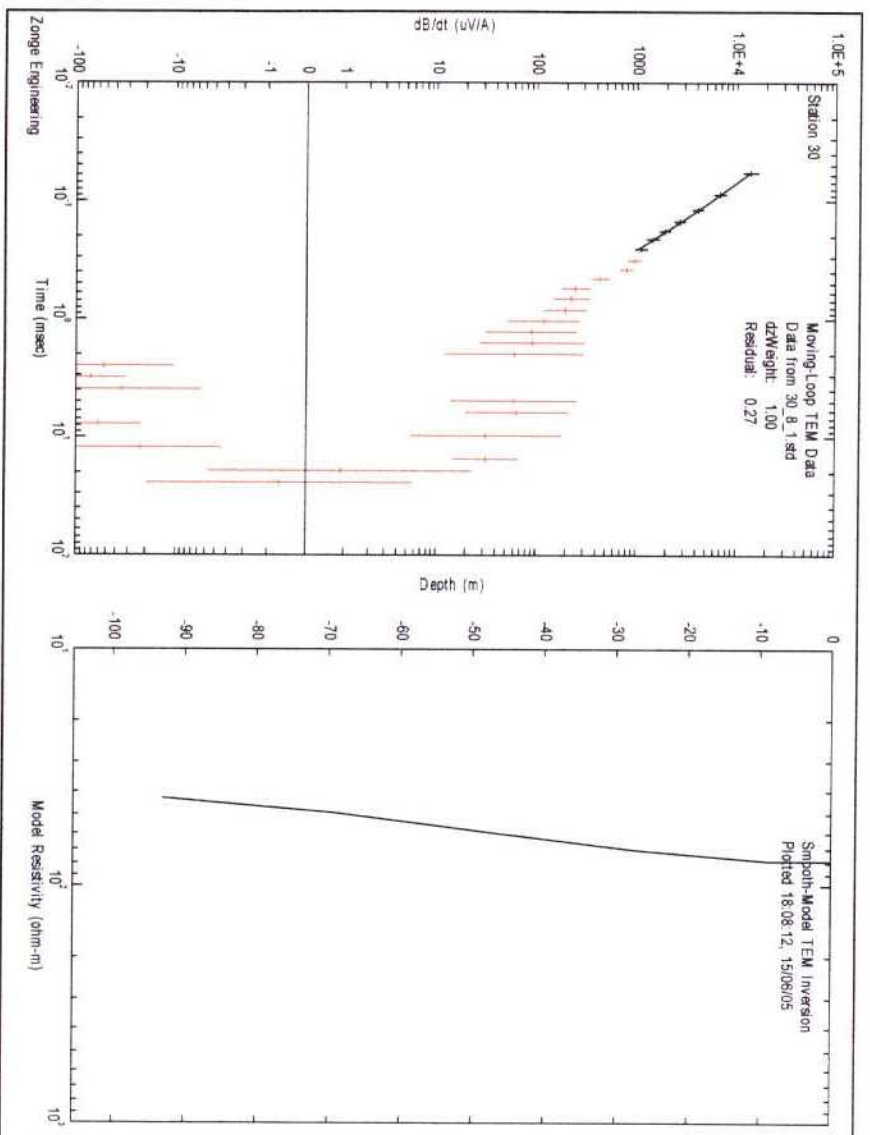


## Estación 30:

### Frecuencia 8Hz:

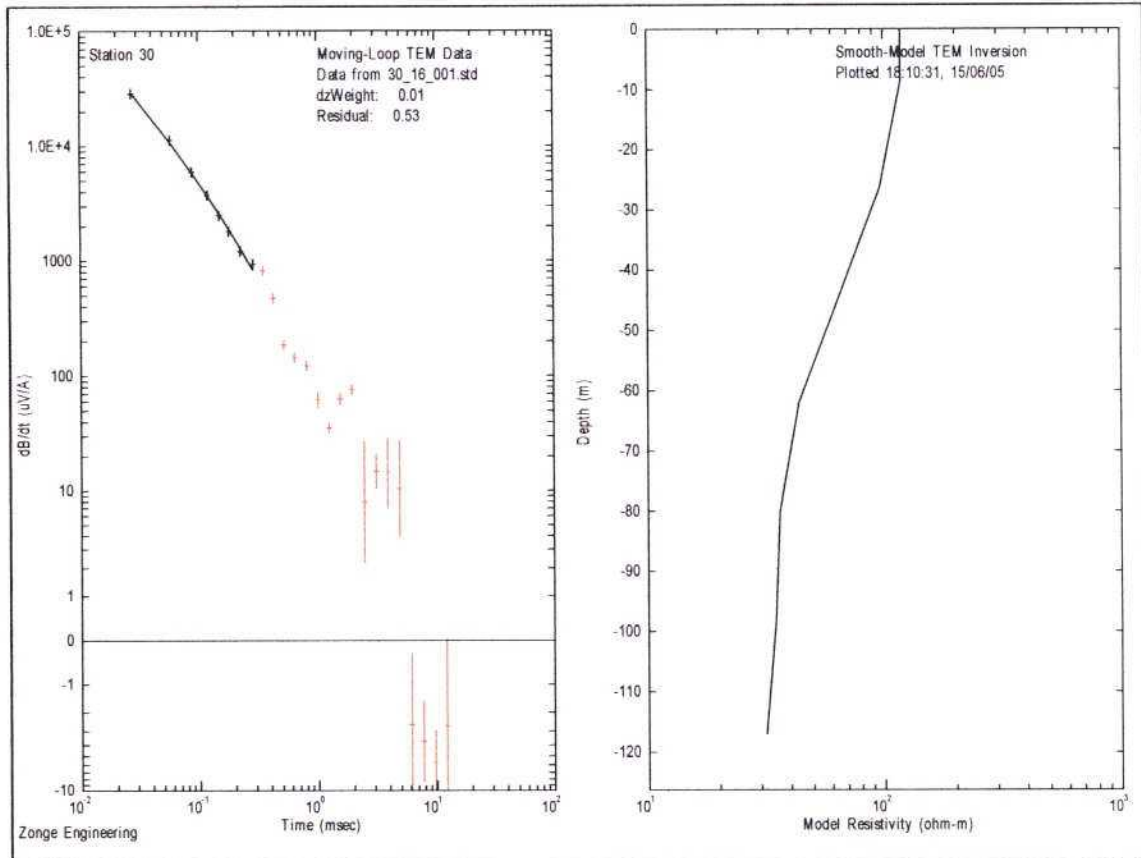
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.7  
Rampa de caída: 115  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480095  
Coordenada Y del centro: 4613775  
Peso del suavizado: 0.01

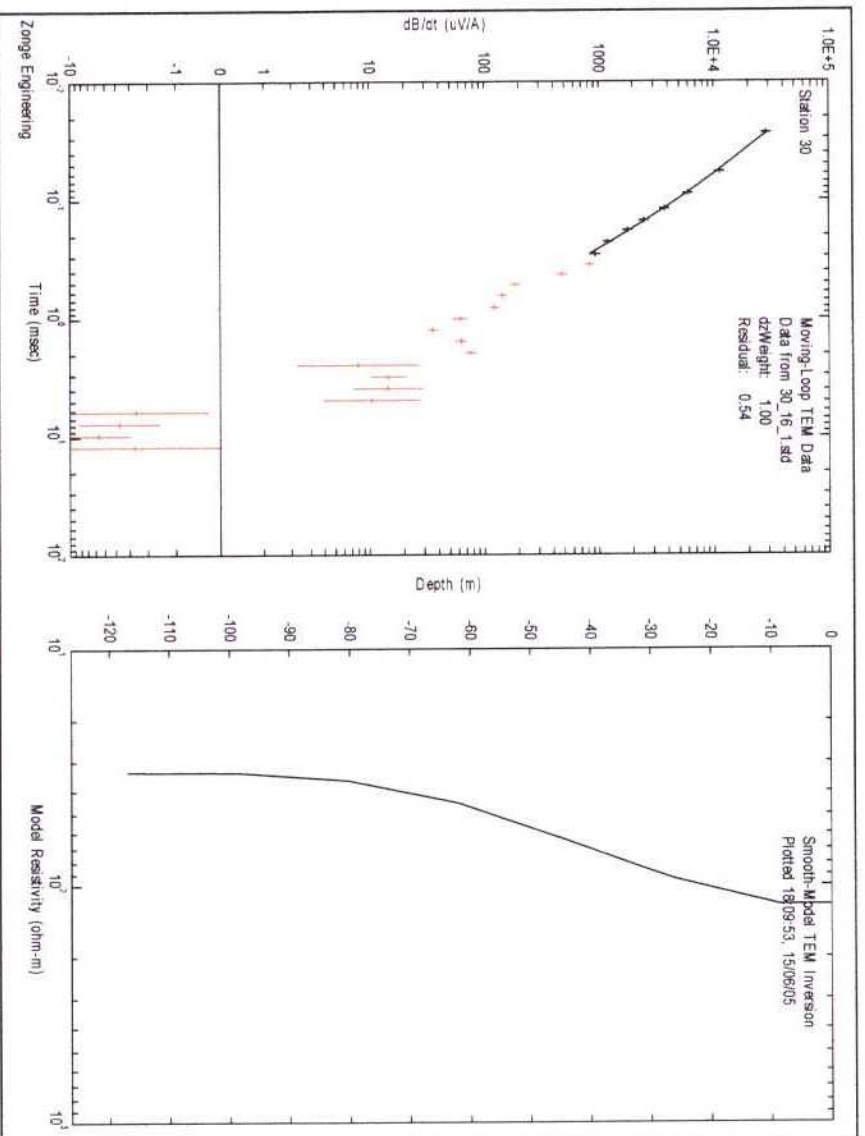




### Frecuencia 16Hz:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 9.3  
Rampa de caída: 115  
Ganancia: 021o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480095  
Coordenada Y del centro: 4613775  
Peso del suavizado: 0.01



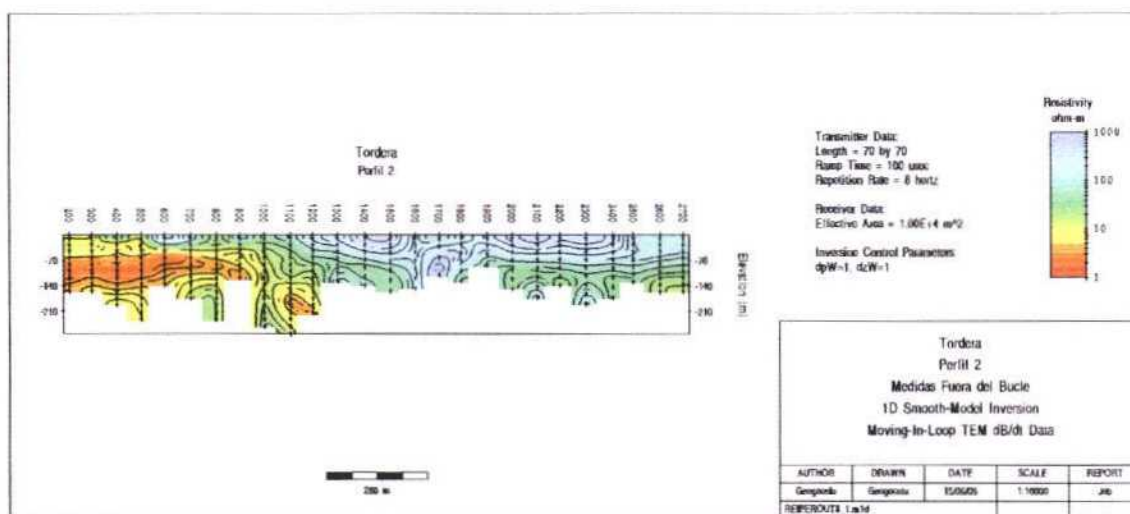




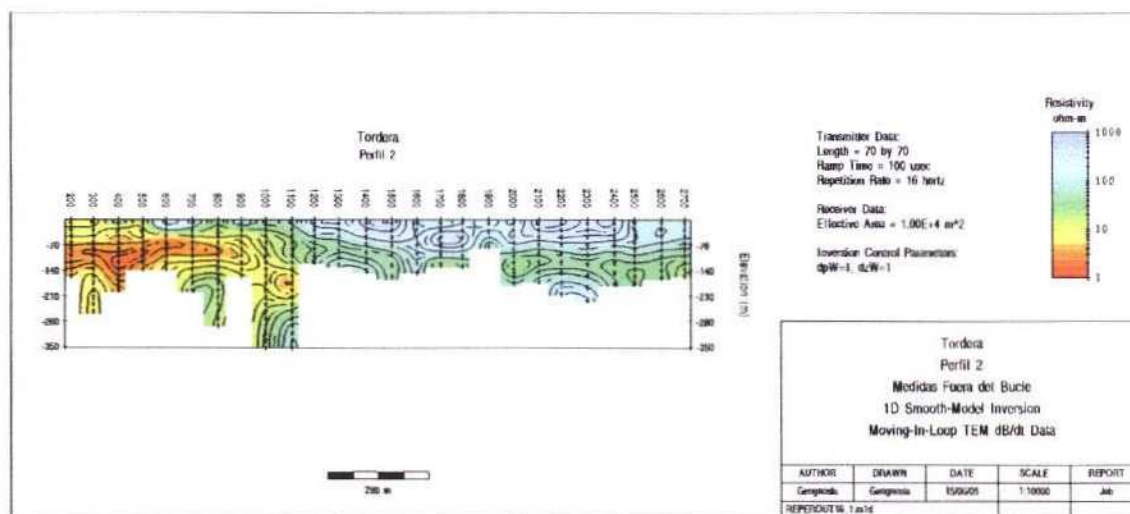
También se han generado diferentes modelos con los datos tomados fuera del bucle. Las estaciones en este caso se han numerado cada 100, la correspondencia con las medidas dentro del bucle es: 2 dentro es 200 fuera y así sucesivamente.

Siguiendo el mismo criterio que para las medidas dentro del bucle se presentan dos modelos con los mismos parámetros de modelado y con distinta frecuencia de emisión:

Frecuencia: 8Hz  
 Peso del modelo inicial 1  
 Peso del suavizado 1



Frecuencia: 16Hz  
 Peso del modelo inicial 1  
 Peso del suavizado 1

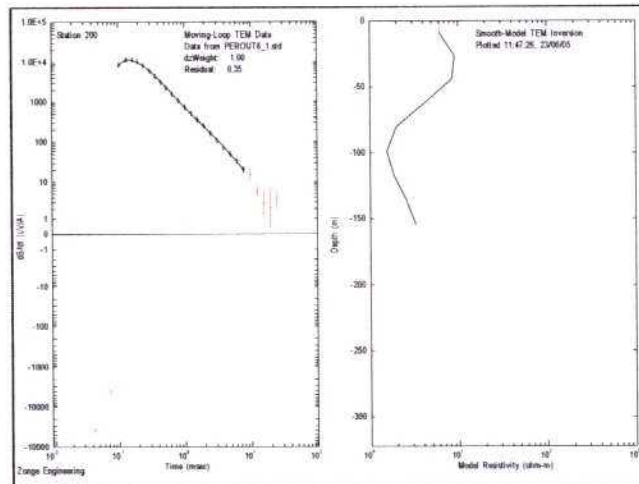


Ambos modelos aportan una información muy similar y completamente compatible con la de los modelos generados con las medidas dentro del bucle.

A continuación se presentan las curvas de caída de los datos tomados fuera del bucle.

