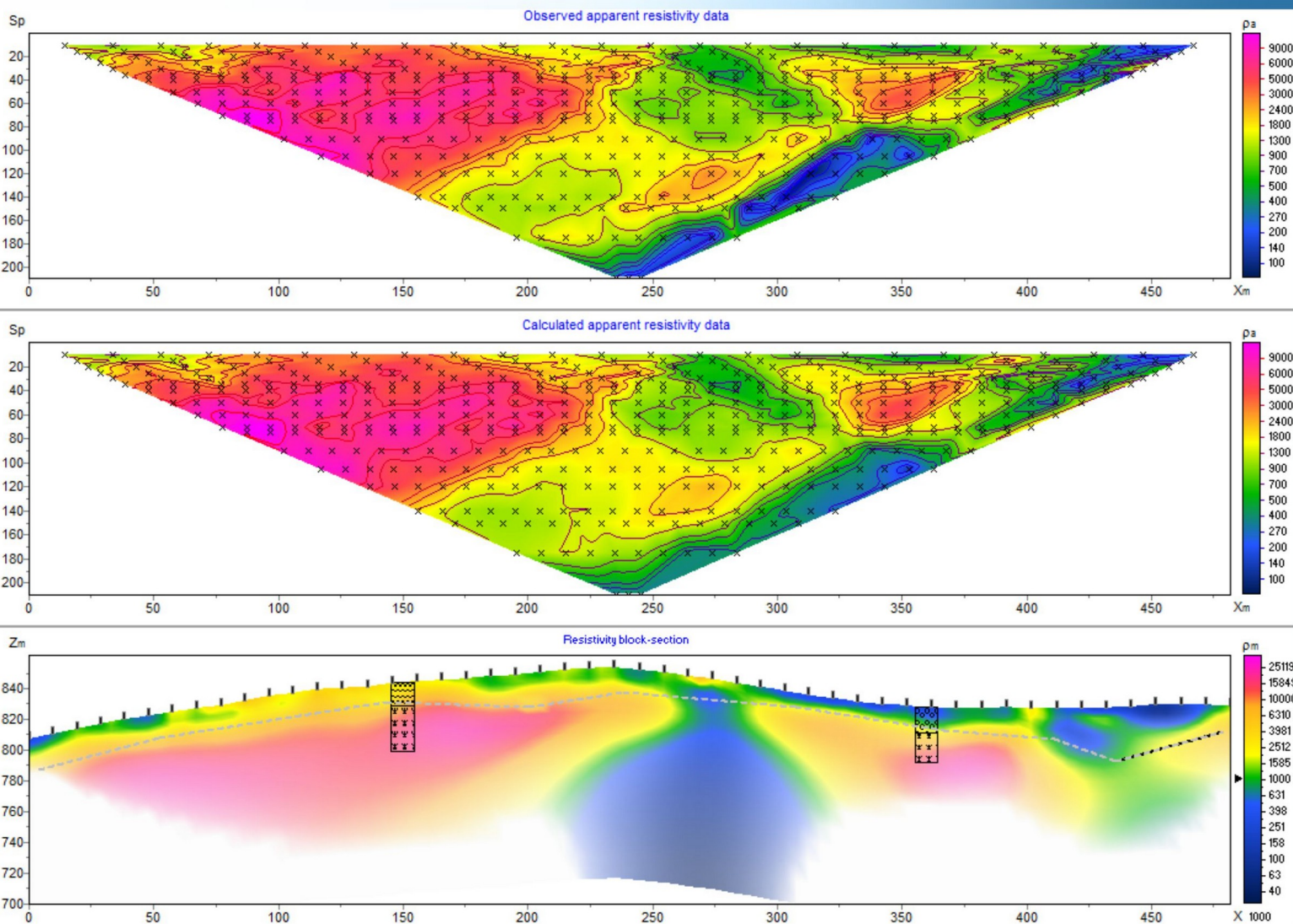


**Zond
Software**

ZondRes2D



|

Índice

<i>Introducción.....</i>	<i>6</i>
<i>Requisitos del sistema.....</i>	<i>7</i>
<i>Instalación y desinstalación del programa.....</i>	<i>7</i>
<i>Breve introducción teórica.....</i>	<i>8</i>
<i>Ventana principal del programa.....</i>	<i>11</i>
Barra de acceso rápido.....	12
Descripción de las funciones del menú principal.....	13
Barra de estado.....	42
Teclas de acceso rápido.....	43
Filtro de datos.....	43
Panel de elementos.....	44
Análisis de sensibilidad y resolución.....	44
Proyecto de área.....	44
<i>Creación de un sistema sintético de mediciones.....</i>	<i>44</i>
<i>Carga de datos de campo desde archivos.....</i>	<i>53</i>
Formatos compatibles.....	53
Carga de varios archivos.....	60
Importación de datos de campo desde un archivo de texto arbitrario o una tabla de Excel.....	61
<i>Preparación de los datos para la inversión.....</i>	<i>62</i>
Módulo de control de calidad de los datos.....	64
Introducción y edición de información topográfica.....	69
Trabajo con las coordenadas en planta de los electrodos.....	72
Trabajo con datos de mediciones acuáticas.....	74
Trabajo con datos de mediciones entre pozos.....	74
<i>Visualización de datos.....</i>	<i>75</i>
Plano de gráficos.....	76
Pseudosección.....	77

Editor de datos.....	80
Modelización.....	81
Creación de la malla del modelo.....	82
Edición del modelo.....	85
Trabajo con el modelo de bloques (malla).....	85
Modelo estratificado arbitrario.....	90
Modelización poligonal.....	94
Guardado y uso de datos calculados.....	97
Interpretación de datos de campo.....	98
Configuración de los parámetros de inversión.....	98
Inversión de datos de IP.....	108
Inversión de datos de monitorización geoelectrica.....	113
Inversión conjunta de datos magnetotelúricos.....	117
Inversión conjunta de datos TEM y de sondeo de frecuencia.....	120
Inversión conjunta de datos de prospección sísmica.....	122
Inversión conjunta de datos de mediciones gravimétricas y magnéticas.....	124
Interpretación de datos de potencial espontáneo (SP).....	130
Evaluación del error de ajuste tras la inversión.....	132
Información a priori.....	133
Creación de datos de pozo.....	139
Diálogo Model smooth/raster.....	144
Resultados de la interpretación.....	145
Visualización del modelo.....	145
Trabajo con varios modelos en un mismo proyecto.....	148
Ventana de construcción del modelo geológico-geofísico.....	149
3D de modelos geoelectricos a partir de varios perfiles.....	154
Guardado de resultados.....	159
Funciones adicionales de exportación a Excel.....	160
Configuración de los parámetros gráficos.....	161

Cuadro de diálogo para configurar la imagen exportada.....	161
Cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la sección de contornos y la pseudosección.	162
Cuadro de diálogo para configurar la paleta.....	165
Editor del conjunto de gráficos.....	165
Editor de gráficos.....	166
Editor de ejes.....	168
Cuadro de diálogo para configurar los parámetros de visualización del modelo.....	172
Cuadro de diálogo de vista previa de impresión (Print preview).....	173
<i>Referencias.....</i>	<i>175</i>
<i>Materiales adicionales:.....</i>	<i>176</i>

Introducción

El programa **ZondRes2D** está diseñado para la interpretación 2,5D de datos de perfil de tomografía de resistividad eléctrica (ERT) mediante el método de resistividad, polarización inducida (IP) y el método de carga, en variantes terrestre, de pozo y acuática.

La interfaz intuitiva y las amplias posibilidades de representación de los datos permiten resolver de forma óptima el problema geológico planteado.

El programa **ZondRes2D** ofrece una herramienta práctica para la interpretación automática e interactiva de datos de tomografía de resistividad eléctrica y puede utilizarse en ordenadores personales compatibles con IBM PC que ejecuten el sistema operativo Windows. Una de las principales características del programa es la inversión conjunta de distintos métodos geofísicos.

En **ZondRes2D** se incluye un sistema de modelización que comprende todos los tipos principales de dispositivos utilizados en el método de resistividad. El usuario selecciona los parámetros del dispositivo y el número de puntos de medición mediante un cuadro de diálogo.

El programa permite determinar la metodología de adquisición óptima durante la fase de diseño de los trabajos de prospección eléctrica. Para ello, el sistema incorpora la posibilidad de analizar la capacidad de resolución de cada dispositivo de prospección eléctrica. El análisis consiste en estudiar la influencia de cada parte del modelo en los resultados de las mediciones mediante la función de sensibilidad:

$$S = \sqrt{\text{diag}(A^T A)}$$

El análisis de sensibilidad permite elegir de forma óptima el tipo y los parámetros del dispositivo para resolver el problema geológico planteado.

ZondRes2D cuenta con un potente sistema de visualización de datos de perfil, un editor de mediciones y un sistema de análisis de sensibilidad y capacidad de resolución del método.

Para mostrar los valores medidos y calculados, así como sus diferencias o los pesos de las mediciones, el programa utiliza dos tipos de representación: el plan de gráficos y la pseudosección.

En el editor de datos, el usuario puede consultar los parámetros del dispositivo de medición, asignar pesos (importancia) a mediciones individuales y corregir los valores de las características medidas.

ZondRes2D utiliza un formato de archivo de datos sencillo y claro que permite combinar varios tipos de dispositivos en un mismo perfil. Las características medidas pueden ser tanto la resistividad

aparente como la relación entre la señal y la corriente, y la cargabilidad aparente. El programa permite importar y mostrar resultados de mediciones obtenidos mediante otros métodos, lo que favorece un enfoque más integral de la interpretación.

Además de los métodos de resistividad e IP, el programa permite realizar inversiones conjuntas con datos de los siguientes métodos: sondeo magnetotelúrico (MT), TEM, sísmica de refracción, gravimetría y magnetometría.

Requisitos del sistema

El programa **ZondRes2D** puede instalarse en un ordenador con el sistema operativo Windows 98 o superior. Parámetros del sistema recomendados: procesador PIV de 2 GHz, 1 GB de memoria, resolución de pantalla de 1024 X 768, modo de color True color. (No se debe cambiar la resolución de pantalla mientras se trabaja con los datos).

Como el programa utiliza recursos del registro del sistema, en sistemas posteriores a Windows XP, se debe ejecutar como administrador (hacer clic con el botón derecho del ratón en el icono del programa y seleccionar «Ejecutar como administrador»).

Instalación y desinstalación del programa

El programa **ZondRes2D** se distribuye por Internet. El paquete incluye este Manual. Las últimas actualizaciones del programa se pueden descargar en el sitio web: <http://zond-geo.com/>.

Para instalar el programa, guárdelo en el directorio deseado (por ejemplo, C:\Zond). Para instalar una actualización, simplemente sobrescriba la versión anterior del programa con la nueva.

Antes de iniciar el programa por primera vez, es necesario instalar el controlador de la llave de protección SenseLock. Para ello, abra la carpeta SenseLock (el controlador se puede descargar del sitio web) y ejecute el archivo InstWiz3.exe. Una vez instalado el controlador, inserte la llave. Si todo funciona correctamente, aparecerá un mensaje en la bandeja del sistema indicando que se ha detectado la llave.

Para desinstalar el programa, elimine el directorio de trabajo del programa.

Breve introducción teórica

Resistividad eléctrica

La resistividad eléctrica (RE), medida en ohmios-metro ($\text{Ohm}\cdot\text{m}$), caracteriza la capacidad de las rocas para oponer resistencia al paso de la corriente y es la propiedad electromagnética más universal. En las rocas y los minerales varía en un intervalo muy amplio: de 10^{-3} a 10^{15} $\text{Ohm}\cdot\text{m}$. En las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas más comunes, la RE depende de la composición mineralógica, de las propiedades físico-mecánicas e hídricas de las rocas, de la concentración de sales en las aguas subterráneas y, en menor medida, de su composición química, así como de otros factores (temperatura, profundidad, grado de metamorfismo, etc.) [Khmelevskoy, 1997].

La resistividad eléctrica de los minerales depende de sus enlaces intracrystalinos. Los minerales dieléctricos (cuarzo, micas, feldespatos, etc.), con enlaces predominantemente covalentes, presentan resistividades muy altas (10^{12} - 10^{15} $\text{Ohm}\cdot\text{m}$). Los minerales semiconductores (carbonatos, sulfatos, haluros, etc.) tienen enlaces iónicos y presentan resistividades altas (10^4 - 10^8 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$). Los minerales arcillosos (hidromicas, montmorillonita, caolinita, etc.) tienen enlaces iónico-covalentes y se caracterizan por sus resistividades relativamente bajas.

Los minerales metalíferos (nativos y algunos óxidos) presentan conductividad electrónica y conducen muy bien la corriente. Los dos primeros grupos de minerales forman el esqueleto «rígido» de la mayoría de las rocas. Los minerales arcillosos forman un esqueleto «plástico», capaz de adsorber agua ligada, mientras que las rocas con minerales «rígidos» solo pueden saturarse con soluciones y agua libre, es decir, aquella que se puede extraer de la roca.

La resistividad eléctrica del agua subterránea libre varía desde fracciones de $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ cuando la mineralización total es alta hasta 1000 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ cuando es baja. La composición química de las sales disueltas en el agua no desempeña un papel significativo; por ello, los datos de prospección eléctrica solo permiten estimar la mineralización total de las aguas subterráneas. La resistividad eléctrica del agua ligada, adsorbida por las partículas sólidas de la roca, es baja y varía poco (de 1 a 100 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$). Esto se explica por su mineralización bastante constante (3-1 g/l). La mineralización media de las aguas oceánicas es de 36 g/l.

Como el agua de los poros (libre y ligada) tiene una resistividad eléctrica considerablemente menor que el esqueleto mineral de la mayoría de las rocas, la resistividad de estas prácticamente no depende de su composición mineralógica, sino que está determinada por parámetros como la porosidad, la fracturación y la saturación de agua. Al aumentar estos parámetros, la resistividad de

las rocas disminuye debido al aumento de los iones en el agua subterránea. Por tanto, la conductividad eléctrica de la mayoría de las rocas es iónica (electrolítica).

Al aumentar la temperatura 40° , la resistividad disminuye aproximadamente a la mitad, lo que se explica por el aumento de la movilidad de los iones. Al congelarse, la resistividad de las rocas aumenta bruscamente, ya que el agua libre se convierte prácticamente en un aislante y la conductividad eléctrica queda determinada únicamente por el agua ligada, que se congela a temperaturas muy bajas (por debajo de -50° C). El aumento de la resistividad al congelarse varía según la roca: aumenta varias veces en las arcillas, hasta 10 veces en las rocas duras, hasta 100 veces en los limos y arenas limosas, y hasta 1000 veces o más en las arenas y las rocas de granulometría gruesa.

A pesar de que la resistividad eléctrica depende de numerosos factores y varía en un intervalo amplio entre los distintos tipos de rocas, sus principales regularidades están bien establecidas. Las rocas ígneas y metamórficas se caracterizan por resistividades altas (de 500 a 10 000 Ohm•m). Entre las rocas sedimentarias, presentan resistividades altas (100 - 1000 Ohm•m) la sal gema, los yesos, las calizas, las areniscas y algunas otras. En general, las rocas sedimentarias detríticas presentan mayor resistividad cuanto mayor es el tamaño de los granos que las componen; es decir, su resistividad depende principalmente del contenido de arcilla. Al pasar de las arcillas a los limos arcillosos, las arenas limosas y las arenas, la resistividad eléctrica varía desde fracciones y unidades de Ohm•m hasta decenas y centenas de Ohm•m [Khmelevskoy, 1997].

Cargabilidad de las rocas

La *polarización* es un proceso electroquímico complejo que tiene lugar cuando se hace pasar por una roca una corriente continua o alterna de baja frecuencia (hasta 10 Hz). Los minerales con conductividad electrónica (sulfuros, sulfosales, algunos metales nativos, ciertos óxidos, grafito y antracita) presentan la mayor cargabilidad. El origen de estos potenciales de IP está relacionado con la llamada polarización de concentración y polarización de electrodo de los minerales metalíferos. Se observan coeficientes de cargabilidad de hasta 2-6% sobre rocas sedimentarias sueltas saturadas de agua que contienen partículas arcillosas. Su cargabilidad se debe a las deformaciones de las capas externas de las dobles capas eléctricas que se forman en la interfaz entre las fases sólida y líquida. La mayoría de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias saturadas de agua mineral se polarizan débilmente.

Para evaluar cuantitativamente la intensidad de la polarización inducida, se suele utilizar la relación entre la FEM de polarización ΔU_{IP} y la diferencia de potencial del campo externo ΔU_{pr} una vez transcurrido cierto tiempo desde la desconexión de la corriente. Esta relación se denomina coeficiente de cargabilidad (cargabilidad) de las rocas y se expresa en %. En la prospección eléctrica nacional, durante los trabajos de campo con el método IP en modo impulsivo, se entiende por cargabilidad el valor normalizado de la tensión en la línea de potencial transcurridos 0.2-0.5 s desde la desconexión de la corriente:

$$\eta^{0.5} = \frac{U_{\text{BП}(0.5c)}}{U_{\text{ПП}}} \cdot 100\%$$

Sin embargo, en los modelos teóricos y en el estudio de las características espectrales de la IP se utiliza ampliamente el valor límite de la cargabilidad para $t=0$. Este valor se denomina cargabilidad estacionaria o asintótica, aunque a veces simplemente cargabilidad.

Desde el punto de vista de la inmunidad al ruido, resulta más ventajoso utilizar un parámetro integral: el valor promedio de la tensión en una ventana temporal Δt , denominado cargabilidad:

$$M = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} \frac{U_{\text{BП}}(t)}{U_{\text{ПП}}} dt$$

Problema directo e inverso de la tomografía de resistividad eléctrica

El cálculo de la respuesta geofísica de un modelo con geometría y propiedades físicas conocidas se denomina resolución del problema directo. El proceso inverso, es decir, determinar la geometría y las propiedades físicas del modelo a partir de los valores observados, se denomina resolución del problema inverso.

Para resolver el problema directo y el problema inverso (inversión), el programa utiliza el método de los elementos finitos, que ofrece mejores resultados que los métodos de malla [Dey&Morrison, 1979; Lowry et al, 1989]. Al modelizar el campo de una fuente puntual, el medio se divide en una malla de celdas con distintas resistividades eléctricas. El comportamiento del potencial dentro de cada celda se aproxima mediante una función de base lineal.

$$N(x, z) = \frac{(a + bx + cz)}{2A}$$

El campo de una fuente puntual en un medio bidimensional tiene una estructura tridimensional. Mediante la transformada de Fourier, la solución del problema puede trasladarse al dominio de las frecuencias espaciales.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) - \lambda^2 \sigma \phi = -I \delta(x) \delta(z)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} + v \cdot \phi = 0,$$

donde ϕ – valor del potencial espectral, $\phi \lambda$ - frecuencia espacial, I - valor de la intensidad de corriente, σ - conductividad del medio, δ - función delta de Dirac.

El cálculo posterior para un conjunto de frecuencias espaciales y la aplicación de la transformada inversa de Fourier a los valores obtenidos del potencial espectral proporcionan los valores buscados del potencial de una fuente puntual en los nodos de la malla [Xu et al, 2000].

$$U(x, y, z) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \phi(x, \lambda, z) \cos(\lambda \cdot y) d\lambda$$

Para resolver el problema inverso (inversión), también se utiliza el método de mínimos cuadrados con regularización. La regularización aumenta la estabilidad de la solución y permite obtener una distribución más suave de la resistividad o la cargabilidad en el medio [Constable, 1987].