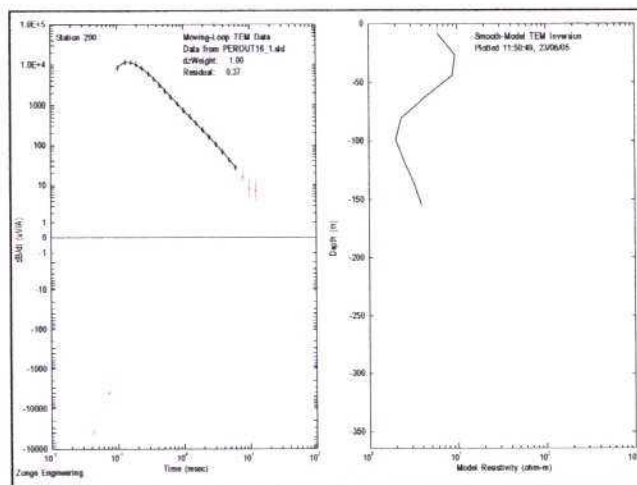
**Estación 200:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.1  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481525  
Coordenada Y del centro: 4611385



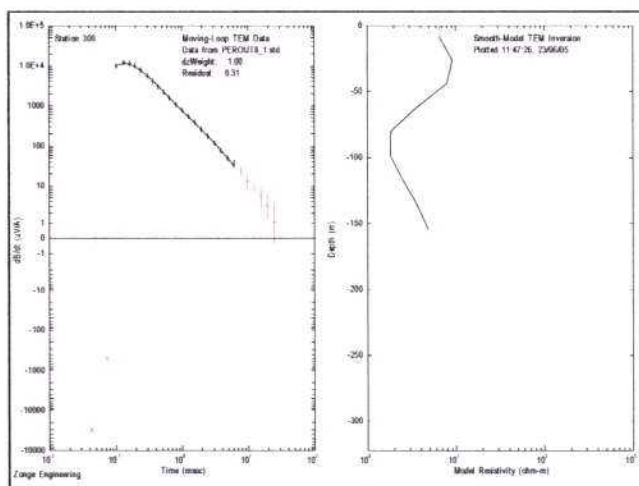
**Estación 200:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.1  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



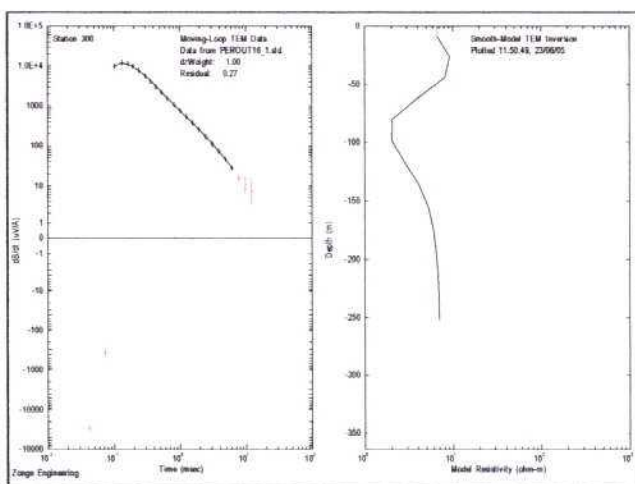
**Estación 300:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.1  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481495  
Coordenada Y del centro: 4611440



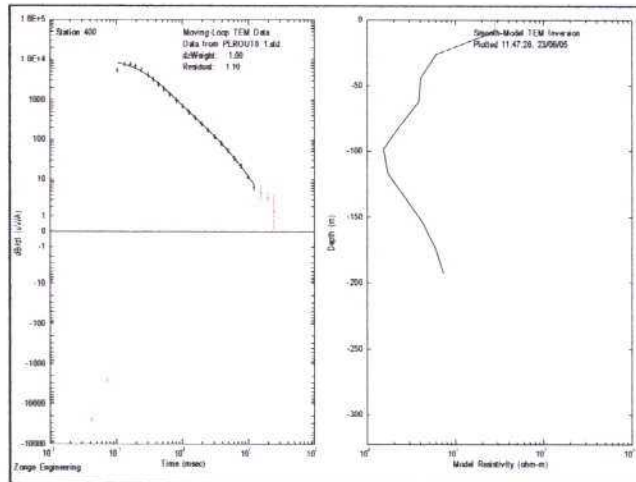
**Estación 300:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.1  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



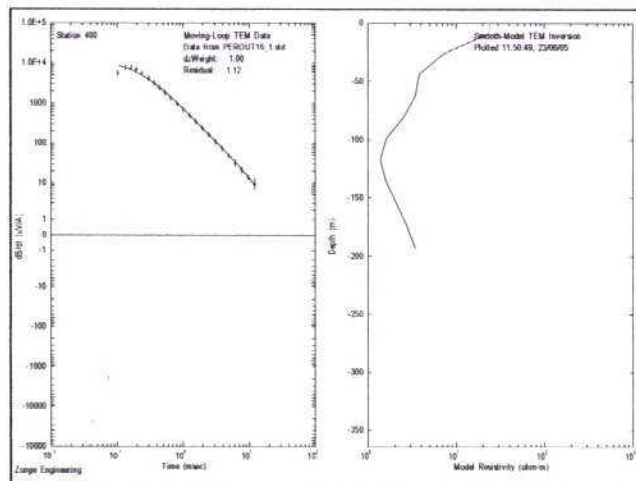
### Estación 400:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481460  
Coordenada Y del centro: 4611500



### Estación 400:

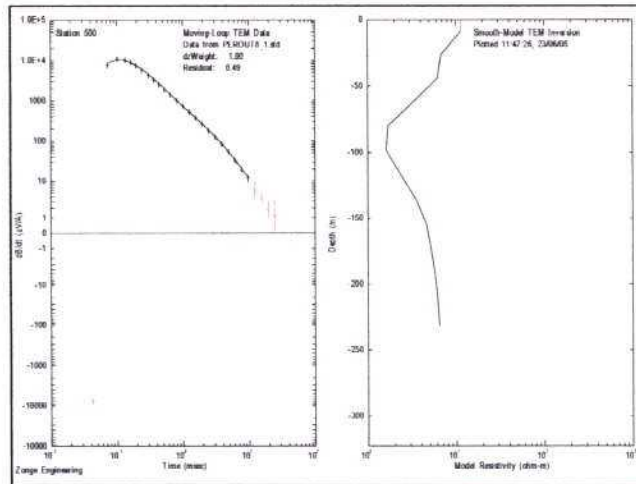
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 031o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





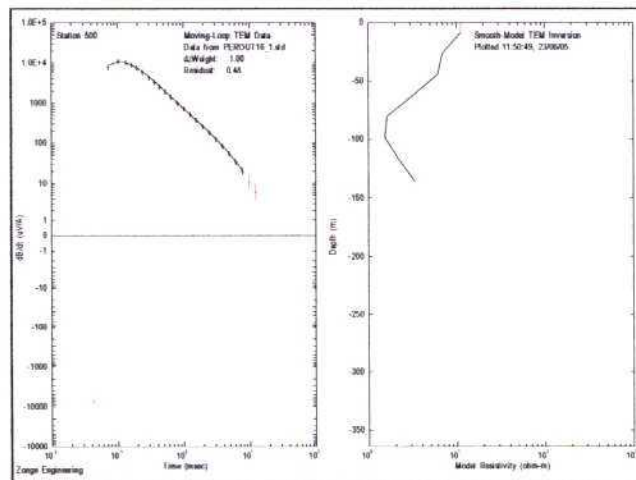
### Estación 500:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481430  
Coordenada Y del centro: 4611560



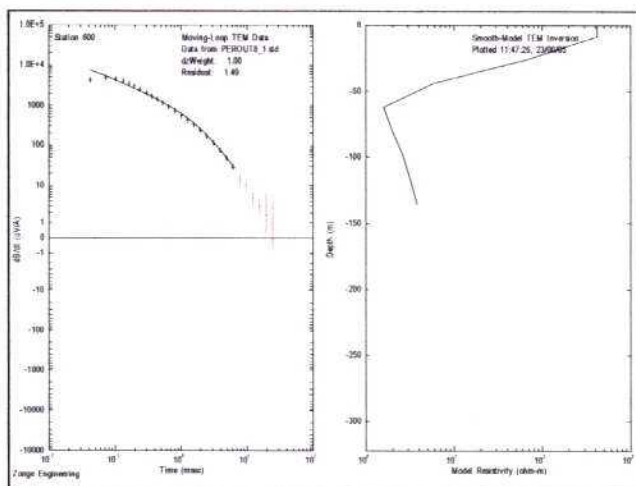
### Estación 500:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



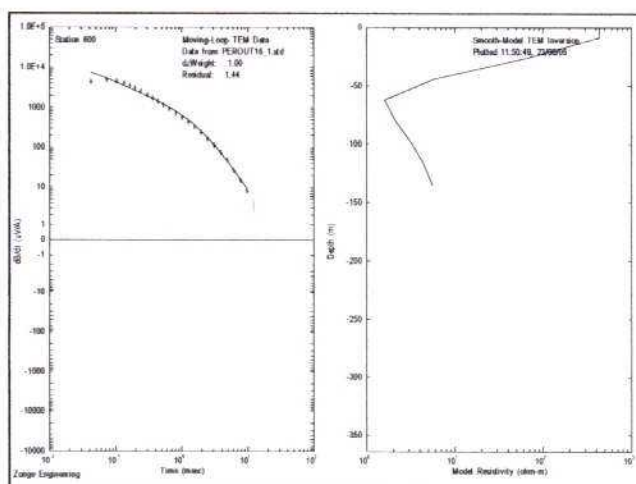
### Estación 600:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.3  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481405  
Coordenada Y del centro: 4611620



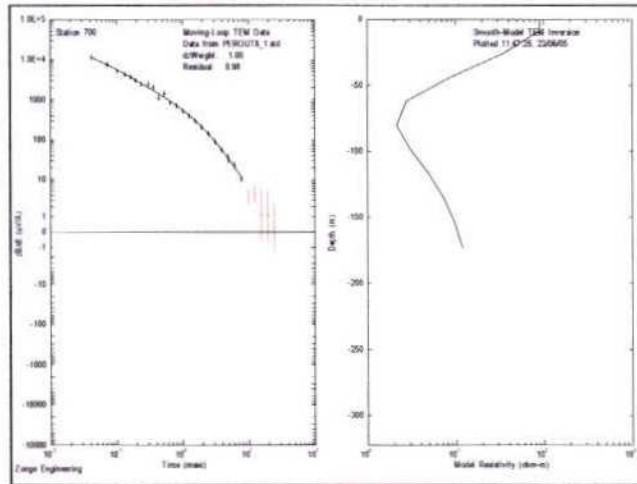
### Estación 600:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.2  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



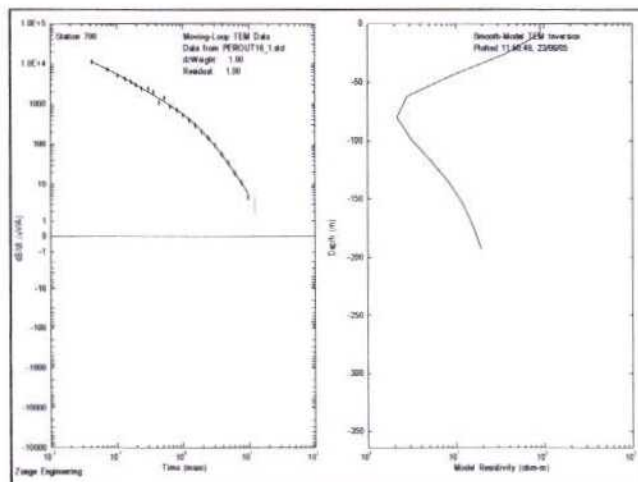
### Estación 700:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.2  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481375  
Coordenada Y del centro: 4611685



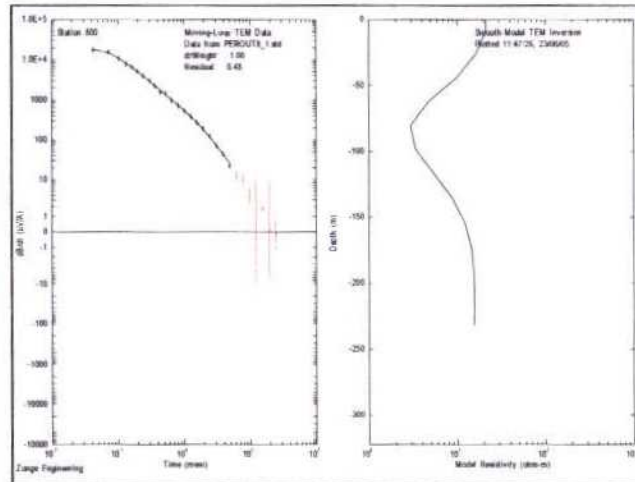
### Estación 700:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8.2  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



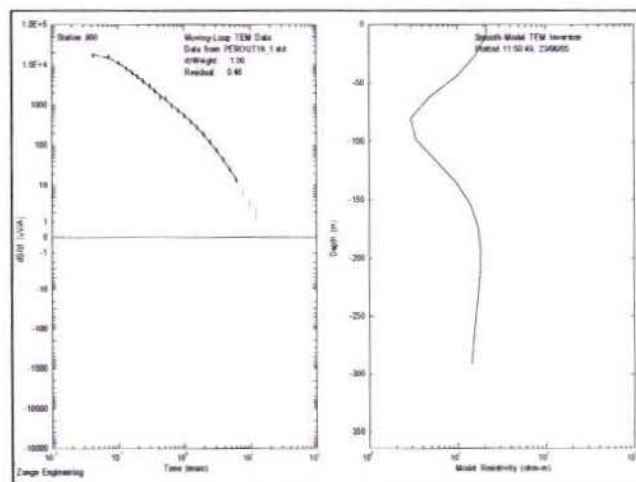
### Estación 800:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481345  
Coordenada Y del centro: 4611750



### Estación 800:

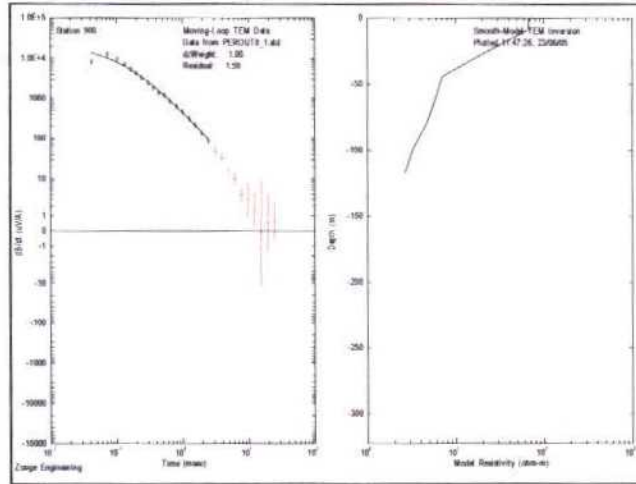
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





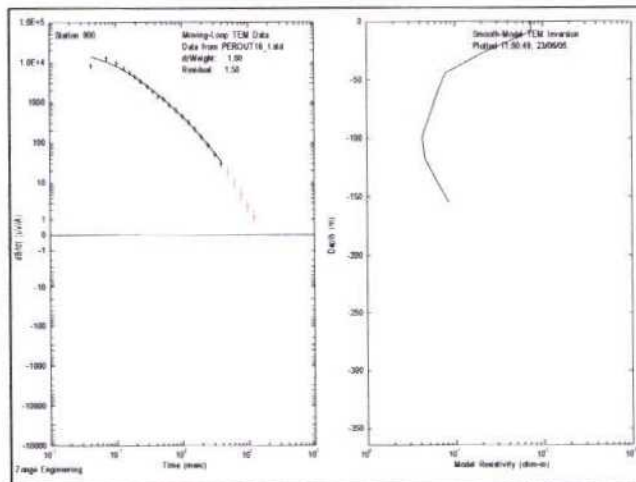
**Estación 900:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481310  
Coordenada Y del centro: 4611805



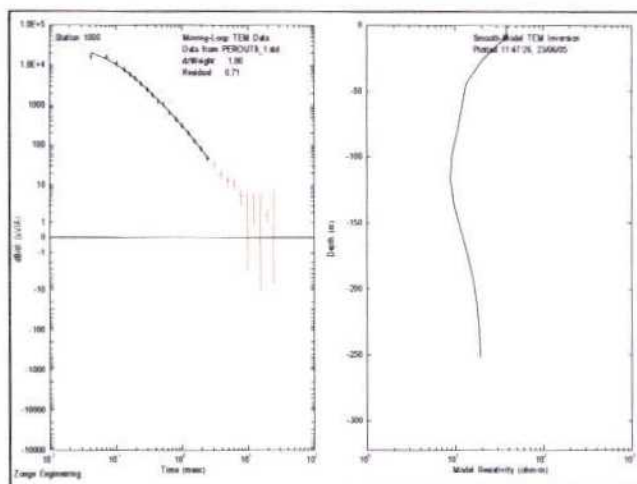
**Estación 900:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 8  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



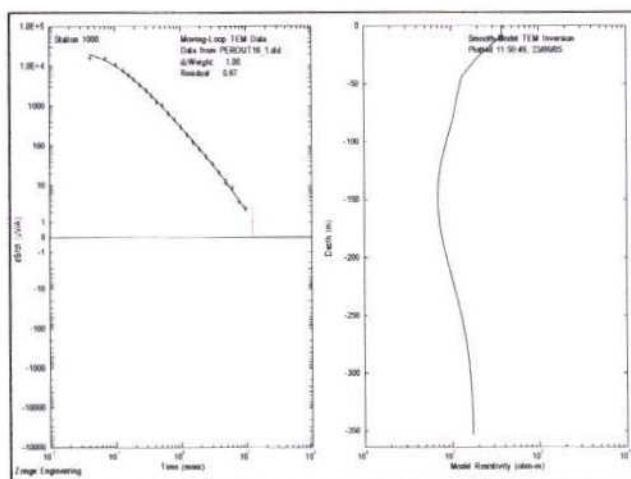
### Estación 1000:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 7.9  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481280  
Coordenada Y del centro: 4611865



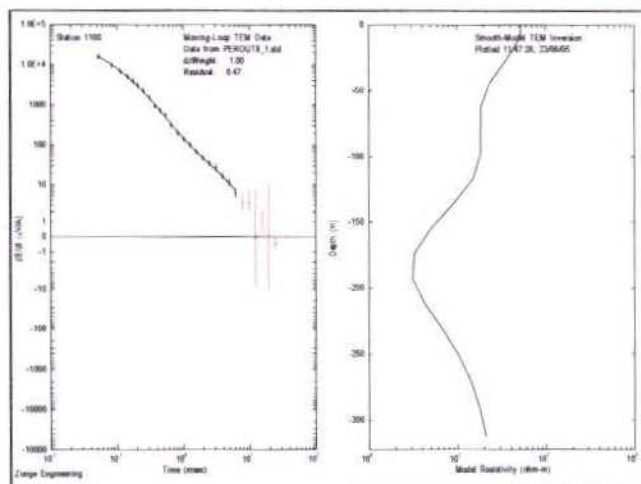
### Estación 1000:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 7.9  
Rampa de caída: 100  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



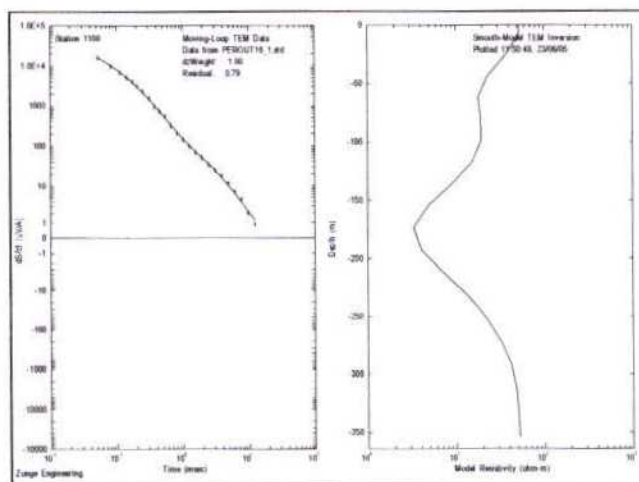
### Estación 1100:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.4  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481240  
Coordenada Y del centro: 4611925



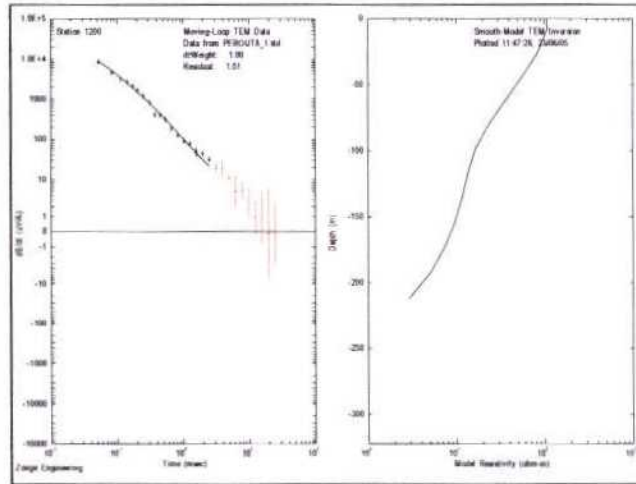
### Estación 1100:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



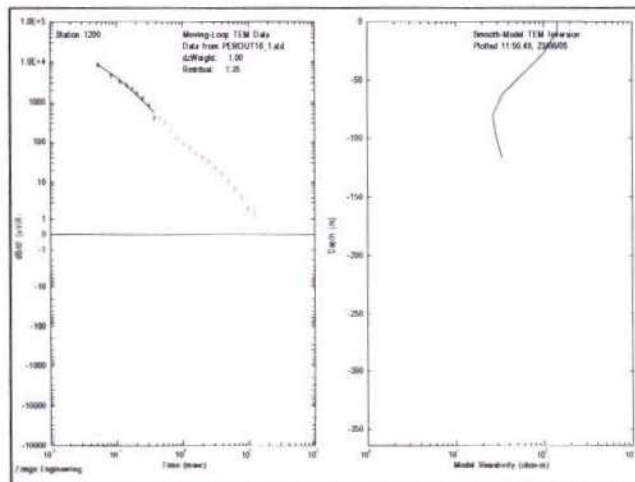
### Estación 1200:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.4  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481220  
Coordenada Y del centro: 4611985



### Estación 1200:

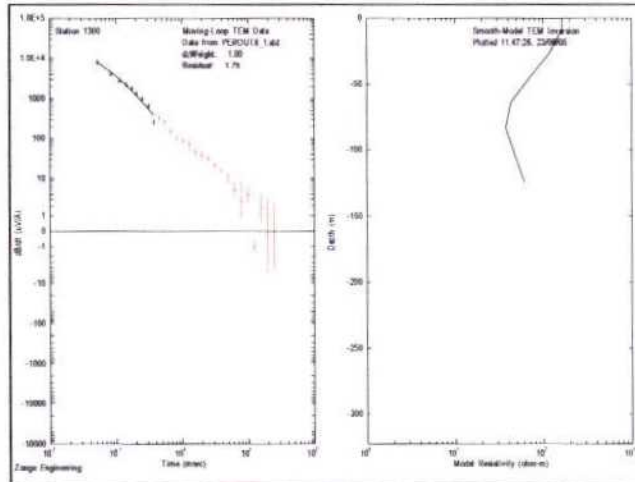
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





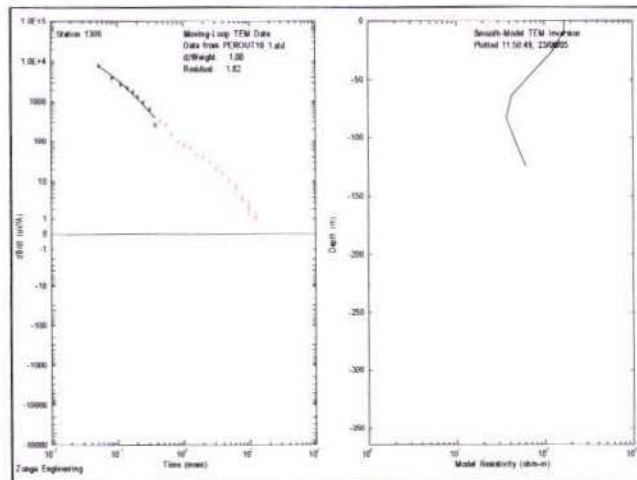
### Estación 1300:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481190  
Coordenada Y del centro: 4612045



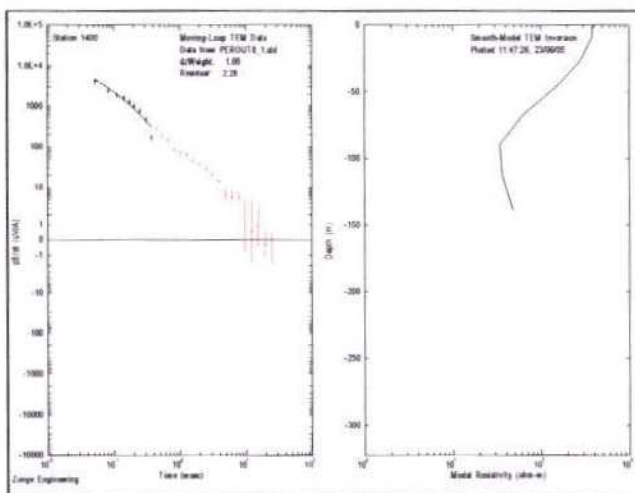
### Estación 1300:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



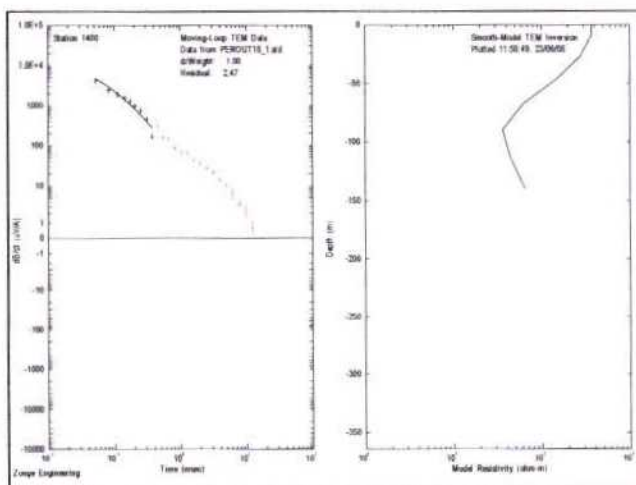
**Estación 1400:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481160  
Coordenada Y del centro: 4612115



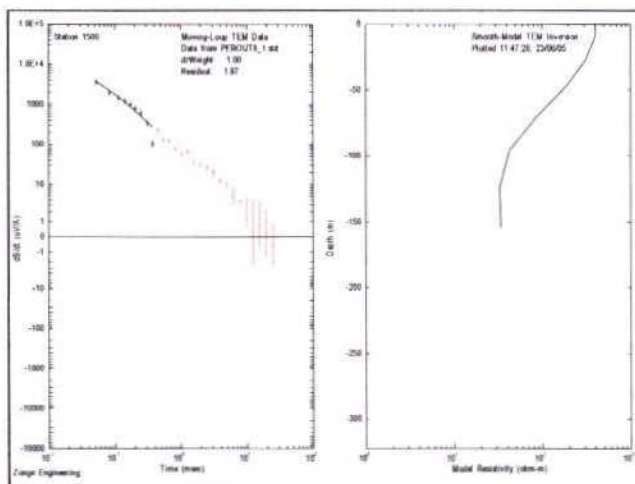
**Estación 1400:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 060o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



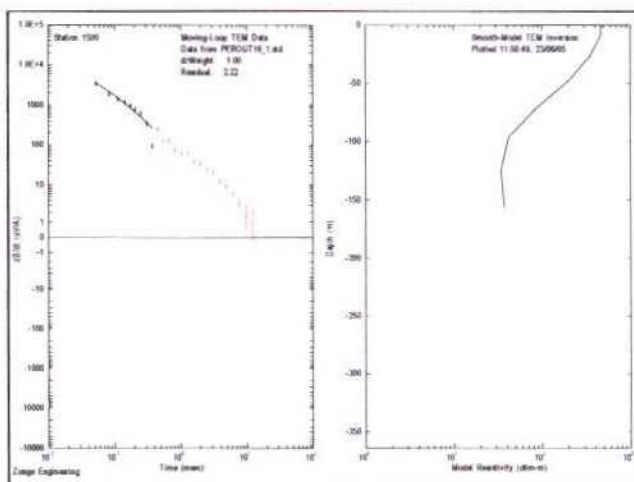
### Estación 1500:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 060o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481120  
Coordenada Y del centro: 4612175



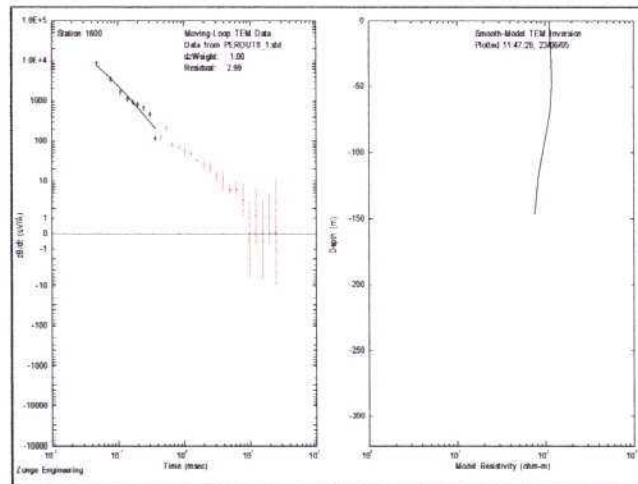
### Estación 1500:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 051o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



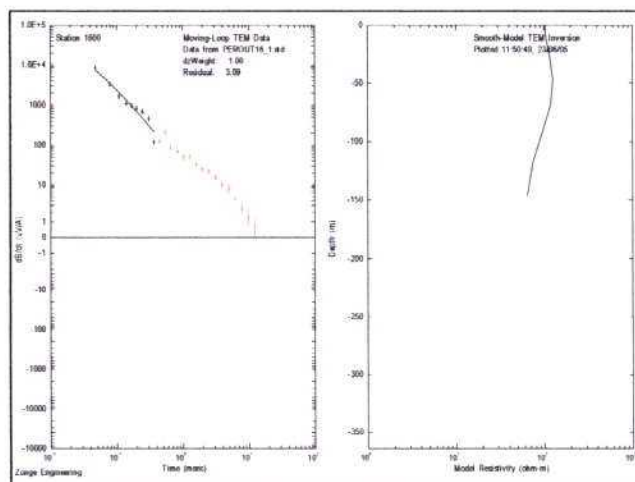
### Estación 1600:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.7  
Rampa de caída: 125  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481085  
Coordenada Y del centro: 4612235



### Estación 1600:

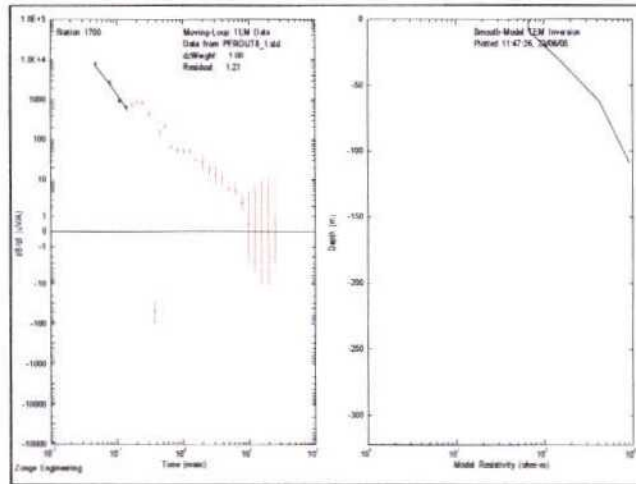
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.6  
Rampa de caída: 125  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





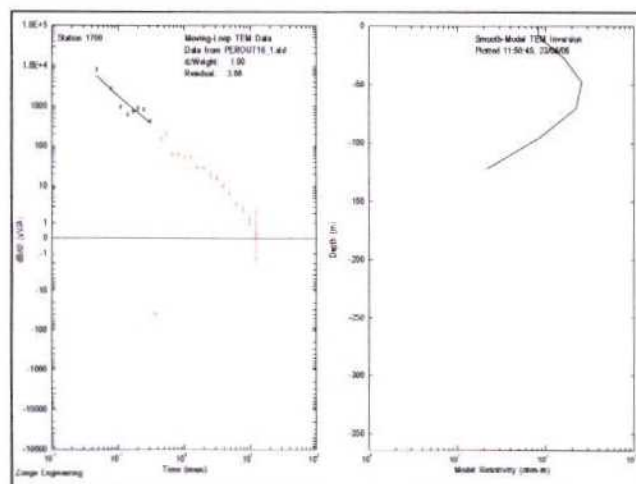
### Estación 1700:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 125  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481050  
Coordenada Y del centro: 4612290



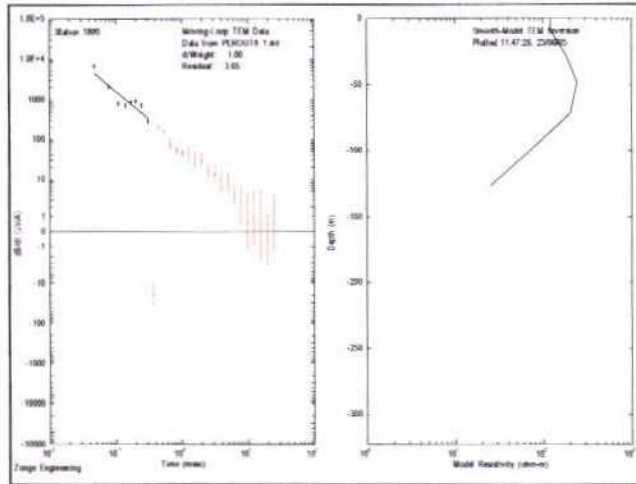
### Estación 1700:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.5  
Rampa de caída: 125  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



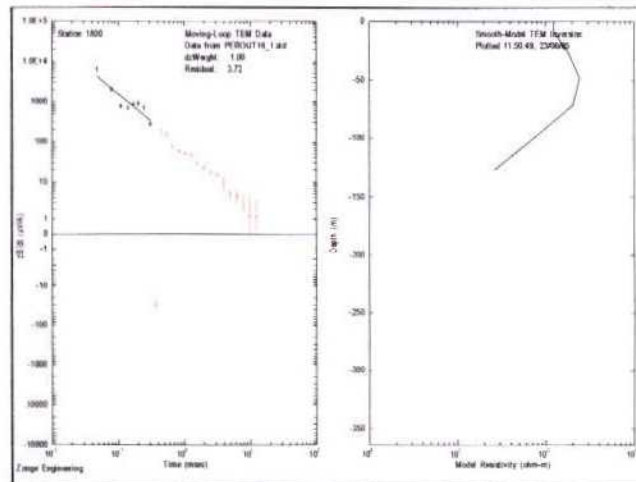
**Estación 1800:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 125  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 481015  
Coordenada Y del centro: 4612340



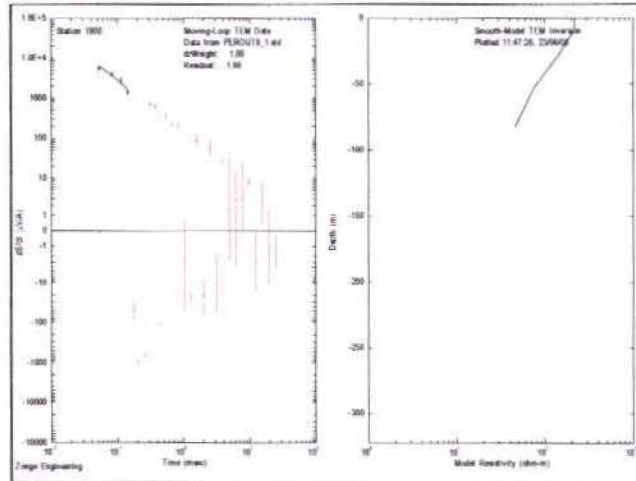
**Estación 1800:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.1  
Rampa de caída: 125  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