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m,$$

donde A – matriz de derivadas parciales de los valores medidos respecto a los parámetros de la sección (jacobiano), C – operador de suavizado, W – matriz de errores relativos de las mediciones, m – vector de parámetros de la sección, μ - parámetro de regularización, Δf – vector de errores de ajuste entre los valores observados y calculados, R – operador de enfoque.

Ventana principal del programa

La vista general del programa se muestra en la figura siguiente. La ventana consta de la barra de título, el menú principal, los iconos de la barra de acceso rápido, el área de trabajo y la barra de estado.

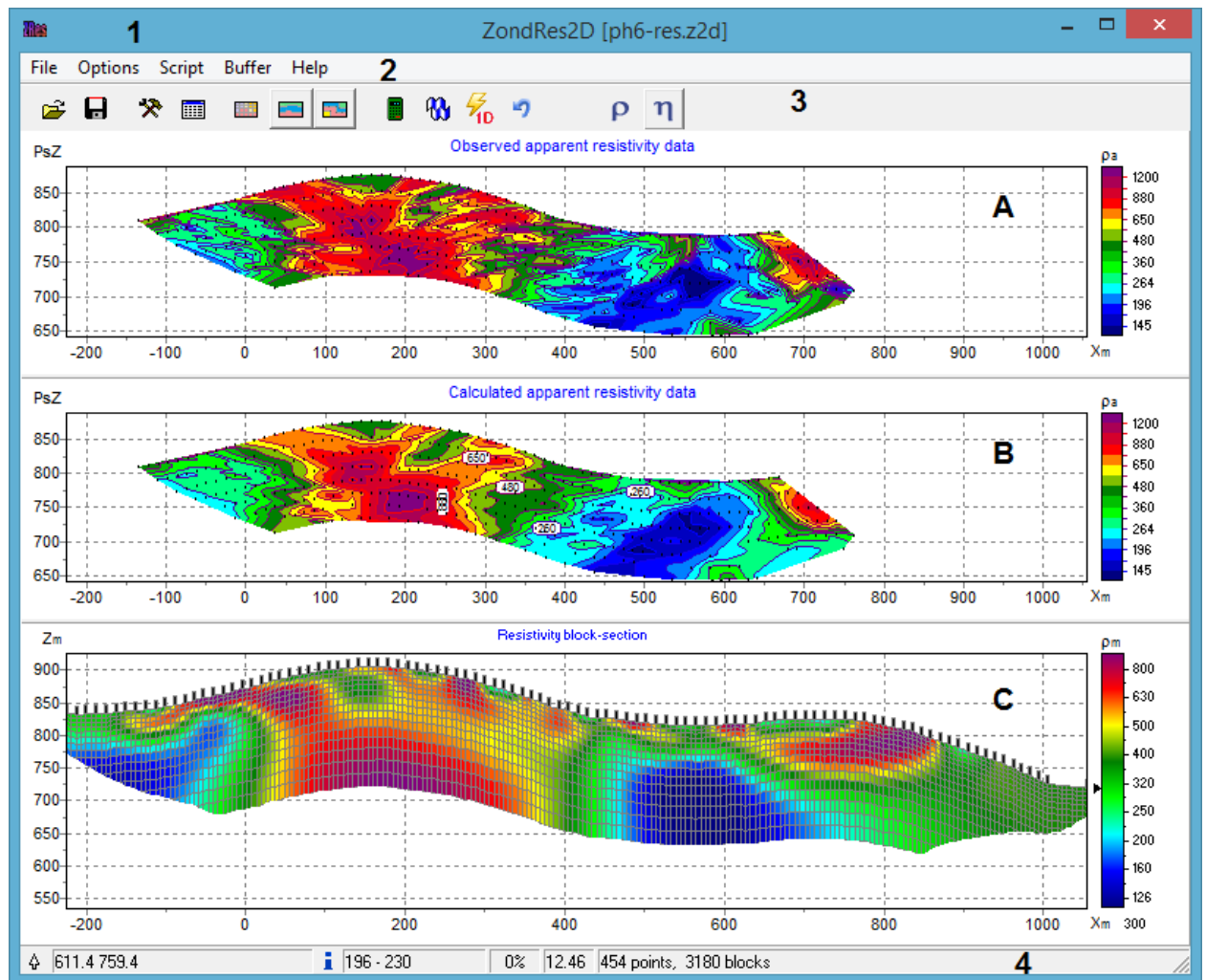


Fig. 1 Vista general del programa: 1 – barra de título de la ventana, 2 – menú principal, 3 - barra de acceso rápido, A – datos de campo, B – datos calculados, C – modelo 2D, 4 - barra de estado

Barra de acceso rápido

La barra de herramientas o barra de acceso rápido permite acceder rápidamente a las funciones del programa que se utilizan con mayor frecuencia. Contiene los siguientes botones:

	Abrir archivo de datos (se pueden cargar varios archivos).
	Guardar archivo de datos.
	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de inversión.

	Abrir el editor de mediciones.
	Crear un proyecto de área (ventana Area, véase la sección «Proyecto de área»).
	Modo de modelo por bloques.
	Modo de modelo estratificado arbitrario.
	Modo de modelización poligonal.
	Iniciar el cálculo del problema directo.
 	Iniciar el procedimiento de inversión o detenerlo (al volver a hacer clic durante la inversión).
	Iniciar el procedimiento de inversión unidimensional. Con el clic derecho se selecciona una variante: Pseudo 2D – inversión seudobidimensional, es decir, un conjunto de modelos unidimensionales a lo largo del perfil (opción predeterminada), o Pure 1D – una única sección unidimensional para todo el perfil.
	Deshacer el paso anterior de modificación del modelo del medio; con el clic derecho se rehace (Redo). Los botones se pueden utilizar para alternar entre los resultados de las iteraciones.
	Cambiar al modo de interpretación de datos del método de resistividad. El botón está visible si los datos contienen IP.
	Cambiar al modo de interpretación de datos del método de polarización inducida. El botón está visible si los datos contienen IP.

Descripción de las funciones del menú principal

Si durante el trabajo con el programa se necesita consultar la ayuda sobre una función del menú, se hace clic derecho en esa opción.

A continuación se enumeran los nombres de las opciones del menú principal y sus funciones:

File	
File / Open file	Abrir un archivo de datos o un proyecto (se pueden cargar varios archivos).
File / Import data from	Importar datos desde un archivo de texto de formato arbitrario

text/excel	(con varias columnas) o una tabla de excel. El usuario debe indicar los nombres de las columnas en la primera fila de la tabla.
File / Show data filter	Si la opción está activada, al abrir un archivo de datos se abre el cuadro de diálogo Data filter para filtrar las mediciones según intervalos de valores (véase la sección «Filtro de datos»).
File / Save file	Abrir el cuadro de diálogo para guardar los datos.
File / Edit file	Abrir el archivo de datos utilizado por el programa en el editor Notepad.
File / Create synthetic survey	Abrir el cuadro de diálogo para crear un sistema sintético de medición terrestre para la modelización. Se pueden seleccionar los parámetros de los cables y uno de los dispositivos tradicionales. El protocolo creado se puede exportar a un archivo de texto. Este modo puede ser útil para planificar trabajos geofísicos.
File / Create CBH survey	Abrir el cuadro de diálogo para crear un sistema sintético de medición entre pozos para la modelización. Se pueden seleccionar los parámetros de los cables y uno de los dispositivos tradicionales. El protocolo creado se puede exportar a un archivo de texto. Este modo puede ser útil para planificar mediciones entre pozos.
File / Change electrode array	Abrir el cuadro de diálogo para cambiar el sistema de medición (se utiliza en el modo de modelización). La geometría de la disposición (cables) no se puede modificar. Esta opción permite obtener rápidamente la respuesta del modelo para distintos tipos de dispositivos.
File / Print preview	Abrir el cuadro de diálogo para imprimir la ventana principal del programa.
File / Recent	Archivos utilizados recientemente.
File / Exit	Salir del programa.
Options	
Options / Quality control module	Ir a la ventana de control de calidad y edición de los datos de entrada. El módulo de control de calidad se puede utilizar para inspeccionar y procesar datos. El módulo incluye un conjunto de

	opciones para el análisis automático y semiautomático de errores en los datos. No olvide pulsar el botón app&exit o del&exit antes de cerrar la ventana.
Options / Project information	Mostrar información sobre el proyecto cargado. Esta información se puede editar.
Options / Mesh constructor	Abrir el constructor de mallas para la modelización. Incluye un conjunto de opciones para crear automáticamente una malla y realizar ajustes precisos para usuarios avanzados.
Options / Data editor	Editor de mediciones. Muestra todos los registros en forma de tabla. Se puede utilizar para excluir mediciones de la inversión, visualizar distribuciones individuales del potencial y de la sensibilidad, etc.
Options / Program setup	Configuración principal del programa. La mayoría de los ajustes están destinados a la inversión.
Options / 3D fence diagram	Abrir la ventana de visualización tridimensional de secciones geoelectricas, teniendo en cuenta sus coordenadas reales. Para construir varias secciones, es necesario cargarlas desde archivos mod2d.
Options / Geological editor	Construir una sección interpretativa (geológica) a partir de la información geofísica. Se utiliza una interfaz poligonal para definir los objetos.
Options / Elements toolbox	Abrir el panel de elementos de diseño: añadir polígonos, líneas y etiquetas de texto a la sección del modelo o a la pseudosección (véase la sección «Panel de elementos»).
Options / Inversion / Set boundaries	Abrir el cuadro de diálogo para definir los límites que el programa tendrá en cuenta al realizar la inversión. Utilice esta herramienta si conoce con precisión la posición de los límites. Procure definirlos lo más cerca posible de las líneas guía de la malla. Se recomienda utilizarlo en combinación con: <i>Occam inversion, smoothness factor = 0.1..1</i> .
Options / Inversion / Whole model inv	Utilice esta opción si no está seguro de haber elegido correctamente la profundidad máxima de investigación o si aparecen distorsiones en los bordes del modelo como resultado de la inversión. Por lo general, esto se debe a la influencia de