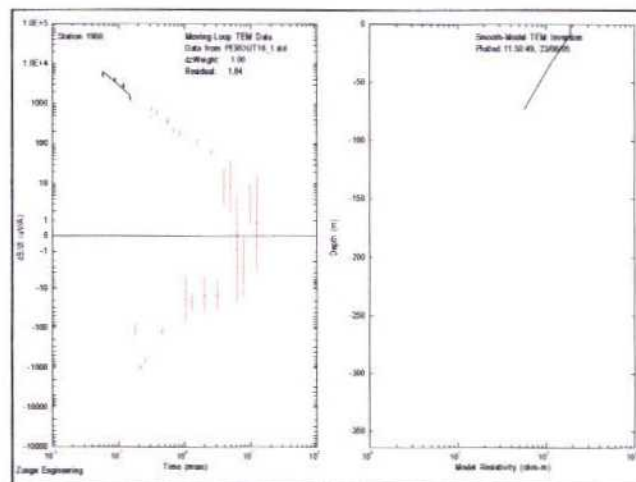
### Estación 1900:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.7  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480980  
Coordenada Y del centro: 4612405



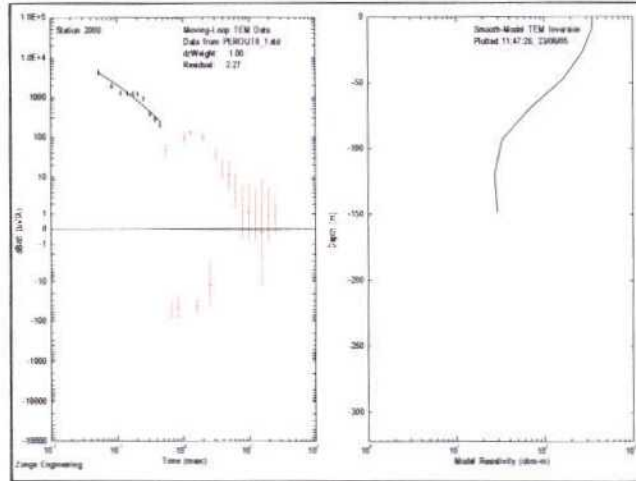
### Estación 1900:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.4  
Rampa de caída: 115  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



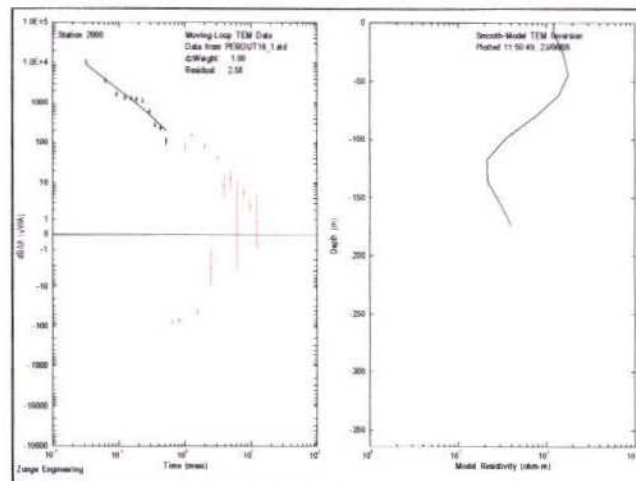
**Estación 2000:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 13  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480940  
Coordenada Y del centro: 4612460



**Estación 2000:**

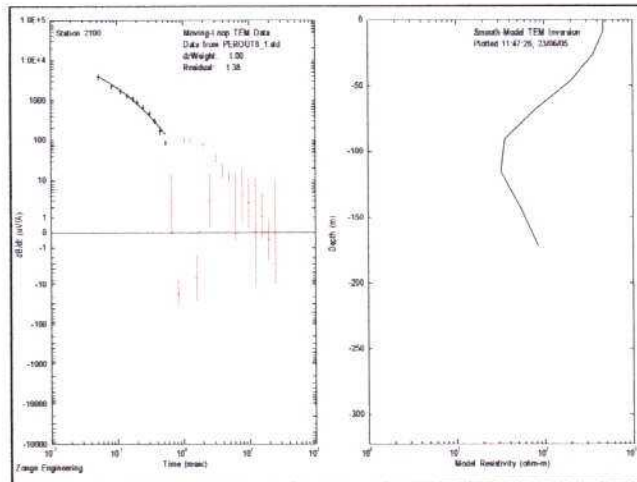
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11  
Rampa de caída: 110  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





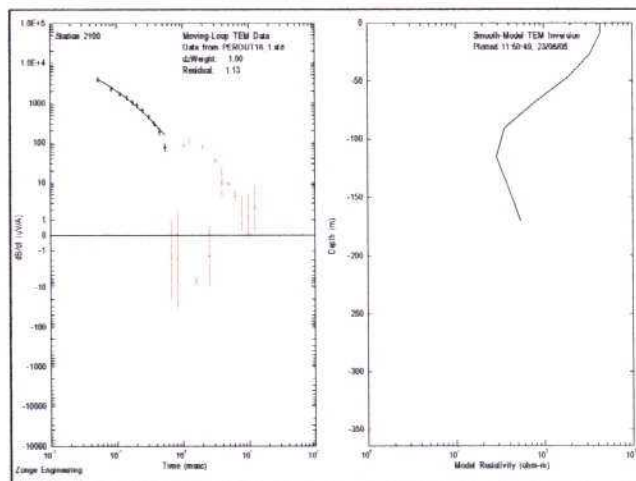
### Estación 2100:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480890  
Coordenada Y del centro: 4612510



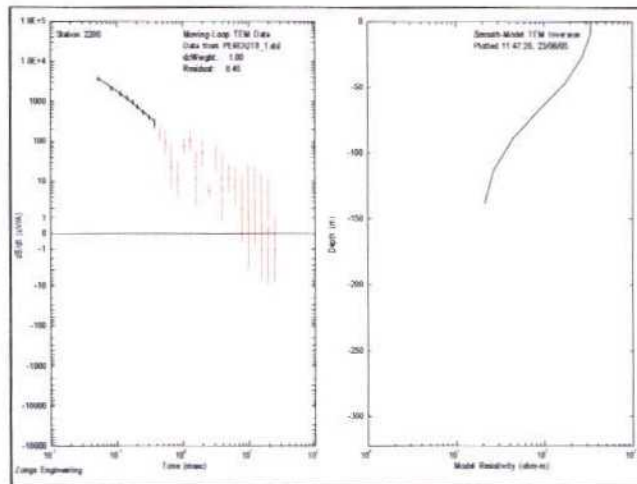
### Estación 2100:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.1  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



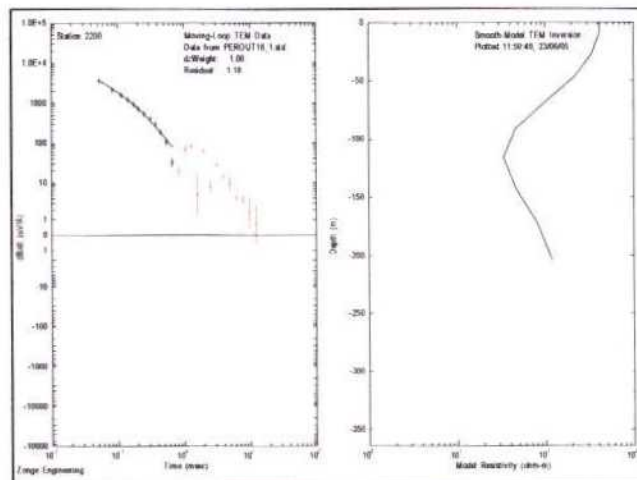
### Estación 2200:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480860  
Coordenada Y del centro: 4612565



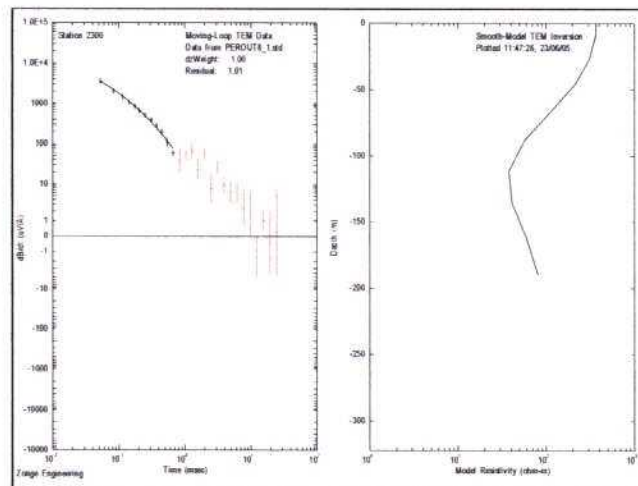
### Estación 2200:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



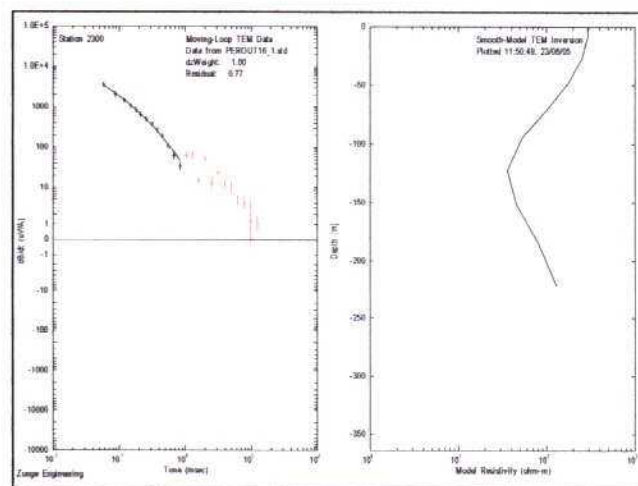
### Estación 2300:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.7  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480830  
Coordenada Y del centro: 4612630



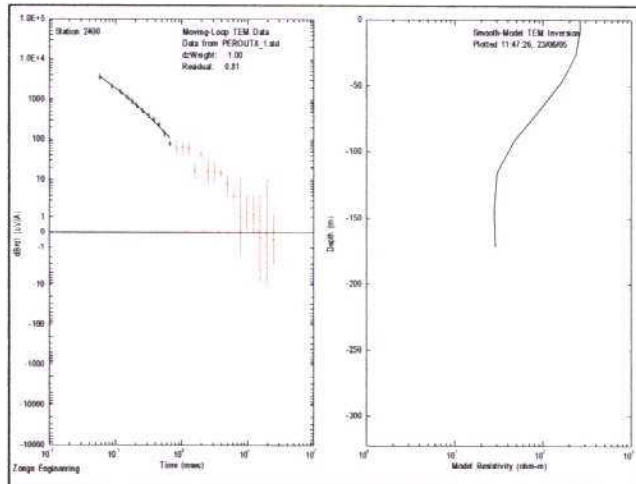
### Estación 2300:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11.7  
Rampa de caída: 115  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



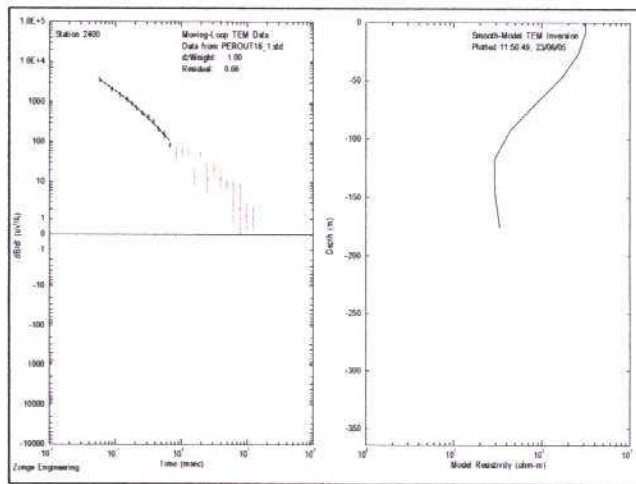
### Estación 2400:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11  
Rampa de caída: 115  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480785  
Coordenada Y del centro: 4612690



### Estación 2400:

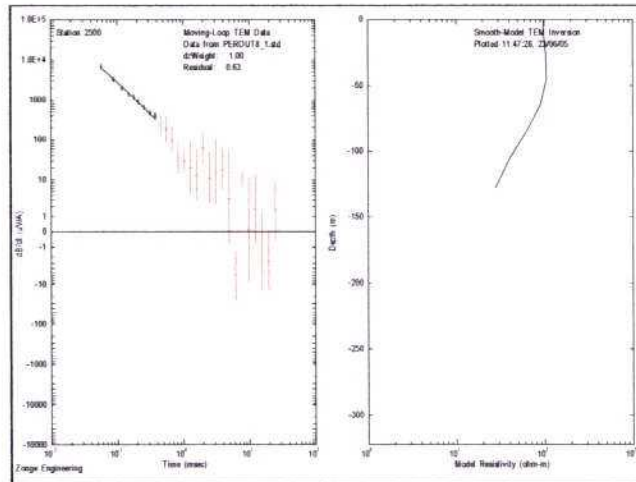
Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11  
Rampa de caída: 115  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.





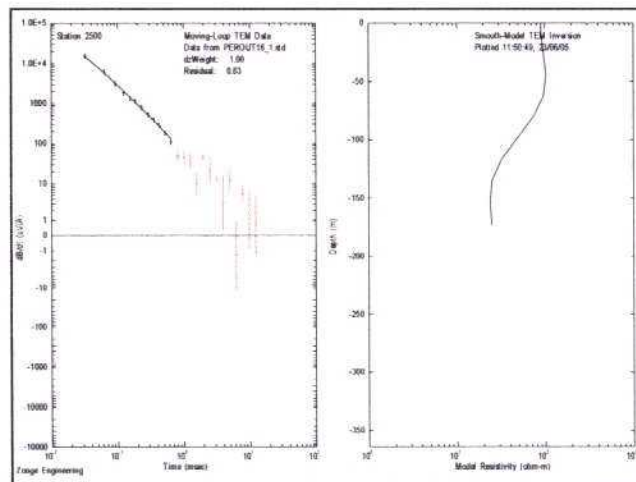
### Estación 2500:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11  
Rampa de caída: 115  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480750  
Coordenada Y del centro: 4612735



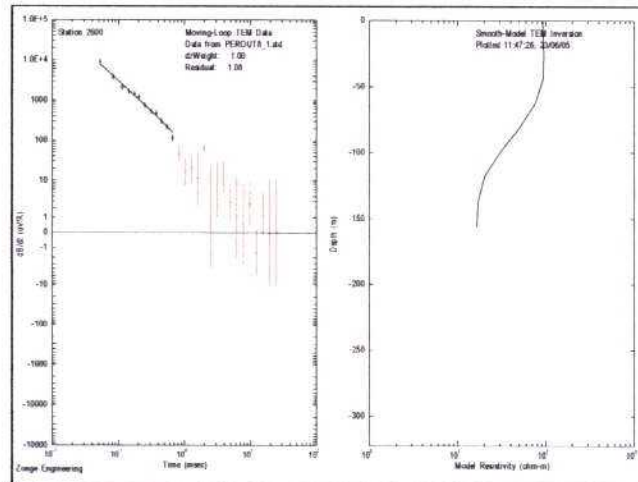
### Estación 2500:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 11  
Rampa de caída: 110  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 031o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



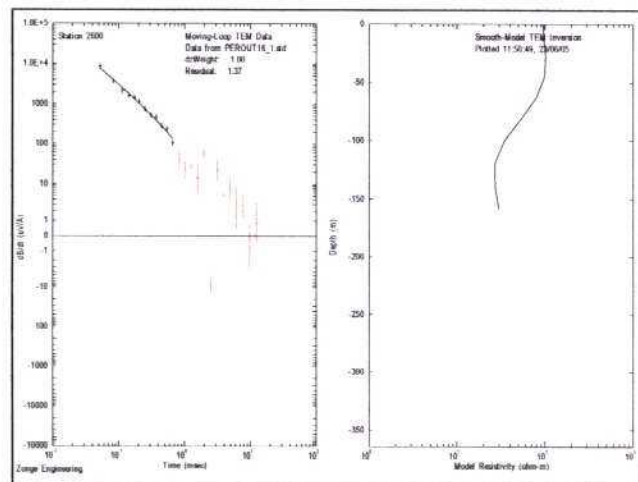
### Estación 2600:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480695  
Coordenada Y del centro: 4612785



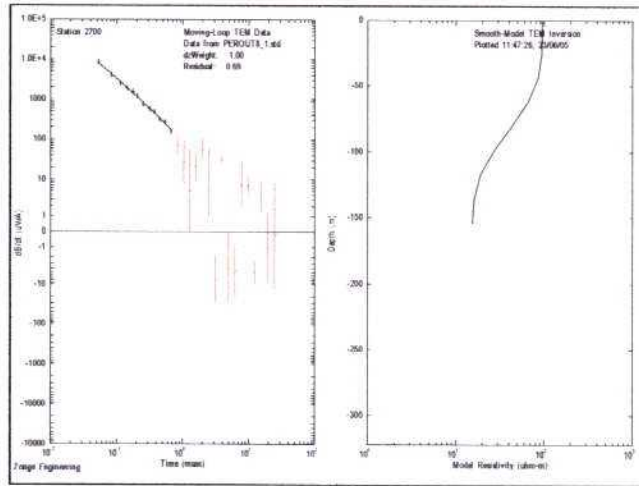
### Estación 2600:

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



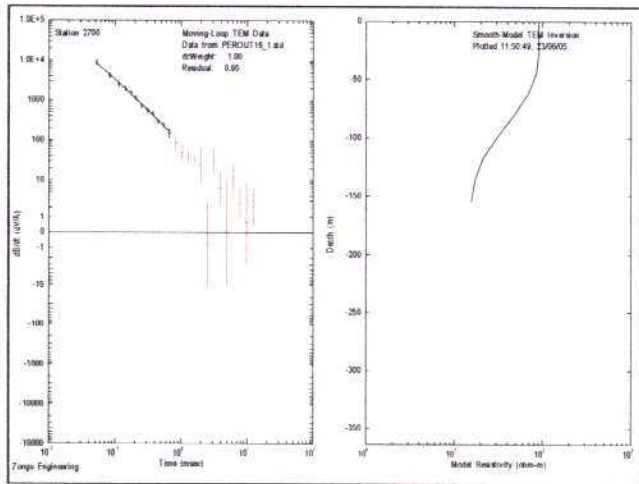
**Estación 2700:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 8Hz  
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)  
Coordenada X del centro: 480650  
Coordenada Y del centro: 4611830



**Estación 2700:**

Dimensiones del bucle: 70mx70m  
Vueltas del cable: 1  
Intensidad de corriente: 12.2  
Rampa de caída: 120  
Frecuencia de emisión: 16Hz  
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)  
Las mismas coordenadas que con 8Hz.



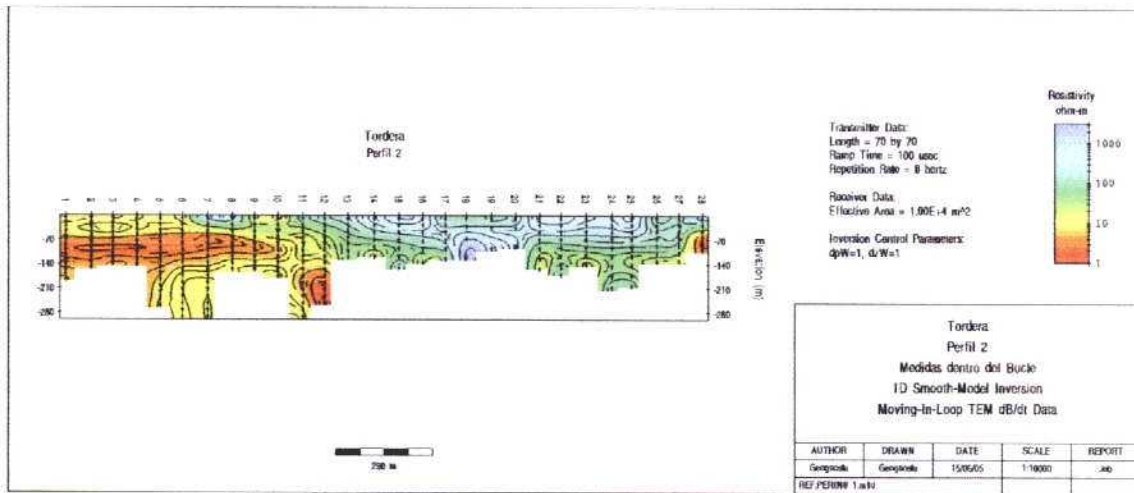
# 7. CONCLUSIONES

## Perfil PS-4:

Como conclusión del perfil PS-4 se presentan los siguientes modelos:

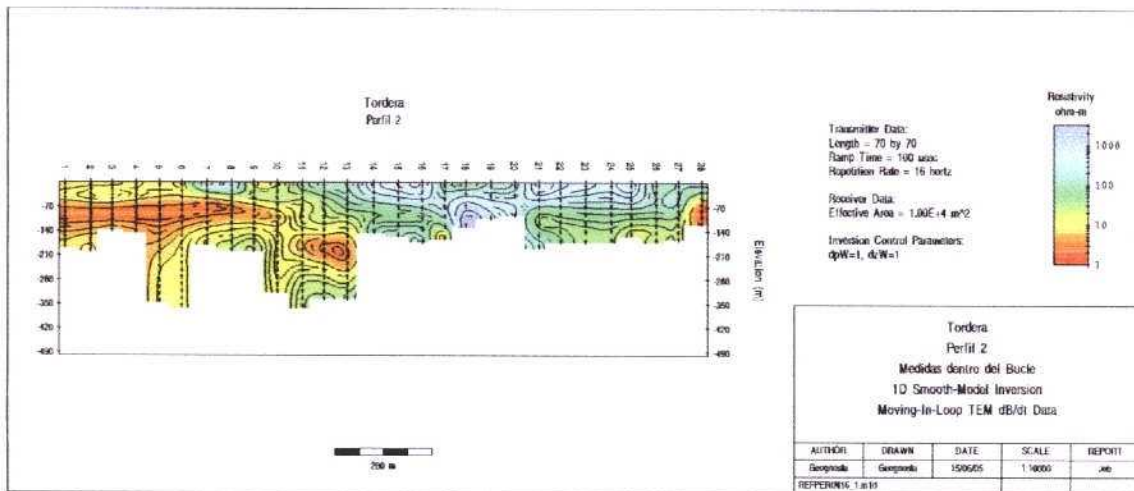
Calculado con las medidas tomadas en el centro del bucle, y con los siguientes pesos como parámetros:

Frecuencia: 8Hz  
 Peso del modelo inicial 1  
 Peso del suavizado 1



Calculado con las medidas tomadas en el centro del bucle, y con los siguientes pesos como parámetros:

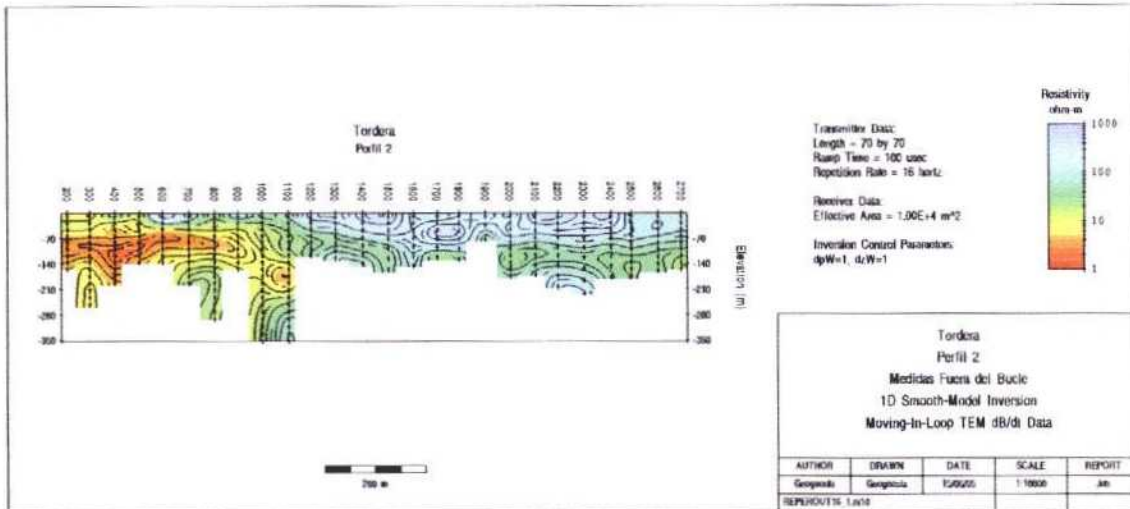
Frecuencia: 16Hz  
 Peso del modelo inicial 1  
 Peso del suavizado 1





Calculado con las medidas tomadas fuera del bucle y con los siguientes pesos como parámetros:

Frecuencia: 16Hz  
 Peso del modelo inicial 1  
 Peso del suavizado 1



Vemos que básicamente todos los modelos aportan la misma información, las medidas fuera del bucle son muy similares a las tomadas dentro, esto implica una geología muy horizontal, y por supuesto verifica la información tomada en el centro de cada bucle emisor.

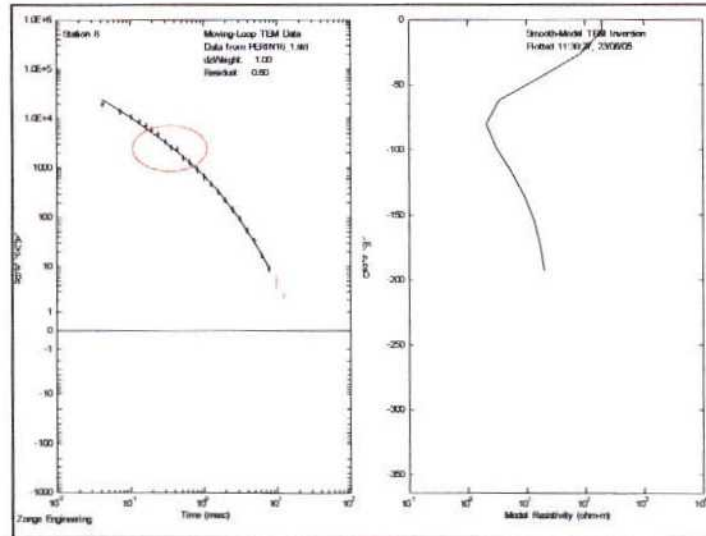
La profundidad de investigación varía mucho de unas estaciones a otras, llegando casi todo el estudio hasta 150 metros de profundidad. Esta variación es debida a la diferencia de materiales de unas estaciones a otras y por supuesto al ruido externo.

Según información recogida in situ, hay dos líneas eléctricas paralelas a todo el perfil, y que cruzan el perfil en las estaciones 7 (700) y 8 (800) y la 19 (1900). En las estaciones 12 (1200) y 13 (1300) hay varios transformadores de corriente y al final del perfil (estación 28) hay un puente con una vía del tren y cerca hay una desaladora.



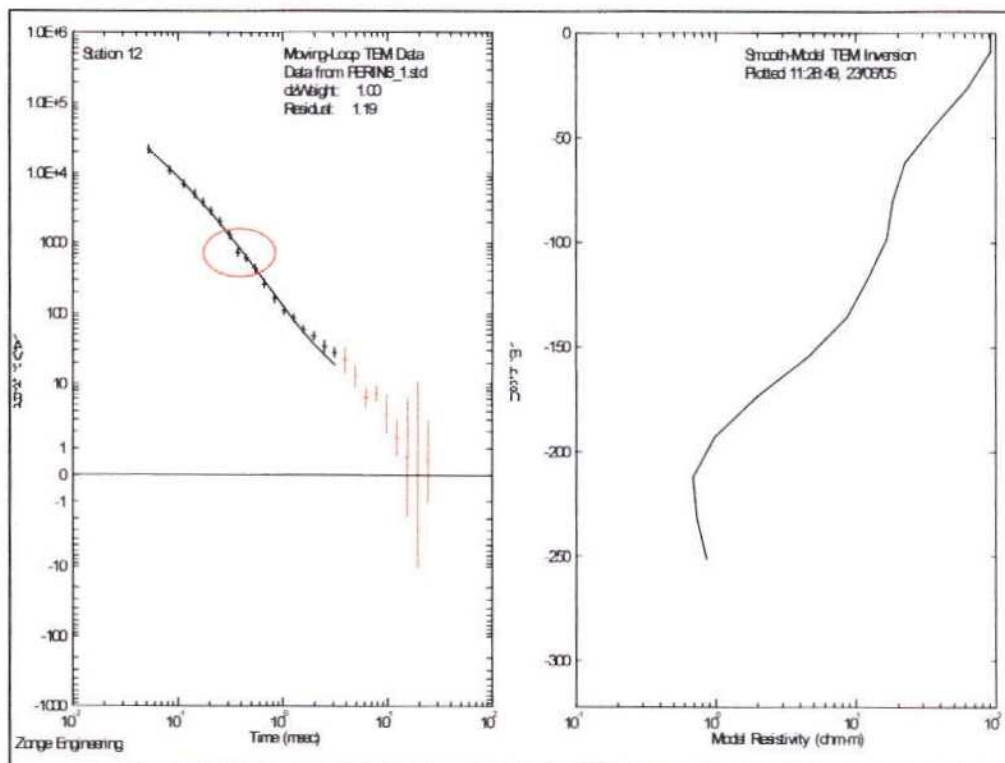
Esta información se confirma en los datos en casi todos los casos, según vemos en las siguientes curvas de caída:

Estación 8:



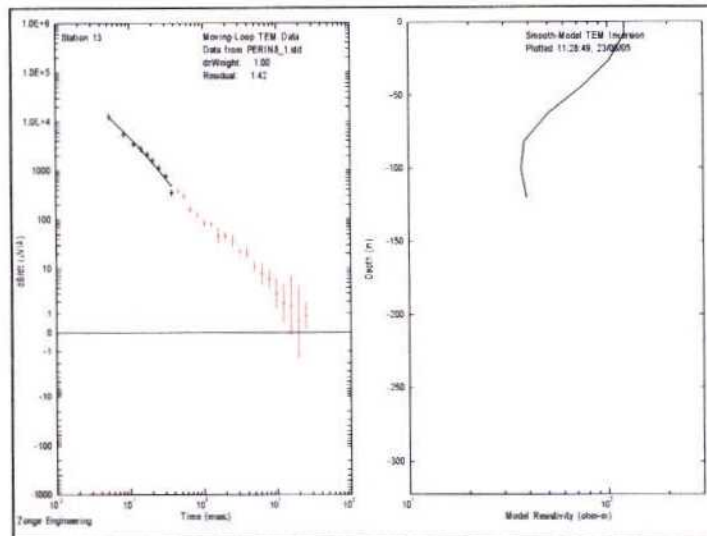
La parte de la curva señalada en rojo con una elipse esta causada posiblemente por ruido externo, aunque en este caso la afección que tiene la línea eléctrica es muy baja no es igual en el resto de estaciones.

Estación 12:



Vemos el mismo tipo de señal que veíamos en la estación 8.

### Estación 13:



En este caso la afección es mucho más grande, solo nos permite ver con calidad las primeras 9 ventanas.

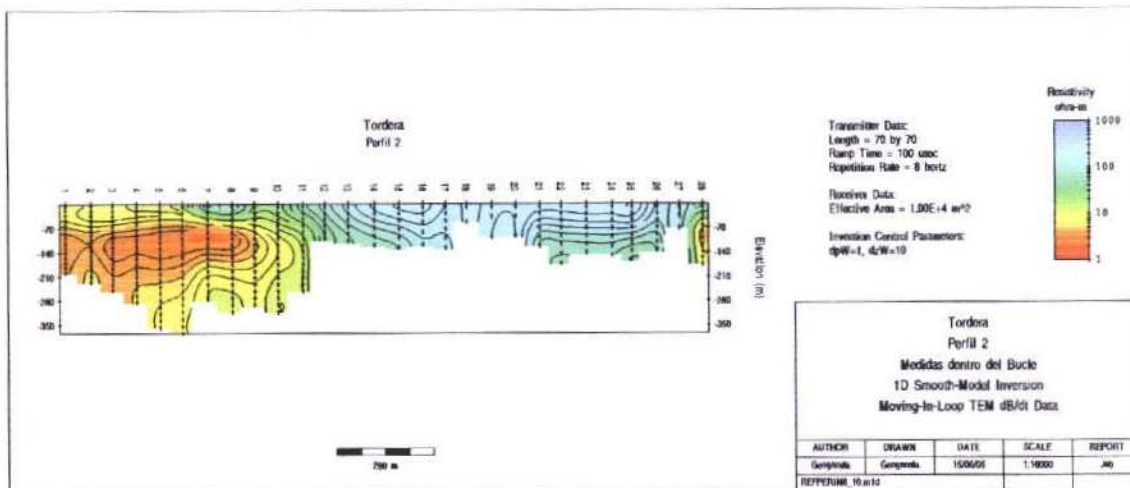
Fuera del bucle en estos casos tenemos la misma información.

A partir de la estación 12 tenemos medidas mucho menos limpias que al principio del perfil, si bien es verdad que hay más estructuras causantes de ruido, también es cierto que estas estructuras afectan en mayor medida que al principio del perfil. Hemos visto que aunque en las estaciones 7 y 8 cruza una línea eléctrica los datos son bastante limpios.

La distinta afección de los datos al ruido externo dependen de muchos factores, entre ellos los parámetros de medida, pero como los parámetros de medida son los mismos para todo el perfil, la diferencia de afección debe ser por la diferencia de materiales sobre los que se toman las distintas medidas.

Aunque los modelos presentados en este último apartado son los más fiables después de haber sido sometidos a varios criterios de calidad (limpieza de los datos, retirada de las ventanas con ruido...) presentamos a continuación el modelo generado con los datos tomados dentro del bucle y con frecuencia de emisión 8Hz, usando como parámetro del peso de suavizado 10, para subrayar el cambio lateral existente entre las estaciones 11 y 12. Este cambio lateral es claro en todos los modelos, pero se visualiza con mayor claridad usando altos pesos en el suavizado, ya que al suavizar mucho el modelo perdemos información de capas pequeñas pero enfatizamos cambios importantes:





Si ahora volvemos a la información obtenida en los modelos con pesos de suavizado menores, vemos que por debajo de los 100 metros y a partir de la estación 12 encontramos una capa más conductora que la capa superficial, excepto en las estaciones 18, 19 y 20 (estaciones que tiene mucho ruido y que solo se han utilizado las primeras 3 o 4 ventanas, por lo tanto no son representativas). En la estación 28 encontramos un conductor más potente a unos 50 metros de la superficie, esta estación es limpia en apariencia, pero se encuentra cerca de muchas estructuras causantes de ruido, por lo que aunque la información medida parece no estar afectada por el ruido, hay que tratarla con cautela debido a su posición.