	objetos fuera del perfil de investigación. Si la opción está activada, el programa también invierte las celdas fuera del área visible (malla externa); de lo contrario, en los bordes de la sección se utiliza un modelo D. Se recomienda utilizar esta opción en la inversión conjunta con datos de sondeos AMT.
Options / Inversion / View iterations	Mostrar la ventana con los modelos obtenidos en cada iteración de la última inversión. Está disponible en el modo de modelo de malla si se ha realizado más de una iteración.
Options / Inversion / Optimization	Ajustes de los parámetros de optimización de la inversión.
Options / Inversion / Optimization / Display Process	Mostrar el proceso de optimización durante la inversión en una ventana independiente. Solo funciona cuando está activada la opción Line search.
Options / Inversion / Optimization / Line search	Búsqueda del parámetro de amortiguamiento óptimo en cada iteración (ralentiza el proceso de inversión aproximadamente 3-4 veces). En la mayoría de los casos, esta opción permite alcanzar el error de ajuste mínimo en pocas iteraciones, pero aumenta el tiempo de ejecución de cada iteración y puede hacer que la solución alcance un mínimo local. Si la opción está desactivada, el comportamiento del parámetro de amortiguamiento se controla mediante dos parámetros: <i>smoothing factor</i> (valor inicial) y <i>factor</i> (coeficiente de reducción).
Options / Inversion / Optimization / LCurve	Seleccionar el parámetro de regularización en cada iteración mediante la curva L (compromiso entre el error de ajuste y la norma del modelo), en lugar de minimizar el error de ajuste. Esta opción está disponible cuando la opción Line search está activada.
Options / Inversion / Optimization / Lim based inv	Si los límites generales de variación de los parámetros o los límites individuales de algunas celdas son demasiado estrechos, la inversión intentará llevar los parámetros más allá de los límites establecidos. Esto puede reducir considerablemente la velocidad de convergencia. En este caso, se debe activar esta opción de inversión, que, por un lado, reduce la contribución de las celdas que exceden los límites establecidos y, por otro, utiliza normas de parámetros especiales para dificultar que se

	sobrepasen dichos límites.
Options / Inversion / Optimization / Factor	Si la opción line search está desactivada, Factor controla el comportamiento del parámetro de amortiguamiento durante la inversión. En la primera iteración se utiliza el valor de <i>Smoothing factor</i> y, en cada iteración siguiente, este valor se divide por el coeficiente especificado por el usuario. <i>Smoothing factor</i> se puede seleccionar automáticamente si se marca la casilla situada junto al campo de entrada de <i>Smoothing factor</i> (en la pestaña Model de Program setup).
Options / Inversion / Optimization / Layered term	Abrir el cuadro de diálogo Extra layered term: término adicional de la función objetivo que favorece una estructura estratificada (horizontal) del modelo. Enable: activar; Pushing factor: peso del término; Num top layers off: número de capas superiores a las que no se aplica el término (0–5); Window size: tamaño de la ventana (1–6).
Options / Inversion / Norms / Automatic sres scale	En los dispositivos entre pozos y en algunas configuraciones de superficie, los valores de resistividad aparente pueden ser negativos. En este caso, no es posible aplicar la norma logarítmica a los datos (pero sí se puede aplicar a sus valores absolutos). Para estos casos, el programa utiliza una norma pseudologarítmica que requiere especificar un coeficiente lineal-logarítmico (debe ser próximo al nivel de ruido). Si se establece el valor -1, el coeficiente se seleccionará de forma automática. La función se activa cuando el archivo utiliza la clave sres (en lugar de res).
Options / Inversion / Norms / Automatic IP scale	Por defecto, el programa utiliza la norma pseudologarítmica para los datos de IP. Si está desactivada la selección automática del coeficiente lineal-logarítmico, es necesario especificarlo (aproximadamente igual al valor de fondo de IP). El valor -1 activa la búsqueda automática; el valor * selecciona la norma lineal para IP. El modo actual (auto, linear o el valor del coeficiente) se muestra en el nombre del elemento. El elemento está disponible cuando hay datos de IP en el modo de inversión de IP.
Options / Inversion /	Conjunto de parámetros para aumentar la resolución de la

Resolution	inversión. La opción permite aumentar la influencia de las celdas poco sensibles y reducir la de las celdas muy sensibles (próximas a los electrodos). De este modo aumenta la resolución, es decir, la capacidad de detectar objetos más pequeños en profundidad. Estas opciones deben utilizarse con precaución.
Options / Inversion / Resolution / x 1 ... x 8, full normed	Grado de igualación de la sensibilidad de las celdas. x 1: sin igualación; x 2, x 4, x 8: grados crecientes (las celdas se escalan como $S^{-1/4}$, $S^{-1/3}$ y $S^{-1/2}$, donde S es la sensibilidad integral de la celda); full normed: normalización completa de las celdas y los datos según la sensibilidad.
Options / Inversion / Smoothness	Este conjunto de opciones controla la suavidad y el operador de suavizado. Puede influir mucho en el resultado de la inversión. Se refiere al segundo término de la función objetivo $C^*(m-m_0)$.
Options / Inversion / Smoothness / m0-start model	m0 (modelo de referencia): un modelo especificado por el usuario (o el resultado de una inversión). En este caso, el objetivo principal de la inversión es reducir el error de ajuste manteniendo la proximidad al modelo de referencia. El grado de proximidad se controla mediante el parámetro <i>Smoothing factor</i> . Funciona con los modos de inversión <i>Occam</i> y <i>Focused</i> .
Options / Inversion / Smoothness / m0-median model	m0 (modelo de referencia): la mediana del modelo en la iteración actual. En este caso, el objetivo principal de la inversión es reducir el error de ajuste y obtener un modelo lo más suave posible. La suavidad se controla mediante el parámetro <i>Smoothing factor</i> . Funciona con los modos de inversión <i>Occam</i> y <i>Focused</i> . Es la mejor opción para utilizar con <i>focused inversion</i> o con la inversión con límites a priori.
Options / Inversion / Smoothness / m0-previous model	m0 (modelo de referencia): el modelo de la iteración anterior. En este caso, el objetivo principal de la inversión es obtener el error de ajuste mínimo con una convergencia estable. La velocidad de convergencia se controla mediante el parámetro <i>Smoothing factor</i> . Funciona con los modos de inversión <i>Occam</i> y <i>Focused</i> . En <i>focused inversion</i> , a veces no proporciona el resultado

	deseado (un modelo por bloques).
Options / Inversion / Smoothness / Type / L0, L1, L2	Tipo de norma del operador de suavizado. L2: norma cuadrática (modelos suaves); L1 y L0: normas robustas que permiten límites más abruptos.
Options / Inversion / Smoothness / Natural smoothness	El operador de suavizado se construye teniendo en cuenta la geometría real de la malla del modelo. Por lo general, esto permite obtener resultados de inversión más suaves.
Options / Inversion / Smoothness / Robust	Suavizado robusto. Al activarlo, se establecen automáticamente Type = L0, el método Occam y el modelo de referencia m0 = modelo inicial.
Options / Inversion / Smoothness / Vert robust only	Aplicar el suavizado robusto solo en dirección vertical. Disponible cuando están activados Robust y Type = L0.
Options / Inversion / Smoothness / Average window	Búsqueda del valor medio de los parámetros del modelo de referencia m0 en la ventana, <i>Smoothness=median</i> .
Options / Inversion / Smoothness / Diagonal flatness filter	Suavizado diagonal durante la inversión. Utilice esta opción si la sección contiene estructuras inclinadas.
Options / Inversion / Smoothness / Stabilizer	Establecer el valor del estabilizador (0.05–1; por defecto, 0.5), utilizado en la inversión con suavizado sin la opción Robust.
Options / Inversion / Smoothness / Adaptive	Operador de suavizado adaptativo: durante la inversión se reconstruye a partir del modelo actual (con términos diagonales).
Options / Inversion / Smoothness / IGI forced	Construir el operador de suavizado a partir de la imagen de fondo cargada (image guided inversion), independientemente del modo de inversión conjunta. El elemento está visible si hay una imagen de fondo cargada.
Options / Inversion / Joint inversion	Conjunto de opciones de inversión conjunta (en versiones anteriores: Cross-gradient).
Options / Inversion / Joint inversion / Pushing factor	Parámetro principal de la inversión conjunta, que controla el grado de similitud entre las imágenes de los modelos de los dos métodos. Por lo general, se determina mediante ensayo y error

	en el intervalo 0-1000. Con valor cero, los modelos se ajustan de forma totalmente independiente. Los valores altos del parámetro pueden causar un error de ajuste en uno o ambos métodos. El error de ajuste puede equilibrarse especificando los pesos de los métodos correspondientes.
Options / Inversion / Joint inversion / Off-layers num	La parte superior de la sección suele ser muy heterogénea y diferente para distintos métodos geofísicos. En estos casos, se deben excluir varias capas del operador de gradiente cruzado. Así, la parte superior queda libre para cambiar.
Options / Inversion / Joint inversion / Off in cut	No tener en cuenta el término de inversión conjunta en las celdas situadas en la zona de recorte de la sección (Cutting).
Options / Inversion / Joint inversion / MinMax range	Especificar el intervalo de variación de los parámetros del segundo método que participa en la inversión conjunta.
Options / Inversion / Joint inversion / From initial model	Utilizar el modelo inicial para el segundo método: en cada ejecución de la inversión, el modelo del segundo método se vuelve a generar.
Options / Inversion / Joint inversion / Criteria	Criterio de vinculación de los modelos en la inversión conjunta: Cross-gradient (gradiente cruzado), Common correlation (correlación común; en este caso, los valores de Pushing factor son 0-2), Variation information (variación de la información), Gramian (gramiano), Global-local correlation (correlación global-local), Structure similarity (similitud estructural).
Options / Inversion / Joint inversion / Draw isolines	Mostrar las isolíneas del modelo del segundo método sobre el modelo de resistividad.
Options / Inversion / Joint inversion / IP data	Selección de datos de IP para la inversión conjunta. La inversión conjunta con datos de IP permite obtener una mejor correlación de las anomalías en las secciones.
Options / Inversion / Joint inversion / Seismic data	Selección de datos de sísmica para la inversión conjunta. Al seleccionar esta opción, aparece en el submenú el elemento Background V off, que activa el modo en el que se minimiza el valor del gradiente cruzado no para las velocidades, sino para su componente anómala (descontando el fondo).
Options / Inversion / Joint inversion / Gravity data	Selección de datos de gravimetría para la inversión conjunta.

Options / Inversion / Joint inversion / Magnetic data	Selección de datos de magnetometría para la inversión conjunta.
Options / Inversion / Joint inversion / MASW data	Selección de datos MASW (ondas superficiales) para la inversión conjunta. Los datos se cargan mediante Options / MASW data.
Options / Inversion / Joint inversion / BG image	Selección de una imagen de fondo como base para la inversión conjunta. Se recomienda utilizar imágenes en escala de grises.
Options / Inversion / Joint inversion / Clusterization	Inversión con un término adicional de agrupamiento de los valores del modelo. Al activarla, también se activa automáticamente Line search.
Options / Inversion / Joint inversion / IGI settings	Cuadro de diálogo Image guided settings: fuente de suavizado de la imagen de fondo (Averaged blocks, Gradients, Structure tensor) y tipo de vínculo (Correlation, Gradients, None). El elemento está visible cuando está activada la opción BG image.
Options / Inversion / Invert only visible data	Invertir solo los datos visibles. En el modo de gráficos, desactive en la leyenda los gráficos que no deban participar en la inversión.
Options / Inversion / Static shifts	Corrección automática de los desplazamientos galvánicos en los electrodos de potencial (Suppress P-static shift) o en los electrodos de corriente (Suppress C-static shift) durante la inversión. El programa modela el desplazamiento galvánico como un término añadido al logaritmo del valor. Se debe especificar el valor máximo absoluto del desplazamiento, de acuerdo con la distribución real de los datos. Se recomienda activar el ajuste de los desplazamientos galvánicos después de 3-4 iteraciones de inversión sin desplazamientos galvánicos.
Options / Inversion / Static shifts / Not suppress	Inversión sin supresión de P/C efectos.
Options / Inversion / Static shifts / Suppress P / C effects	Inversión con supresión de los efectos P/C (desplazamientos galvánicos en los electrodos). El programa solicita el desplazamiento máximo (en unidades de ln, 0–3).
Options / Inversion / long line inversion	Este procedimiento divide el perfil en varios segmentos solapados y los invierte por separado. En la mayoría de los casos

	no se recomienda este método, salvo que el número de electrodos supere los 5000.
Options / Inversion / Underwater options	Configuración para trabajar con datos acuáticos.
Options / Inversion / Underwater options / resistivity	Definir la resistividad del agua.
Options / Inversion / Underwater options / invert	Activar la opción de ajuste de la resistividad del agua durante la inversión.
Options / Inversion / Underwater options / sublayers numbers	Establecer el número de subdivisiones de la capa de agua (5-10).
Options / Inversion / Underwater options / water level	Definir el nivel del agua (m). Los electrodos situados en el nivel de agua anterior se desplazan al nuevo nivel.
Options / Inversion / Underwater options / tide correction	Corrección por marea: el nivel del agua y la topografía se desplazan la distancia especificada (m).
Options / Inversion / Underwater options / load res profile	Cargar el perfil de resistividad del agua desde un archivo de texto (dos columnas: distancia y resistividad). La resistividad del agua se fija en la media geométrica y se desactiva su ajuste. Después de cargarlo, queda disponible el elemento edit res profile para editar el perfil en el gráfico.
Options / Data / Apparent resistivity	Mostrar los valores de resistividad aparente.
Options / Data / Resistance (V/I)	Mostrar los valores de las señales normalizadas (V/A).
Options / Data / Pseudo-section	Mostrar los datos calculados y observados en forma de pseudosección.
Options / Data / Graphics-plot	Mostrar los datos calculados y observados en forma de gráficos.
Options / Data / Pseudo	Configuración de la visualización de las pseudosecciones (en versiones anteriores, algunos de estos elementos se encontraban

	directamente en el menú Data).
Options / Data / Pseudo / Vertical axis / PsZ	Mostrar la pseudoprofundidad en el eje vertical.
Options / Data / Pseudo / Vertical axis / Spacing	Representación en el eje vertical de la separación.
Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Calculated data	Mostrar la pseudosección calculada en la segunda sección.
Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data misfit	Mostrar la pseudosección de los errores de ajuste relativos en la segunda sección.
Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data weights	Mostrar la pseudosección de los pesos de las mediciones en la segunda sección.
Options / Data / Pseudo / Display every	Mostrar uno de cada N puntos de la pseudosección. Esta opción se utiliza con grandes volúmenes de mediciones (>3000).
Options / Data / Graphs / Iso-CC graphics	Método de construcción del panel de gráficos en el que cada gráfico corresponde a una posición determinada de la línea de corriente (electrodo).
Options / Data / Graphs / Iso-PsZ graphics	Método de construcción del panel de gráficos en el que cada gráfico corresponde a una pseudoprofundidad determinada (factor geométrico).
Options / Data / Graphs / Iso-PP graphics	Método de construcción del panel de gráficos en el que cada gráfico corresponde a una posición determinada de la línea de potencial (electrodo).
Options / Data / Graphs / Error gates	Mostrar los errores de medición como intervalos de confianza en los gráficos.
Options / Data / Arrays	Filtro de visualización por tipos de configuración: All (todas), Pole-pole, Pole-dipole, Dipole-dipole (F – directa, R – inversa), Symmetric, Gradient, Undefined. En el menú solo se muestran los tipos de configuración presentes en los datos.
Options / Data / Arrays / Perpendicular array	Variante especial de visualización de datos de configuraciones de prospección eléctrica para mediciones paralelas al rumbo de las estructuras geológicas (perpendiculares al perfil). Un ejemplo es el caso en que los sondeos eléctricos verticales (SEV) se realizan en dirección transversal al perfil. El elemento está

	visible si los datos incluyen coordenadas Y de los electrodos.
Options / Data / X-position / Data X (3-electrodes)	Este conjunto de opciones permite seleccionar el método de cálculo de la coordenada horizontal (de la pseudosección) del punto de medición para una configuración de tres electrodos. «(A+O)/2» – la coordenada horizontal se sitúa en el punto medio entre el electrodo de corriente A y el centro de la línea de potencial O. «(M+N)/2» – la coordenada horizontal se sitúa en el punto medio entre los electrodos de potencial M y N.
Options / Data / X-position / Data X (4-electrodes)	Este conjunto de opciones permite seleccionar el método de cálculo de la coordenada horizontal (de la pseudosección) del punto de medición para una configuración de cuatro electrodos. El conjunto de opciones incluye el cálculo automático de la coordenada horizontal —«Auto»—, el caso en que la coordenada horizontal se sitúa en el punto medio entre los electrodos de potencial —«M-O-N»— y el caso en que se sitúa entre los dipolos de corriente y de potencial —«AB-O-MN».
Options / Data / X-position / Reassign array(4) to	Asignar a todos los dispositivos de cuatro electrodos un tipo: Undefined, Dipole-dipole, Symmetric o Gradient. El tipo asignado se utiliza, entre otras cosas, en el filtro Arrays.
Options / Data / U/AB/MN norming	Establece una normalización adicional por las longitudes de las líneas de potencial y de corriente (con la opción Data/Resistance activada). Esta opción resulta útil cuando la longitud de la línea de potencial varía ampliamente.
Options / Data / G-Res plot	Representar la dependencia de la resistividad (señal normalizada) respecto al factor de configuración (se utiliza para mediciones en pozo, en las que no son posibles otras formas de representación de los datos).
Options / Model / Block-section	Representar el modelo en forma de bloques.
Options / Model / Smooth-section	Representar el modelo con una paleta de interpolación suave.
Options / Model / Contour-section	Representar el modelo como una sección de contornos.

Options / Model/Resistivity	Representar el modelo de resistividad.
Options / Model/Sensitivity	Representar la función de sensibilidad del modelo como una sección de contornos.
Options / Model / Model quality	Representar la función de calidad del modelo (sensibilidad normalizada por el error de ajuste del modelo).
Options / Model / DOI index	Algoritmo especial para estimar la profundidad de investigación, DOI index. Se basa en dos ciclos de inversión con distintos modelos de referencia. El parámetro DOI caracteriza la influencia de las distintas partes del modelo en los datos. Los valores altos indican que ya no se debe confiar en esa parte del modelo. Los valores altos de DOI en la primera capa del modelo indican que el tamaño de las celdas es demasiado pequeño en comparación con la resolución del dispositivo. El algoritmo solo está activo cuando se selecciona la opción <i>Contour-section</i> . Esta opción permite estimar los tamaños mínimos de los objetos a distintas profundidades en los que se puede confiar. Para ello, después de calcular el índice, se pulsa la tecla A.
Options / Model / Sensitivity analysis	Abrir la ventana de análisis de sensibilidad (véase la sección «Análisis de sensibilidad y resolución»).
Options / Model / Resolution analysis	Abrir la ventana de análisis de resolución (véase la sección «Análisis de sensibilidad y resolución»).
Options / Model / Set 1D model	Abrir el cuadro de diálogo Start model and constraints para definir un modelo inicial estratificado y los límites de variación de los parámetros. Disponible en el modo de malla.
Options / Model / DOI as transparence	Superponer un perfil de transparencia, en función del parámetro DOI, a la sección geoelectrica. Para ello, primero hay que calcular el DOI index, ir a Options / Model / Resistivity y Options / Model / Smooth-section . A continuación, en la pestaña Model aparecerá DOI as transparence.
Options / Model / X:Z=1:1scale	Igualar las escalas horizontal y vertical de representación del modelo.
Options / Model / ModelEditor toolbar	Mostrar la barra de herramientas para editar la malla y el modelo.