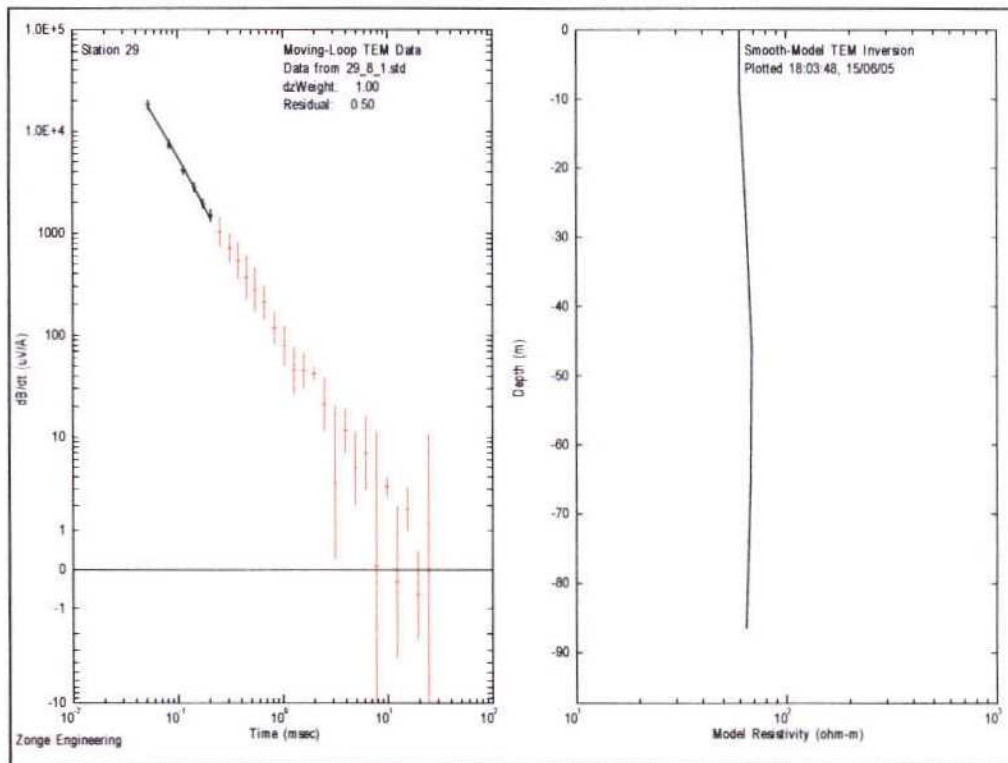
En resumen y como conclusión final después del análisis completo de toda la información obtenida sobre el perfil PS4 y habiendo tomado medidas a dos frecuencias distintas y dentro y fuera del bucle, y siendo todas las medidas similares para cada estación cabe señalar lo siguiente:

- Hay un cambio lateral importante entre las estaciones 11, 12 y 13, que separa dos zonas distintas, una más conductora cerca del mar de otra más resistiva, esto podría encajar con la interpretación de una intrusión salina.
- Por debajo de la zona más resistiva (de unos 100 Ohm-m) a partir de la estación 12 o 13, encontramos de nuevo una zona más conductora, excepto en las estaciones 18, 19 y 20, que como hemos dicho anteriormente tienen mucho ruido y no deben tenerse en cuenta a la hora de una interpretación como esta.
- La estación 28 tiene un conductor importante a unos 50 metros, es un conductor aislado, que no tiene continuidad en las estaciones anteriores y que por falta de datos no sabemos si la tiene en estaciones siguientes, aunque debemos interpretar esta estación con precaución por los motivos expuestos anteriormente.

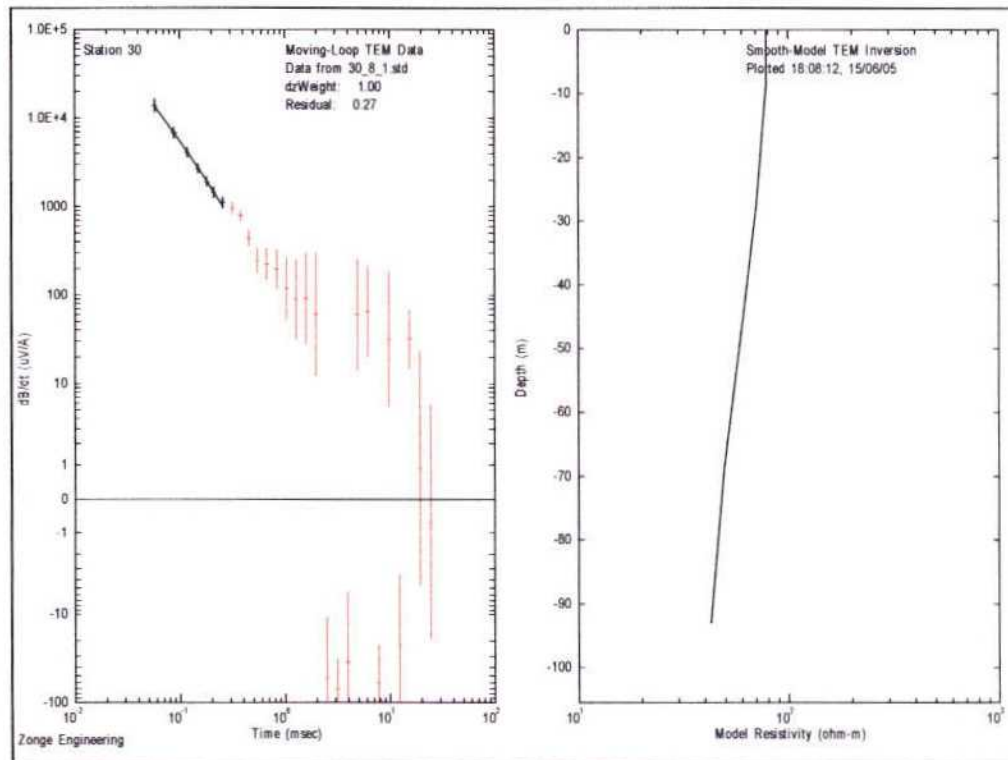
Se han medido también dos estaciones sueltas, por encima del primer puente que cruza el Río Tordera desde el mar: las estaciones 29 y 30. Ambas estaciones se han medido a dos frecuencias como el resto del estudio.



Estación 29:



Estación 30:



En ambos casos la información aportada es insuficiente para hacer una interpretación muy detallada, ya que se han podido utilizar solo las 6 o 7 primeras ventanas respectivamente, no se tomaron medidas fuera ya que cuando en el centro

del bucle tenemos mucho ruido, fuera donde la señal emitida es menos el ruido es más importante.

Simplemente destacar que las resistividades, en ambos casos, de los primeros 90 metros tienen poca variación y son de alrededor de 60 Ohm-m, también en ambos casos parece ser que con la profundidad la resistividad disminuye, teniendo la misma tendencia que a partir de la estación 12 en el perfil PS4.

## **APÉNDICE A**

### **BREVE EXPLICACIÓN DEL MÉTODO.**

El SEDT (Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempo) es un método electromagnético en el dominio de tiempos. El equipo necesario consiste en un transmisor que inyecta corriente en un bucle 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.

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 llana con 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 utilizará un bucle como transmisor de 70x70 metros. Las medidas se pueden hacer dentro y fuera del bucle. Tomarlas fuera y dentro aporta información sobre la posición relativa de las estructuras sujetas a estudio respecto al bucle.

## APÉNDICE B

### ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS. ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION

#### RECEPTOR MULTIFUNCIÓN GDP-32<sup>II</sup>.

El ZONGE GDP-32<sup>II</sup> 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 15. 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  $0.03 \text{ mrad/hr}$  de deriva de fase en  $1 \text{ Hz}$ ). 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-32<sup>II</sup> 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-32<sup>II</sup> 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 puede visualizarse gráficamente. Así mismo se puede mostrar la barra de error para un conjunto de medidas repetidas.

Otras características del GDP-32<sup>II</sup> 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.

### 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.

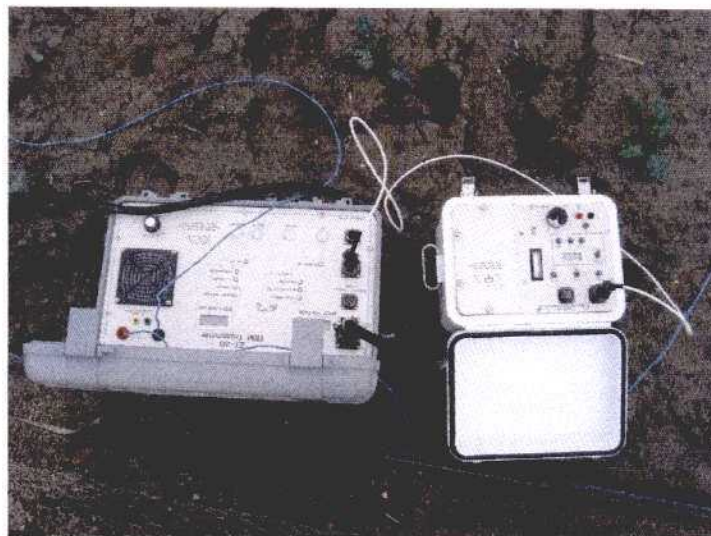


Figura 16. Transmisor ZT30 y controlados de corriente XMT.

### 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. Algunas características de la antena TEM-3 son:

$F_0 > 20$  kHz

dB/dt respuesta  $A_e = 10.000$  m<sup>2</sup>.



**Figura 17. Antena TEM-3 de Zonge.**

## 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.

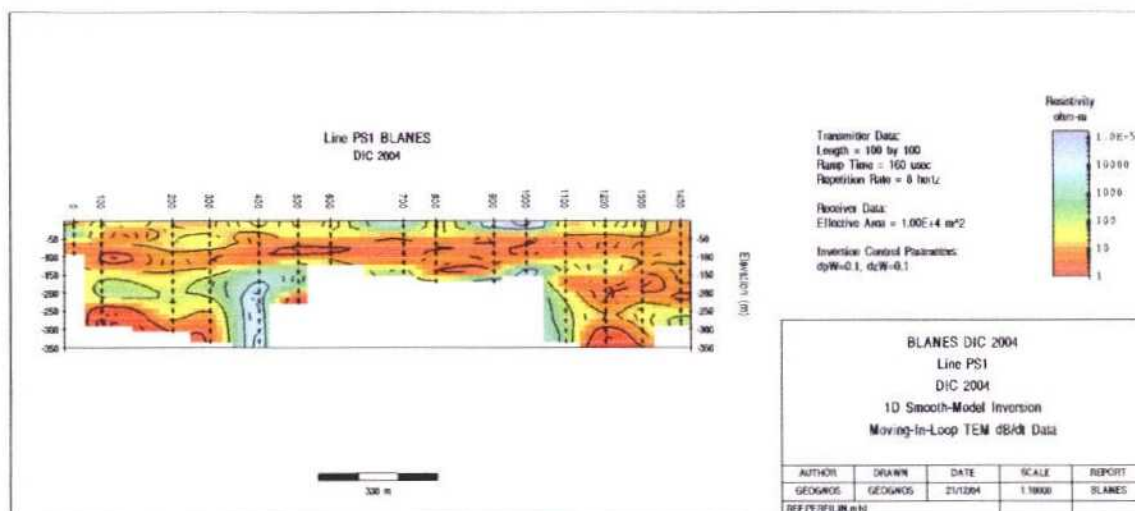
El peso del modelo inicial puede variar entre 0.001 y 100, siendo los valores más altos los que calculan modelos más parecidos al modelo inicial y los más bajos al contrario.

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.

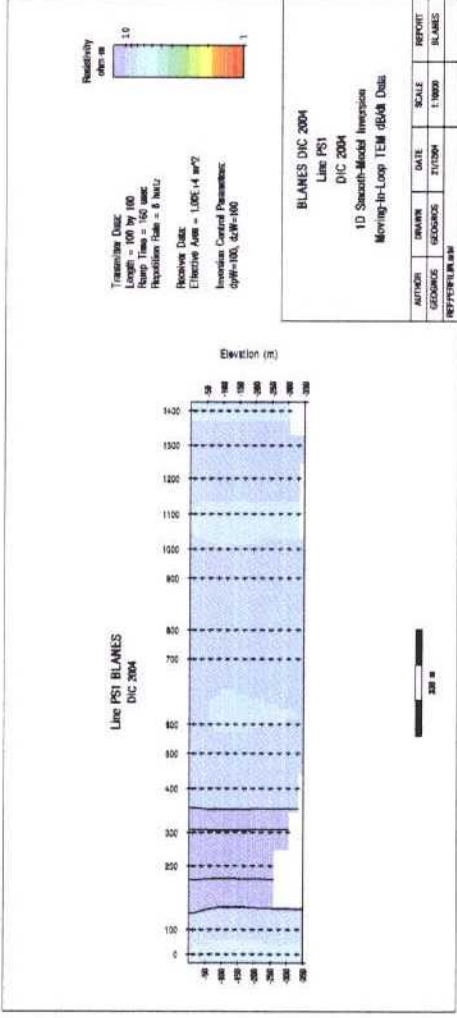
Como ejemplo:

Peso del modelo inicial      0.1  
 Peso del suavizado            0.1

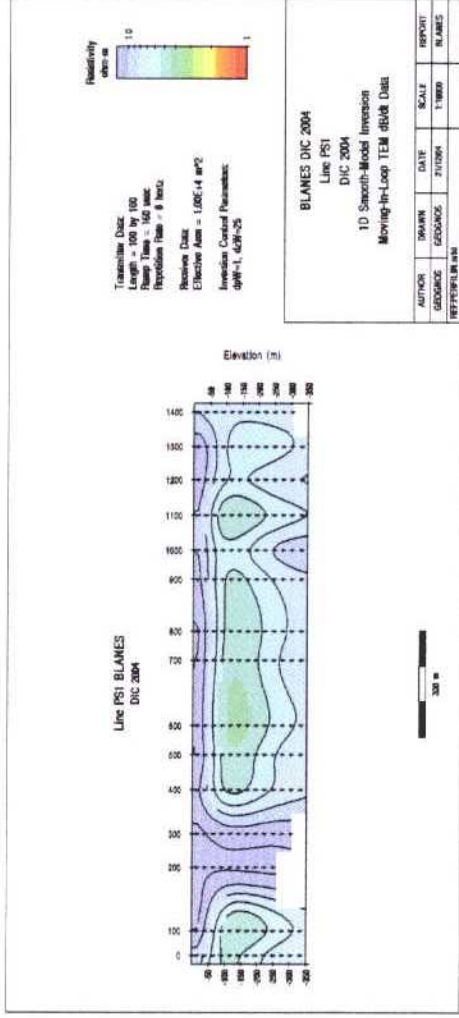




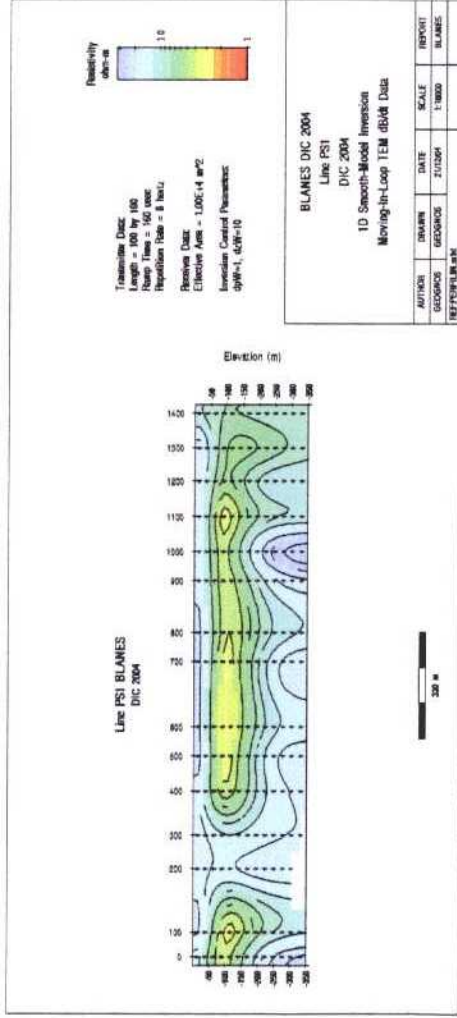
Peso del modelo inicial 100  
 Peso del suavizado 100



Peso del modelo inicial 1  
 Peso del suavizado 25

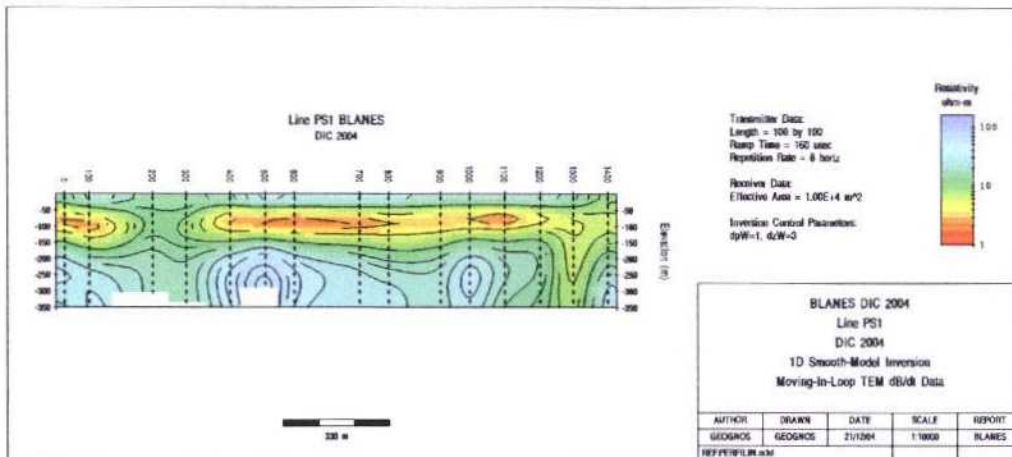


Peso del modelo inicial 1  
 Peso del suavizado 10





Peso del modelo inicial      1  
 Peso del suavizado            3



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. FORMATOS

Los datos de esta campaña se presentan en dos formatos distintos:

1. Formato con extensión txt. Son los datos directamente volcados del receptor.
2. Formato con extensión tem. Formato solicitado por el IGME.

### Datos del volcado del receptor:

Son los datos como se vuelcan del receptor directamente. Tiene tres tipos de cabeceros y sus datos correspondientes:

1. Cabecera y datos de sincronización:

0110

SYNC0537 2004-12-14 9:09:54 12.7v D-D 0.0% 0.0 DegC

OPER isla TX ID 1 A-SP 50 M

JOB lanes LINE 1 E SPREAD 25 MAV Enabled

1 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 737 Passed 1.00000

2 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 594 Passed 1.00000

3 NanoTEM A/D 16-bit S/N 13 Passed 1.00000

Front Panel S/N 39, Cal S/N 10, Temp 0.0, Humidity 0.0, EPROM  
030901BLD321

0111

SYNC0537 2004-12-14 9:28:03 12.7v D-D 0.0% 0.0 DegC

Tx 1 Rx 1 N 50, 5 ESys 1.000

1 Hz 8 Cyc Tx Curr 4.6

1 ON 1 1.2699 4.9 940.0 0100 0.76 0.00 0

2 ON 2 3.3819 10.01K 0000 0.01 6.59 0

El primer bloque es la cabecera y solo es información general del receptor.

El segundo bloque es la medida de sincronización. En este caso lo único importante es la diferencia de fase entre el receptor y el XMT (controlador de corriente del transmisor). Este datos se encuentra en la quinta fila y la quinta columna y las unidades son mrad (deben ser cercanas a 0).

2. Datos de calibración:

TEM 0618 2004-12-15 10:05:04 12.7v INL 58.2% 22.2 DegC

Tx 1400 Rx 1400 N OUT ICal 1.000

8 Hz 256 Cyc Tx Curr 6.2 244.1u 26u 30.52u

1 Hz 1400 0.9996 817.6u 0 0000 0.551u 0.00 0

Lo importante en este caso es comprobar que el valor de la columna 4 de la fila cuarta sea cercano a 1. Ya que lo que hace la calibración interna es introducir 1 Voltio y medir, si no hay problemas debe medir también 1V.

3. Cabecera y datos de medidas:

0277

TEM 0618 2004-12-15 10:36:50 12.6v INL 59.6% 21.1 DegC

OPER isla TX ID 1 A-SP 50 M

JOB lanes LINE 1 E SPREAD 25

50% RxM 10000 TxX 100 TxY 100 #T 1

Tx Delay 160 Antenna Delay 15 Alias IN

Robust None

1 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 737 Passed 1.00000

2 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 594 Passed 1.00000

3 NanoTEM A/D 16-bit S/N 13 Passed 1.00000

Front Panel S/N 39, Cal S/N 10, Temp 21.1, Humidity 59.6, EPROM

030901BLD321

**Nombre del campo Unidades Rango Tipo Anchura Final**

**Línea 1**

Número de bloque Varía del 0 al 9999

**Línea 2**

Tipo de campaña – ej.: "TEM "

Número de versión: Varía del 0 al 9999

Rechazar el bloque: x o espacio

Fecha dd mmm yy

Tiempo hh:mm:ss

Voltaje Varía de 0 a 99.9

Configuración ej.: "INL" (in loop/ dentro del bucle)

**Línea 3**

Operador ej.: "Emilio"

Identificación del transmisor ej.: "UNO"

Espacio entre dipolos No se usa en SEDT

**Línea 4**

Identificación de trabajo ej.: "Blan"

Línea ej.: "1+00"

Dirección de la línea ej.: "N"

Identificación de la línea ej.: "A"

**Línea 5**

Duty Cycle % 50 or 100%

Área de la antena receptora Medida en m2 varía entre 1 y 999999

Longitud del bucle transmisor (X) Medida en m varía entre 1 y 9999

Longitud del bucle transmisor (Y) Medida en m varía entre 1 y 9999

Número de vueltas del bucle Varía entre 1 y 99

Referencia de la antena Varía entre .001 y 9.999

**Línea 6**

Tiempo de caída Medido en  $\mu$ s y varía entre 1 y 9999

Retraso de la antena Medido en  $\mu$ s y varía entre 1 y 9999

Filtro alias ej.: "OUT"

**Línea 7+**

Información de las tarjetas internas del receptor de los canales instalados. Una línea por canal.

0278

TEM 0618 2004-12-15 10:38:55 12.6v INL 59.6% 21.1 DegC

Tx 0.00000 Rx 0.00000 N OUT

8 Hz 64 Cyc Tx Curr 6.2 244.1u 26u 30.52u

1 Hz 0.000 1.8355m 817.6u 12.71 0300 2.342u 0.55 0

Wn Mag 1 Rho 1

43.14u 37.120m 230.66

73.66u 23.016m 130.06

104.2u 16.470m 91.224

134.7u 12.781m 70.398

165.2u 10.395m 57.485

195.7u 8.7489m 48.617

240.9u 7.0826m 39.592

302.1u 5.5856m 31.810

363.2u 4.6034m 26.619

438.7u 3.7164m 22.413

530.5u 3.0273m 18.723

650.4u 2.3922m 15.595

817.6u 1.8355m 12.709

1.015m 1.4101m 10.559

1.258m 1.0795m 8.8322

1.561m 801.39u 7.5123

1.954m 570.53u 6.4840

2.469m 388.01u 5.6764

3.107m 252.32u 5.1557

3.895m 157.32u 4.8466

4.881m 96.544u 4.6075

6.137m 53.352u 4.6720

7.730m 29.071u 4.7667

9.702m 13.762u 5.3735

12.19m 7.7523u 5.3882

15.34m 3.1980u 6.6263

19.30m 2.1866u 5.8236

24.28m -0.0415u 55.791

**Línea 1**

Número de bloque Varía del 0 al 9999

**Línea 2**

Tipo de campaña – ej.: "TEM "

Número de versión: Varía del 0 al 9999

Rechazar el bloque: x o espacio

Fecha dd mmm yy

Tiempo hh:mm:ss

Voltaje Varía de 0 a 99.9

Configuración ej.: "INL" (in loop/ dentro del bucle)

**Línea 3**

Operador ej.: "Emilio"

Identificación del transmisor ej.: "UNO"



Espacio entre dipolos No se usa en SEDT  
**Línea 4**  
 Frecuencia Medida en Hz ej.: " 1"  
 Ciclos de la medida Varían entre 1 y 16384  
 Intensidad de corriente Medida en Amperios Varía entre 0 y 99999  
 Retraso de muestreo Medido en sg  
 Retraso del filtro alias Medido en sg  
 Intervalo de muestreo Medido en sg

**Línea 5:**

Número de canal Varía entre el 1 y el 8  
 Rechazo de medidas X rechazada, espacio no rechazada  
 Tipo de canal ej.: "Hz" (Componente z del campo magnético)  
 Número de estación Varía entre 0 a +/- 99999  
 Tiempo de la ventana de referencia Medido en sg  
 Resistividad de la ventana de referencia Medido en ohm-m  
 Ganancias/Atenuación ej.: "0600"  
 Error cuadrático medio Medido en V/A  
 Potencial espontáneo Medido en mV  
 Resistencia de contacto Medida en ohm  
 Ganancia externa de la amplitud Varía entre 1 y 9

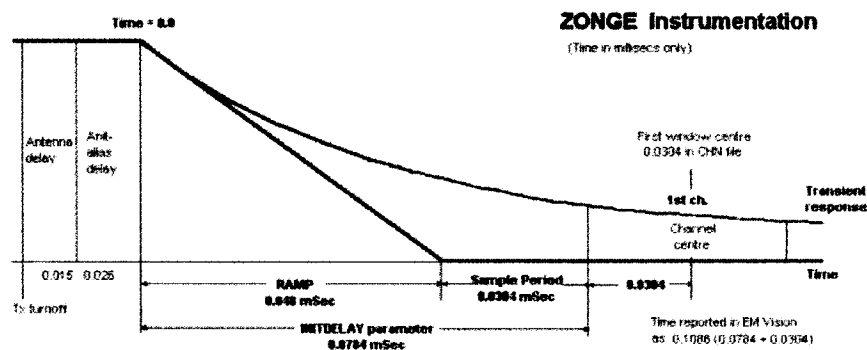
**Línea 6:**

Wn(Ventana de tiempos en sg) Mag 1 (dB/dt en V/A) Rho 1(Resistividad aparente calculada en ohm)

**Línea 7 y siguientes**

Datos  
 Tiempo en sg  
 Magnitud en V/A  
 Resistividad en ohm\*m

Nota: Las ventanas de tiempo en los ficheros de volcado de los equipos de Zonge están referenciadas desde el final de la rampa mas los retrasos de la antena y del filtro alias. La siguiente imagen representa los tiempos después de convertirlos a formatos compatibles con datos de otros fabricantes.