Options / Topography / Topo coefficient	Definir el coeficiente de distorsión de la topografía con la profundidad. Si el proyecto incluye cotas topográficas, este coeficiente determina la rapidez con que la malla se aplana hasta quedar horizontal. 0: cada nueva capa tiene la misma geometría nueva que la primera; 1: la última capa de la malla es horizontal.
Options / Topography / Strike	Establece la dirección del rumbo geoelectrico. Normalmente coincide con el rumbo geológico. Se utiliza si el perfil no es perpendicular al rumbo de las capas. 0: si el perfil es perpendicular al rumbo de las capas.
Options / Topography / KY number	Definir el número de frecuencias espaciales ky (5–30) utilizadas para resolver el problema directo 2.5D. Un número mayor aumenta la precisión y el tiempo de cálculo.
Options / Topography / Import topography	Cargar los datos de topografía del perfil desde un archivo de texto (dos columnas: x y y).
Options / Topography / Remove topography	Eliminar los datos de topografía del perfil. Se utiliza para realizar pruebas.
Options / Topography / Restore topography	Restaurar los datos de topografía eliminados anteriormente, si se han eliminado por algún motivo.
Options / Topography / Edit topography	Editar los datos de topografía del perfil en modo de tabla. La topografía se puede copiar desde una tabla de Excel.
Options / Topography / Graphic editor	Editar la topografía del perfil en el editor gráfico.
Options / Topography / Smooth topo	Promediar las cotas de los puntos de medición vecinos. Ayuda a suavizar la topografía a lo largo del perfil.
Options / Topography / Set by mouse	Definir la topografía del perfil con el ratón. Este modo es muy similar a añadir un límite a priori.
Options / Topography / Splined intermediate	Si la opción está activada, para calcular las cotas de los nodos intermedios se utiliza la interpolación por splines; de lo contrario, se utiliza la interpolación lineal. La opción funciona cuando el proyecto contiene datos de topografía.
Options / Topography / Trend removal	Eliminar la tendencia lineal de la topografía: el perfil se gira según el ángulo de inclinación calculado mediante el método de mínimos cuadrados o según el ángulo especificado por el usuario. No está disponible para datos acuáticos ni de pozo.

Options / Topography / X factor	Multiplicar todas las coordenadas horizontales (distancias) del sistema de medición por el coeficiente especificado por el usuario.
Options / Topography / Reverse Line	Invertir el perfil 180°.
Options / Topography / Shift Line	Desplazar el cable y la topografía la distancia especificada (m).
Options / Import/Export / Import model/data	Cargar un archivo con una gráfica (dos columnas: X e Y) o un archivo mod2d para mostrar el modelo en una ventana independiente.
Options / Import/Export / Remove model/data	Eliminar del proyecto el modelo o los datos importados.
Options / Import/Export / Model parts / Save selection	Guardar la parte seleccionada del modelo en un archivo de texto (modo de malla).
Options / Import/Export / Model parts / Load selection	Cargar una selección desde un archivo de texto e insertarla en el modelo (modo de malla).
Options / Import/Export / Model parts / Extract 1d log	Exportar el modelo 1D correspondiente a la posición seleccionada a un archivo de texto.
Options / Import/Export / Model parts / Load 1d log	Importar e integrar un modelo 1D en el modelo actual.
Options / Import/Export / Background image	Conjunto de opciones para controlar la imagen de fondo.
Options / Import/Export / Background image / Load image	Cargar una imagen de fondo en los formatos: bmp, png, sgy, sec. El formato sec es un formato interno de Zond , que contiene una imagen y las coordenadas de las esquinas.
Options / Import/Export / Background image / Remove background	Eliminar la imagen de fondo del proyecto.
Options / Import/Export / Background image / Change sizes	Esta opción permite cambiar en tiempo real el tamaño y la posición de la imagen de fondo definida por el usuario.
Options / Import/Export / Background image / Create shaded map	Usar como imagen de fondo el mapa de sombras del relieve generado a partir del modelo actual.

Options / Import/Export / Background image / Save background	Guardar la imagen de fondo en un archivo gráfico.
Options / Import/Export / Background image / Apply relief filter	Aplicar el filtro de relieve (sombras) a la imagen de fondo.
Options / Import/Export / Background image / Editor	Abrir el editor de imágenes de la imagen de fondo.
Options / Import/Export / Save synthetic with noise	Al guardar los datos del modelo, añadir ruido. En el cuadro de diálogo Noise settings se especifican Estimated current value, mA, Maximal noise level, mV y la opción Apply to IP .
Options / Import/Export / Export to Excel / Model	Guardar el modelo actual en una tabla de Excel.
Options / Import/Export / Export to Excel / Data levels	Guardar los datos actuales en una tabla de Excel.
Options / Import/Export / Import RAW data / COMx64, POLARES	Importar datos de mediciones realizadas con el equipo Mery/COMx64. En la ventana Import data se especifican el archivo de protocolo (Protocol file) y el archivo de datos (Data file), la separación mínima entre electrodos, y los valores mínimo y máximo de resistividad aparente; en las pestañas Currents y Electrodes se muestran las corrientes y los electrodos, y la lista Data set permite seleccionar el conjunto de datos.
Options/Import/Export/ Import RAW data / ELECTROTEST	Importar datos de mediciones realizadas con el equipo ELECTROTEST.
Options / Import/Export / Import RAW data / ERAMULTIMAX	Importar datos de mediciones realizadas con el equipo ERA-MULTIMAX.
Options / Import/Export / Load MOD1D/2D and ZondIP1D	Los formatos internos 1D/2D Zond de MOD permiten intercambiar modelos entre programas o proyectos. El modelo importado se incorporará al modelo actual.
Options / Import/Export /	Guardar el modelo en formato MOD1D/2D para utilizarlo

Save MOD1D/2D file	posteriormente en otros programas de interpretación Zond
Options / Import/Export / Export model to CAD (DXF)	Exportar el modelo (sección de contornos en representación vectorial) a un archivo en formato DXF (Autocad).
Options / Import/Export / Export model to geosoft	Exportar el modelo actual al formato del programa geosoft.
Options / Import/Export / Export GR pseudosection	Guardar la pseudosección en un archivo de texto XYZ.
Options / Import/Export / Export model to SEG-Y	Exportar el modelo actual al formato sísmico del programa seg-y.
Options / Import/Export / Convert to VES (ZondIP1D)	Si los datos de tomografía de resistividad eléctrica contienen elementos de sondeos 1D, estos se pueden seleccionar y exportar a un archivo zlf (zondip1d). En el cuadro de diálogo Export to ZondIP1d las pestañas corresponden a las configuraciones: Schlumberger/Wenner (Replace AB<=>MN), Pole-Dipole (AMN&MNB, AMN&MNB --> AMNB), Dipole-dipole (Sounding point: AB center / AB-MN center, Length AB, ABMN&MNAB), Pole-pole, Streamer (Land / Underwater / Floating). Minimum points: se omiten los sondeos con un número menor de puntos; Window, m: promediado de sondeos dentro de una ventana (0: sin promediado); Convert: ejecutar la exportación.
Options / Import/Export / Convert to 3D (ZondRes3D)	Convertir un conjunto de archivos 2D (z2d) en un único archivo Z3d (zondres3d). Los archivos Z2d deben ser archivos de texto. Las coordenadas XY del inicio y el final de la línea se especifican en la tabla del diagrama 3D fence diagram.
Options / Import/Export / Direct drawing in Surfer	Representar el modelo actual en Surfer. La representación se puede generar desde el modo <i>Contour section</i> . Pueden surgir problemas si hay dos versiones de Surfer instaladas o si no están instaladas las bibliotecas de intercambio.
Options / Cutting / Cutting angle	Conjunto de opciones para recortar las partes de la sección a las que las mediciones presentan poca sensibilidad. Por lo general, la forma de la sección resultante debe aproximarse a la de la pseudosección; el ángulo de recorte depende del tipo de

	configuración electródica. Esta configuración no se aplica a los datos entre pozos.
Options / Cutting / Group cutted of cells	Agrupar las celdas de la zona recortada en capas 1D para la inversión.
Options / Cutting / No cutting	No recortar la sección.
Options / Cutting / Cut by angle	Recortar los bordes del modelo con el ángulo especificado.
Options / Cutting / Cut by sensitivity	El contorno de recorte se genera en función del umbral de sensibilidad especificado. El umbral se expresa como porcentaje de la sensibilidad máxima.
Options / Cutting / User defined	Recortar la sección según el polígono definido por el usuario en la ventana User defined cutting polygon. El polígono se puede eliminar o generar automáticamente a partir de los datos (botón Create from data).
Options / Cutting / Semitransparent	Mostrar la zona de recorte semitransparente en lugar de ocultarla por completo.
Options / Cutting / Extend bottom	Si se ha definido la topografía del perfil y el coeficiente de distorsión topográfica es <1 , esta opción prolonga la última capa del modelo hasta la parte inferior de la sección del modelo.
Options / Cutting / Pseudo section bounded	Recortar la sección según las coordenadas horizontales mínima y máxima de la pseudosección.
Options / Cutting / Write points out of cut	Si se selecciona esta opción, se exportará toda la sección al archivo de texto XYZ; de lo contrario, solo se exportará la zona visible.
Options / Borehole / Create/Edit borehole data	Añadir (editar) datos de pozo (columnas litológicas).
Options / Borehole / Load borehole data	Abrir y mostrar un archivo con datos de registros de pozo y columnas litológicas, así como archivos en formato mod1d (archivos de interpretación unidimensional).
Options / Borehole / Remove boreholes	Eliminar del proyecto los datos de registros de pozo y las columnas litológicas.
Options / Borehole / Set column width	Definir la anchura de la columna litológica al mostrarla en la sección (como porcentaje de la longitud del perfil).