**APÉNDICE E. IMÁGENES A3**

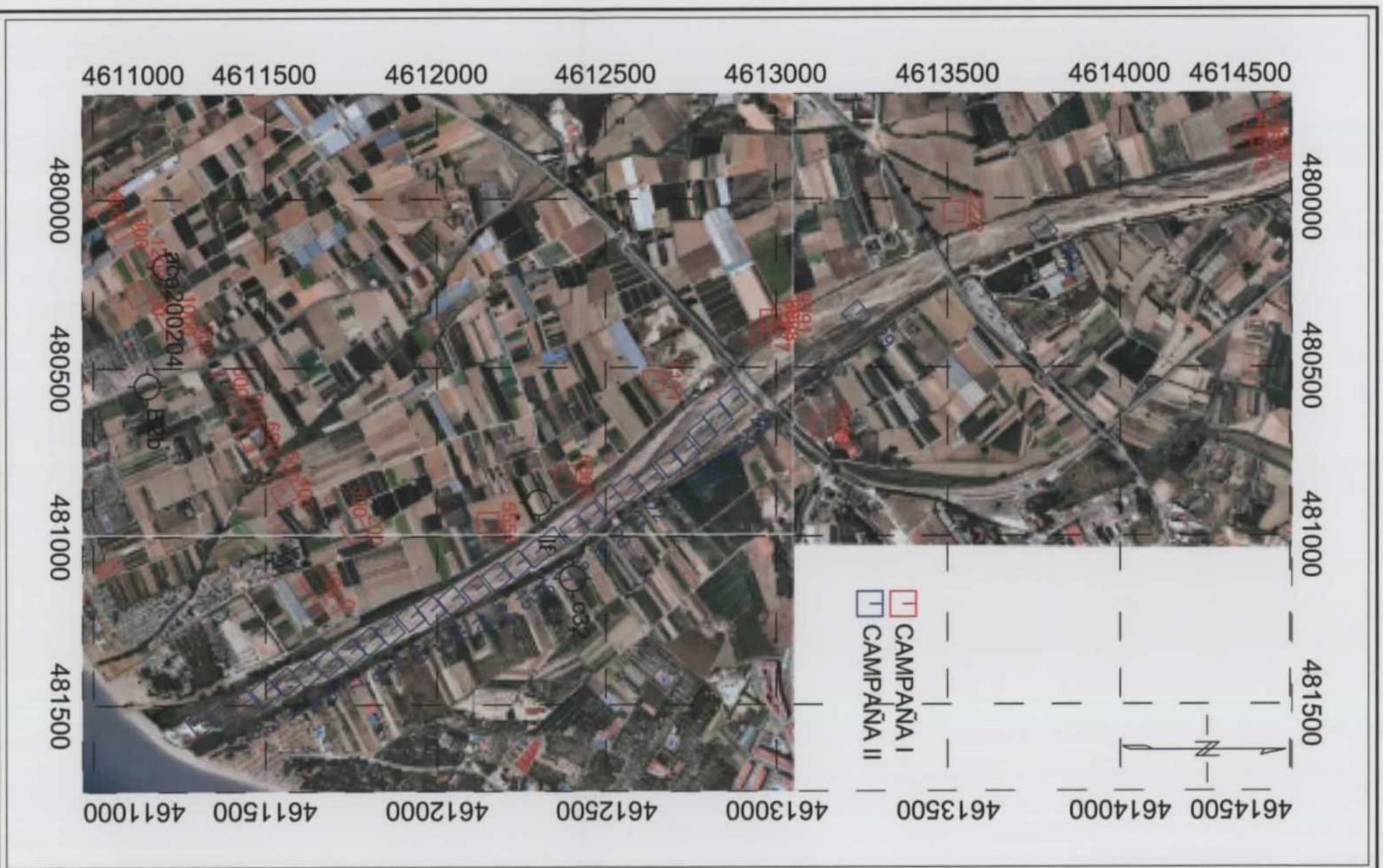


FIGURA 1.- LOCALIZACIÓN DE MEDIDAS  
DENTRO DEL BUCLE DE SEDT  
Y SONDEOS





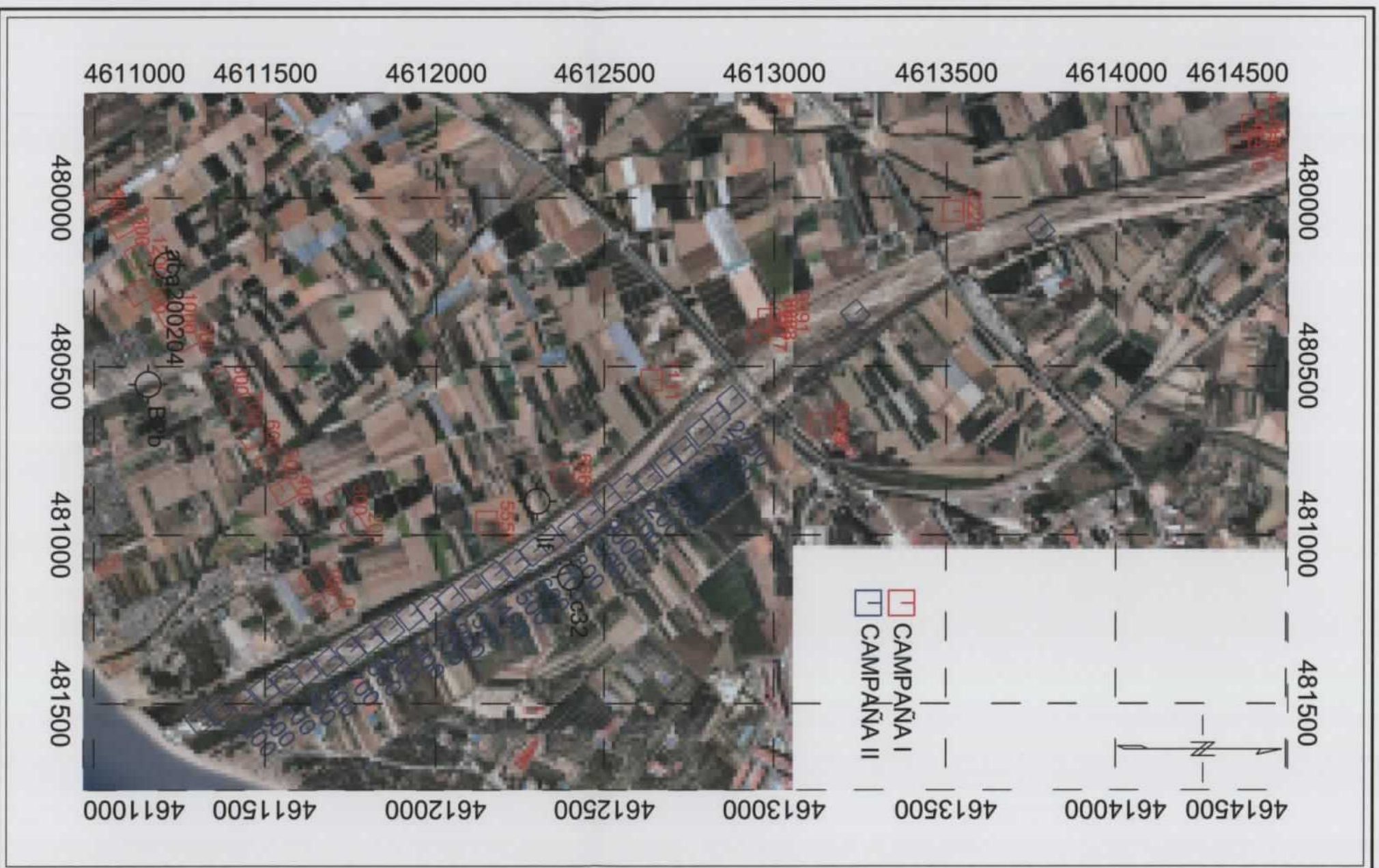


FIGURA 2.- LOCALIZACIÓN DE MEDIDAS  
FUERA DEL BUCLE DE SEDT  
Y SONDEOS





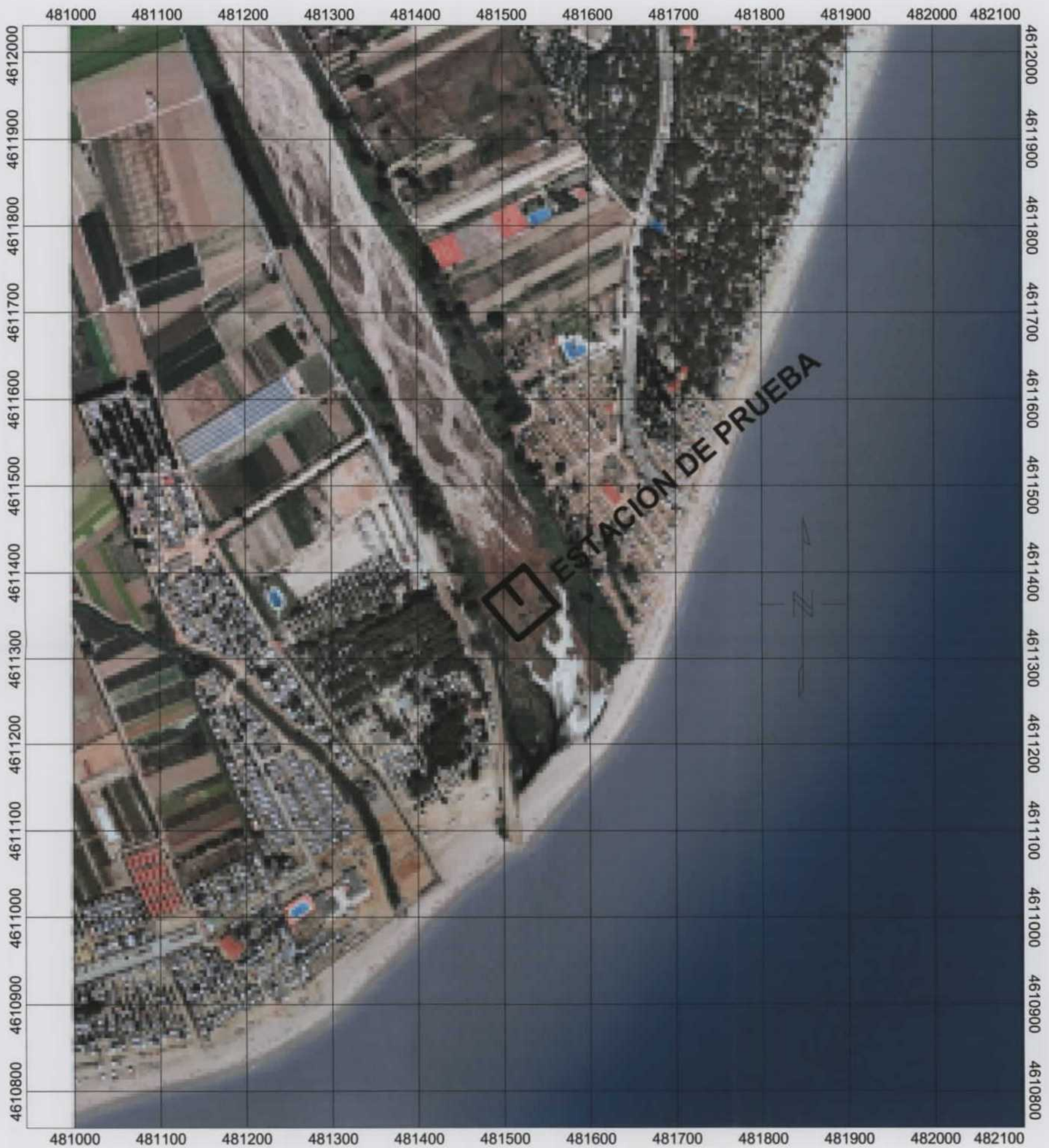
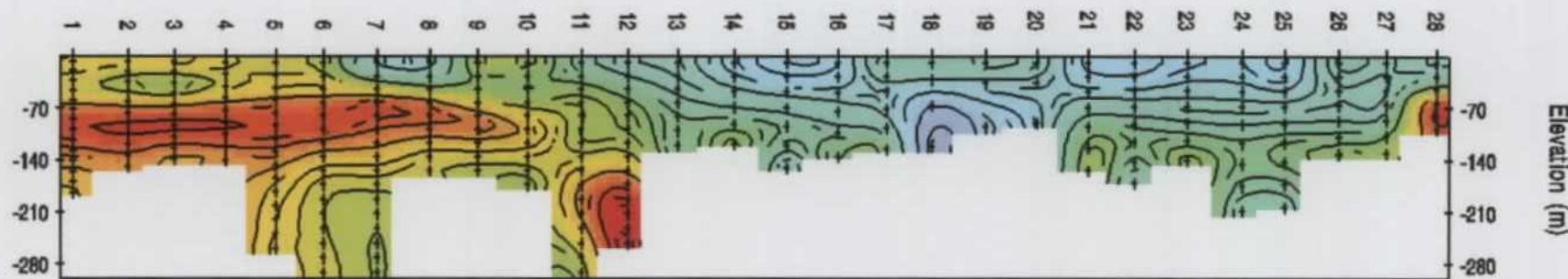


FIGURA 3.- LOCALIZACIÓN DE LA  
MEDIDA DE DETERMINACIÓN DE  
PARÁMETROS





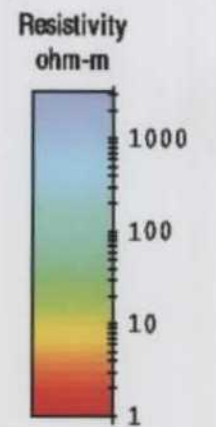
Tordera  
Perfil 2



Transmitter Data:  
Length = 70 by 70  
Ramp Time = 100 usec  
Repetition Rate = 8 hertz

Receiver Data:  
Effective Area = 1.00E+4 m<sup>2</sup>

Inversion Control Parameters:  
dpW=1, dzW=1



Tordera  
Perfil 2  
Medidas dentro del Bucle  
1D Smooth-Model Inversion  
Moving-In-Loop TEM dB/dt Data

AUTHOR	DRAWN	DATE	SCALE	REPORT
Geognosia	Geognosia	15/06/05	1:10000	Job
REF:PERIN8_1.m1d				

FIGURA 4.- MODELO PERFIL PS-4. MEDIDAS DENTRO DEL BUCLE.  
FRECUENCIA 16Hz



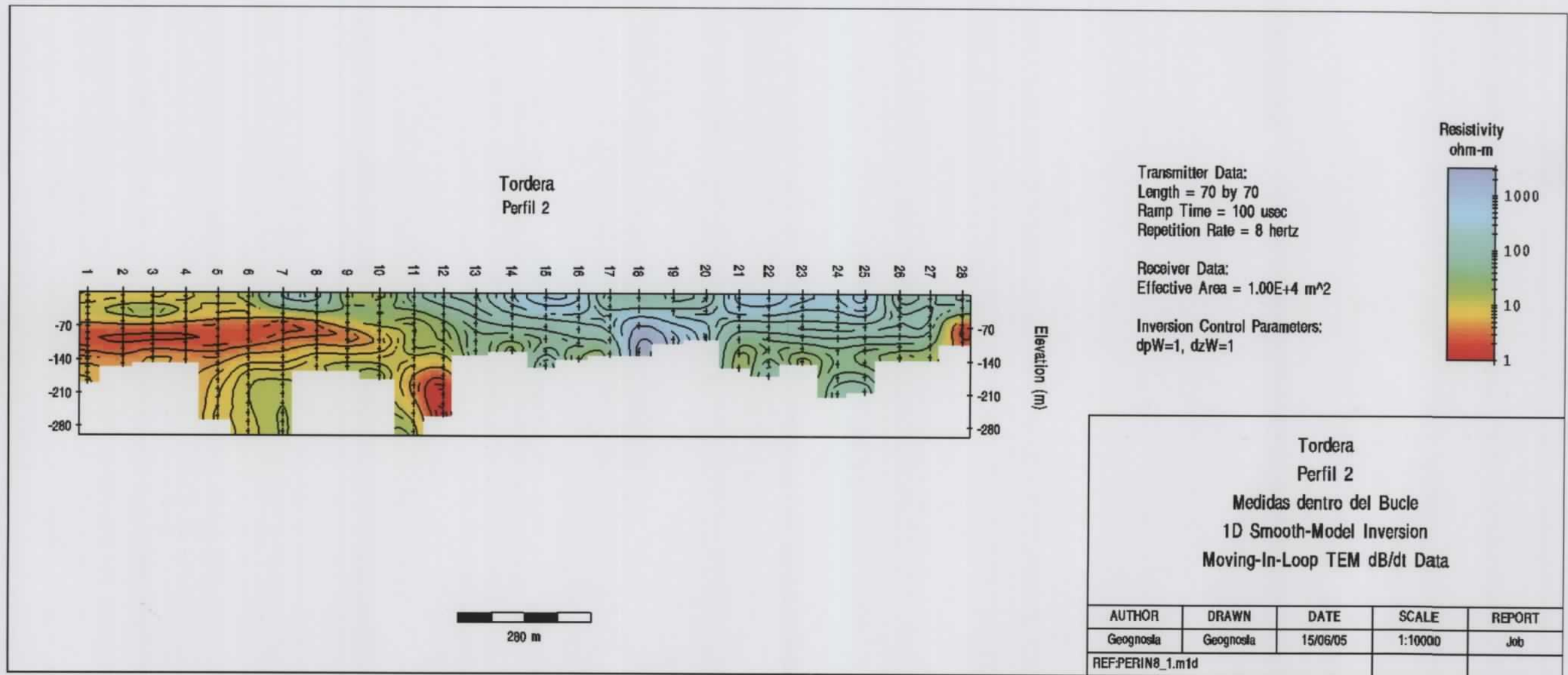
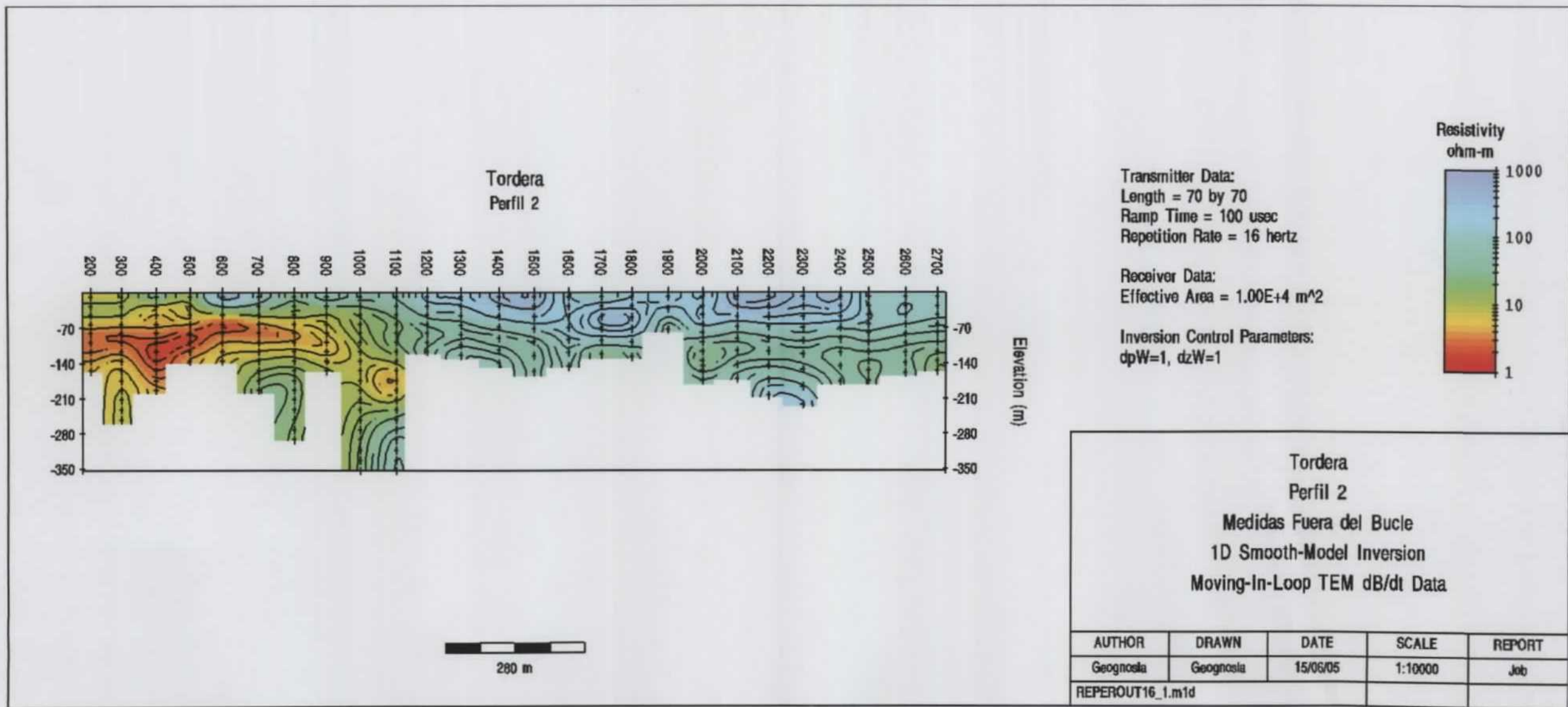


FIGURA 5.- MODELO PERFIL PS-4. MEDIDAS DENTRO DEL BUCLE.  
FRECUENCIA 8Hz

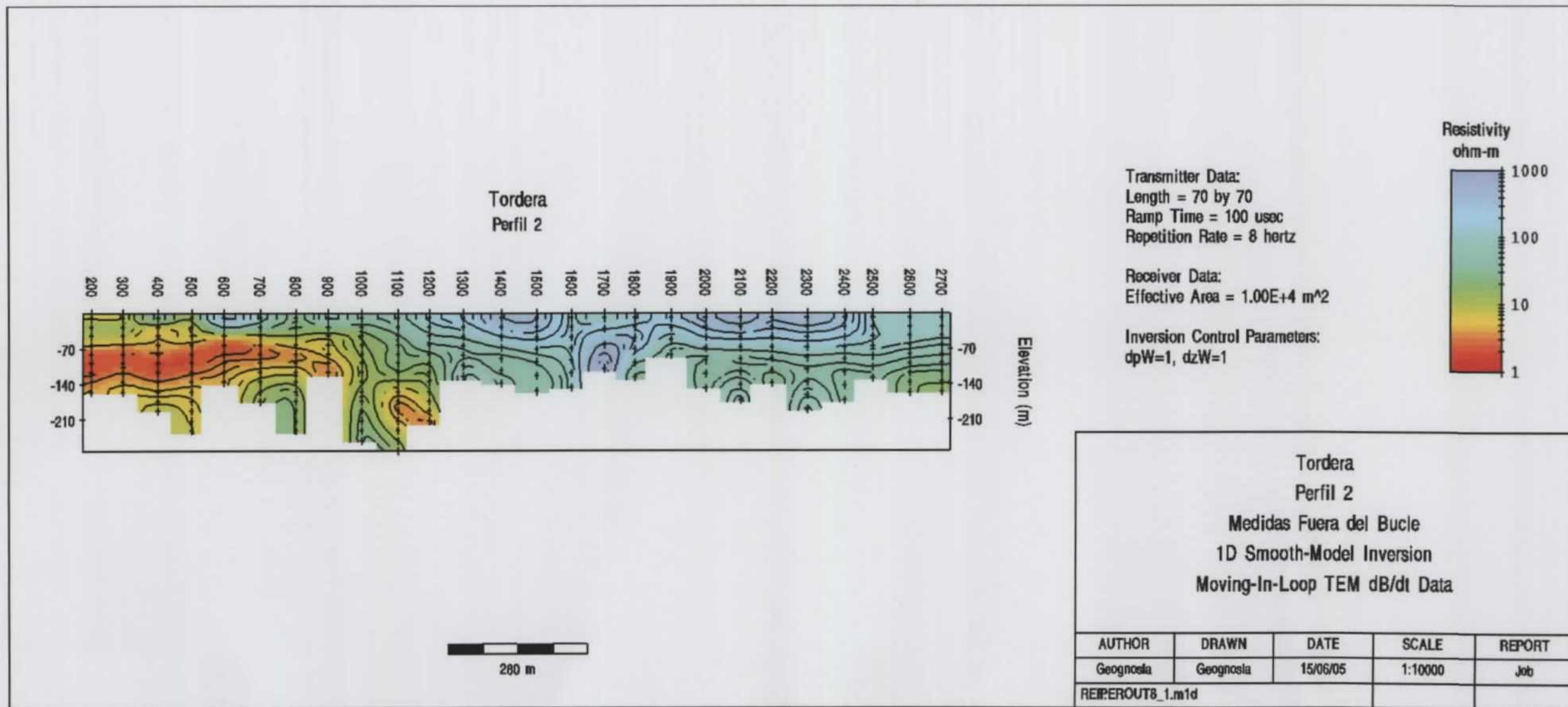




**FIGURA 6.- MODELO PERFIL PS-4. MEDIDAS FUERA DEL BUCLE.  
FRECUENCIA 16Hz**







**FIGURA 7.- MODELO PERFIL PS-4. MEDIDAS FUERA DEL BUCLE.  
FRECUENCIA 8Hz**