Options / Extra / Model smooth/raster	Esta herramienta permite suavizar todo el modelo o una parte de este, o agrupar celdas en bloques. La opción puede ser útil para suavizar la parte superior, muy heterogénea, de la sección o para realizar una inversión de tipo «blocks».
Options / Extra / IP units	Selección de las unidades de polarización inducida (IP): porcentajes o mV/V (difieren en un factor de 10).
Options / Extra / IP units / percents, mV / V	Selección de las unidades de medida de IP.
Options / Extra / IP units / Misfit in percents	Mostrar el error de ajuste de IP en porcentaje. Normalmente, el error de ajuste medio se muestra en porcentaje, pero para algunos tipos de mediciones (entre pozos, IP) resulta más claro utilizar el error de ajuste absoluto.
Options / Extra / IP units / Multiply data	Multiplicar todos los datos de IP por un factor especificado (de -100 a 100). Se utiliza, por ejemplo, para cambiar el signo o las unidades.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model	Configuración de la imagen del potencial y la sensibilidad en la ventana del modelo. La medición actual se selecciona en la tabla data editor.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model / Potential isolines	Activar el modo de visualización de las isolíneas de potencial para la posición de la línea de corriente. La medición actual se selecciona en la tabla del editor de datos, que aparece al seleccionar esta opción.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model / Sensitivity isolines	Activar el modo de visualización de las isolíneas de sensibilidad para cada medición. La medición actual se selecciona en la tabla del editor de datos, que aparece al seleccionar esta opción.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model / Sensitivity contours	Activar el modo de visualización de los contornos de sensibilidad para cada medición. La medición actual se selecciona en la tabla del editor de datos, que aparece al seleccionar esta opción.
Options / Extra / Display Rho&IP together	Mostrar isolíneas de cargabilidad sobre el modelo de resistividad o, a la inversa, isolíneas de resistividad sobre el modelo de cargabilidad.

Options / Extra / Extra isoline color settings	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de las isolíneas del segundo parámetro de la opción anterior.
Options / Extra / Resistivity & IP summary plot	Abrir la ventana con la imagen del modelo de resistividad y cargabilidad.
Options / Extra / Resistivity & MF summary plot	Abrir la ventana con la imagen del modelo de resistividad y del factor metálico.
Options / Extra/ Monitoring summary	Crear una sección de monitorización combinada (valor medio y porcentaje de cambio) en una ventana independiente. Abre en una ventana independiente dos secciones: 1. Sección del valor medio del parámetro. 2. Sección del cambio de este parámetro expresado en porcentaje. En esta ventana también se pueden guardar e imprimir las secciones obtenidas en formato bmp/png. Además, es posible exportar estas secciones al programa Surfer.
Options / Extra / Model&Data histograms	Mostrar el gráfico de distribución de los parámetros aparentes y de los parámetros verdaderos del modelo.
Options / Extra / Before loading	Para ejecutar los comandos siguientes de la sección del menú Extra, es necesario activarlos antes de abrir el archivo de datos.
Options/Extra/ Before loading / Open in modeling mode	Abrir el archivo de datos en modo de modelización (no se mostrarán los valores observados).
Options / Extra / Before loading / Include extended nodes	Añadir nodos adicionales en los bordes del modelo. Esto puede resultar útil para las mediciones entre pozos.
Options / Extra / Before loading / Round electrodes positions	Esta opción reduce el número de posiciones únicas de electrodos en el perfil. El programa solicita la distancia mínima entre los electrodos. Suele utilizarse cuando los cables de corriente y de potencial están separados. Se debe definir este parámetro con mucho cuidado (normalmente, corresponde a la separación mínima), sobre todo si las posiciones de los electrodos están especificadas en el sistema UTM.
Options / Extra / Before loading / Round for sources(float)	Opción de redondeo en la que la malla de posiciones se construye a partir de los electrodos de corriente (para mediciones acuáticas con cables flotantes).

Options / Extra / Before loading / Swap SR	Intercambiar los electrodos de corriente y de potencial (A, B ↔ M, N) al cargar los datos. La opción se aplica a una sola carga y luego se desactiva.
Options / Extra / Before loading / Remove duplicates	Si el archivo de datos contiene mediciones repetidas, estas se eliminarán.
Options / Extra / Before loading / Average duplicates	Si el archivo de datos contiene mediciones repetidas, estas se promediarán.
Options / Extra / Array converting	Contiene opciones para convertir dispositivos electródicos de tres electrodos en dispositivos de cuatro electrodos y para trabajar con el “infinito”.
Options / Extra / Array converting / Convert AMN&MNB → AMNB	Recalcular los datos de los dispositivos electródicos directos e inversos de tres electrodos como datos de un dispositivo de cuatro electrodos —la configuración Schlumberger—, si es posible.
Options / Extra / Array converting / Convert AMN&MNB → AMNA	Convertir los dispositivos electródicos inversos de tres electrodos en un dispositivo simétrico anómalo AMNA, si es posible. Este dispositivo pertenece a la clase de configuraciones para el método de anomalías puras y no está influido por un medio horizontalmente estratificado que lo rodee. Es muy sensible a los objetos locales, especialmente a los superficiales, presenta cambios de signo y no permite calcular la resistividad aparente. La inversión de estos datos debe utilizarse como método de refinamiento, a partir de modelos iniciales obtenidos con configuraciones tradicionales, para lograr una mejor resolución de los objetos locales.
Options / Extra / Array converting / Calculate true app.res	Recalcular la resistividad aparente con coeficientes geométricos calculados numéricamente que tienen en cuenta la topografía y, en las mediciones acuáticas, la capa de agua. Está disponible en el modo de modelo de malla durante la interpretación de datos de resistividad.
Options / Extra / Array converting / Remote electrodes to infinite	Si las mediciones se realizaron con electrodos “en el infinito” cuyas coordenadas están especificadas, al aplicar esta opción, este electrodo se considerará idealmente infinito.
Options / Extra / Array converting / Edit remote	Esta opción permite cambiar las coordenadas de los electrodos

electrodes position	“en el infinito”.
Options / Extra / Remove data with big misfit	Abrir ventana Data misfits con errores de ajuste de las mediciones (pestañas Scatter plot, Distribution, Cross-plot). Establezca un umbral de error de ajuste o seleccione los puntos; el botón Apply&exit elimina las mediciones seleccionadas y vuelve al modo de inversión. La inversión previa al filtrado debe iniciarse con la opción robust reweighting scheme activada.
Options / Extra / Remove empty records	Eliminar los registros que no contienen valores medidos.
Options / Extra / Set user weights	Abrir la ventana Set weights para asignar pesos a las mediciones en el gráfico.
Options / Extra / Copy calculated to measured	Sustituir todos los valores observados por los calculados para el modelo actual; los pesos de las mediciones se establecen en 1. Se utiliza para obtener datos sintéticos.
Options / Extra / Display on electrode	Seleccionar las etiquetas de los electrodos: Nothing — sin etiqueta; Index — número del electrodo; Distance — coordenada; RMS — error de ajuste relativo para cada electrodo.
Options / Extra / EM coupling removal	Si las mediciones se realizaron en un modo de frecuencia relativamente alta (normalmente, 10-20kHz para sistemas sin contacto), se pueden convertir los datos a frecuencia cero mediante esta opción.
Options / Graphics / Observed graphics	Abrir el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de los gráficos de datos observados.
Options / Graphics / Calculated graphics	Abrir el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de los gráficos de datos calculados.
Options / Graphics / Smooth contours	Suavizar los contornos del modelo en el modo de visualización correspondiente (<i>Contour section</i>).
Options / Graphics / Smoothness degree	Grado de suavizado de la sección (1–30). Cuanto mayor sea el parámetro de suavizado, más suave será la sección.
Options / Graphics / Set user isolines	Definir valores personalizados de las isolíneas. Disponible para la sección de contornos de resistividad.
Options / Graphics / Blocky contours	Método alternativo para generar una sección de contornos. Produce una estructura más a bloques. Es más lento que el método habitual.

Options / Graphics / Copy pseudo colors to model	Copiar la configuración de la escala de colores de la pseudosección a un modelo en 2D.
Options / Graphics / High quality isolines	Dibujar isolíneas suavizadas en alta calidad. Debido a la baja velocidad, se recomienda utilizar esta opción en la fase final de generación de gráficos.
Options / Graphics / Bitmap out put settings	Abrir el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la imagen gráfica al exportarla.
Options / Graphics / Axis behind	Dibujar las cuadrículas de los ejes antes o después de la imagen de la sección.
Options / MT data / Load MT data	Cargar datos MT. Se pueden importar ambos formatos de texto m2d (zondmt2d) y mdf (zondmt1d) para realizar una inversión conjunta. Las coordenadas de las estaciones (distancias, km) deben estar en el mismo sistema que el modelo actual.
Options / MT data / Invert MT data	Incluir los datos MT en la inversión conjunta con los datos del método de resistividad.
Options / MT data / Components	Seleccionar qué componentes del campo magnetotelúrico (TM, TE, tipper o impedancia efectiva) participarán en la inversión.
Options / MT data / Components / TM inversion	Seleccionar el modo TM para la inversión conjunta.
Options / MT data / Components / TE inversion	Seleccionar el modo TE para la inversión conjunta
Options / MT data / Components / Tipper inversion	Seleccionar el tipper para la inversión conjunta
Options / MT data / Components / Eff inversion	Seleccionar la impedancia efectiva para la inversión conjunta. Disponible si se han cargado ambos modos, TE y TM.
Options / MT data / Show MT plot	Mostrar la ventana con los datos MT.
Options / MT data / With static shift	Corrección automática de los desplazamientos galvánicos de los datos MT durante la inversión. El programa modela el desplazamiento galvánico como un sumando del logaritmo del valor. Se debe establecer el valor máximo absoluto del desplazamiento, de acuerdo con la distribución real de los datos.

	Se recomienda activar el ajuste de los desplazamientos galvánicos después de 3-4 iteraciones de inversión sin corrección de estos desplazamientos.
Options / MT data/ Set weight of MT	Definir el peso de los datos MT. El peso permite aumentar o reducir el error de ajuste relativo del método.
Options / MT data / Eff / Berd impedance	Seleccionar la definición de la impedancia efectiva: si la opción está activada, se utiliza la variante de Berdichevsky; de lo contrario, se utiliza la media geométrica.
Options / Seismic data / Load SRT data	Para importar los datos se utiliza un archivo de texto muy sencillo que contiene tres columnas con los siguientes encabezados: «sx» - coordenada de la fuente (metros), «rx» - coordenada del receptor (metros), «fb» - primera llegada (milisegundos). Las coordenadas (distancias, m) deben estar en el mismo sistema que el modelo actual.
Options / Seismic data / Show SRT plot	Mostrar la ventana con los datos sísmicos.
Options / Seismic data / Invert SRT data	Incluir los datos sísmicos en la inversión conjunta para el modo de medio estratificado arbitrario.
Options / Seismic data / Set weight of SRT	Definir el peso común de todos los datos sísmicos para la inversión conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo del método.
Options / MASW data / Load MASW data	Cargar datos MASW (ondas superficiales) desde un archivo *.msw.
Options / MASW data / Show MASW plot	Mostrar la ventana con los datos MASW.
Options / MASW data / Invert MASW data	Incluir los datos MASW en la inversión conjunta. Al activarse, se desactiva la inversión de los datos sísmicos SRT.
Options / MASW data / Set weight of MASW	Definir el peso común de los datos MASW para la inversión conjunta.
Options / MASW data / MASW cone	Definir la anchura de la zona de influencia del punto MASW en la parte superior e inferior.
Options / MASW data / PR&Rho	Definir el coeficiente de Poisson (0.01–0.45) y la densidad (0.3–4) utilizados en el cálculo MASW.
Options / GraviMagnetic /	Cargar datos gravimagnéticos desde un archivo de texto (con

Load new data	varias columnas). Los encabezados de las columnas se introducen en la primera fila de la tabla. Los datos deben estar en el mismo sistema de coordenadas (distancias) que el modelo actual.
Options / GraviMagnetic / Add new data	Añadir datos gravimagnéticos al proyecto.
Options / GraviMagnetic / Save data	Guardar los datos observados y calculados en un archivo de texto.
Options / GraviMagnetic / Field setting	Configuración de los parámetros de los campos gravitatorio y magnético.
Options / GraviMagnetic / Substract median grav	Restar la mediana de las observaciones gravimétricas para obtener el campo anómalo.
Options / GraviMagnetic / Substract median mag	Restar la mediana de las observaciones magnéticas para obtener el campo anómalo.
Options / GraviMagnetic / Inversion	Invertir los datos de gravimetría y magnetometría en modo poligonal.
Options / GraviMagnetic / Invert gravity	Establece si se deben invertir los datos de gravimetría en el modo de modelo estratificado arbitrario.
Options / GraviMagnetic / Invert magnetic	Establece si se deben invertir los datos de magnetometría en el modo de modelo estratificado arbitrario.
Options / GraviMagnetic / Set weight of gravity	Definir el peso común de todos los datos de gravimetría para la inversión conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo del método.
Options / GraviMagnetic / Set weight of magnetic	Definir el peso común de todos los datos de magnetometría para la inversión conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo del método.
Options / GraviMagnetic / Display GM window	Mostrar la ventana con los datos gravitatorios y magnéticos y el modelo(en el modo cross-gradient).

Script	
Esta opción es necesaria para el procesamiento por lotes de varios archivos. Primero se registra y procesa un archivo; después se detiene la grabación y se aplica el script a todos los demás archivos.	
Script / Start recording script	Iniciar la grabación del script. Se debe pulsar antes de abrir un archivo nuevo.
Script / Stop recording script	Finalizar la grabación del script. Después del procesamiento.
Script / Run packet processing	Seleccionar la lista de archivos para el procesamiento por lotes con el script grabado.
Script / Save script file	Guardar el script actual en un archivo de texto.
Script / Load script file	Cargar un script desde un archivo.
Script / Preset / stable 1	Script predefinido. Estrategia por etapas para obtener resultados estables, incluso con datos de muy baja calidad. En el primer ciclo se utilizan celdas de inversión grandes; en cada ciclo siguiente se utiliza el modelo obtenido en el anterior (después de suavizarlo) y se reduce el tamaño de la celda. Disponible en el modo de modelo en malla.
Script / Preset / PC-suppress	Script predefinido para suprimir los efectos P/C en los datos observados: inversión con dos capas superficiales (una para los datos de pozo) y posterior suavizado del modelo. Se debe aplicar solo si los datos están muy distorsionados. Disponible en el modo de modelo en malla.
Buffer	
Buffer	El búfer permite almacenar hasta cinco modelos obtenidos mediante distintos métodos. Se pueden comparar en una ventana especial, lo que puede ser útil para comparar los resultados de la inversión con diferentes configuraciones.
Buffer / Model 1 ... Model 5	Guardar o cargar un modelo en (desde) el portapapeles.
Buffer / Open	Mostrar una ventana con todos los modelos del búfer. Esto puede ser útil para comparar los resultados de la inversión con distintos ajustes.
Help	

Help / About	Acerca de.
Help / Manual	Abrir el manual del programa.
Help / Server	Selección del servidor para comprobar actualizaciones: zond-geo.com, zond-geo.co, kaminae.narod.ru.
Help / Errorr!!!Clear settings	Restablecer todos los ajustes a sus valores iniciales después de reiniciar el programa.
Help / Check for updates	Comprobar si hay actualizaciones.
Help / Map type	Tipo de imagen de fondo cartográfica: Sat1, Sat2, Sat3 (imágenes de satélite), Streets (calles), Topo (topográfica).
Help / Show news	Mostrar noticias.
Help / Send message to us	Enviar un mensaje al desarrollador. Los mensajes solo se transmiten correctamente si están escritos en caracteres latinos. Por ello, se debe utilizar la transliteración.

Al pasar a la ventana «modelo de capas arbitrarias» (botón  de la barra de herramientas de acceso rápido de la ventana principal del programa), también quedan disponibles las siguientes opciones de menú:

Layered / Model constructor	Abrir el constructor para el modelo de capas arbitrarias.
Layered / Save to mesh	Incorporar el modelo de capas arbitrarias a la malla.
Layered / Load from mesh	Utilizar como parámetros de las capas el promedio de todas las celdas que pertenecen a cada capa.
Layered / Set boundaries as apriori	Transferir los límites del modelo estratificado a los límites a priori (Set boundaries), que se tienen en cuenta durante la inversión del modelo de malla.
Layered / Layers2pols	Crear un modelo poligonal a partir del modelo estratificado: los límites de las capas se convierten en límites de los polígonos y los parámetros de estos equivalen a los valores medios de los parámetros de las capas.
Layered / Invert Rho&IP	Inversión conjunta de datos de los métodos de resistividad e IP con una geometría única de capas.
Layered / Invert boundaries	Ajustar la geometría de los límites durante la inversión. A veces es

	necesario ajustar solo los parámetros (los límites son conocidos y están fijados).
Layered / Draw labels	Mostrar los valores de la propiedad física en el nodo del parámetro. La selección del parámetro que se mostrará se realiza en el constructor.
Layered / Transparent	No colorear las capas. Permite ver la imagen de fondo con los resultados de la inversión en el modo de malla y definir un modelo inicial óptimo.
Layered / Edit mode	Activar el modo de edición del medio de capas arbitrarias. La edición se realiza con el ratón. Los límites se arrastran en dirección vertical; al hacer clic en la etiqueta de una capa se puede editar el valor del parámetro.
Layered / Save layers	Guardar el modelo estratificado en un archivo de texto.
Layered / Load layers	Cargar un modelo estratificado desde un archivo de texto.

Además, al pasar al modo «modelo de capas arbitrarias», en la pestaña de opciones aparece la posibilidad de trabajar con el método de transitorios electromagnéticos en la zona cercana (TEM) y con sondeos de frecuencia (SF).

Options / TDEM data / Load TDEM data	Para importar datos se utilizan los formatos de texto TDF (<i>zondtem1d</i>) y USF (<i>universal sounding format</i>). Las coordenadas (distancias, m) deben estar en el mismo sistema que el modelo actual. La inversión conjunta solo está disponible en el modo «modelo de capas arbitrarias».
Options / TDEM data / Show TDEM data	Mostrar una ventana con los datos del método TEM o de los sondeos de frecuencia (SF).
Options / TDEM data / Invert TDEM data	Incluir los datos TEM o SF en la inversión conjunta para un medio de capas arbitrarias.
Options / TDEM data / TDEM cone	Abrir el diálogo Sounding cone: ancho de la zona de influencia del sondeo en la parte superior e inferior (en porcentajes o metros). Disponible en el modo de modelo de malla.
Options / TDEM data /	Define el peso global de todos los datos TEM/SF para la inversión

Set weight of TDEM	conjunta. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo de la inversión.
Options / TDEM data / Data factor	Multiplicador para los datos TEM/SF (0.001–1000).

Al pasar a la ventana de modelización poligonal (botón  de la barra de herramientas de la ventana principal del programa), quedan disponibles las siguientes opciones de menú adicionales:

Modeling / Background image	Imagen de fondo en el modo de modelización poligonal: Load background – cargar, Show background – mostrar u ocultar, Remove background – eliminar.
Modeling / Get values from mesh	Asignar automáticamente valores de parámetros a los polígonos. El valor equivale al valor medio de todas las celdas del modelo que quedan dentro del polígono.
Modeling / Set values to mesh	Incorporar el modelo poligonal a la malla.
Modeling / Save polygons	Guardar los polígonos en un archivo de texto.
Modeling / Load polygons	Cargar polígonos desde un archivo de texto.
Modeling / Remove all polygons	Eliminar los polígonos definidos por el usuario.
Modeling / Display color scale	Mostrar la escala de colores junto a la sección.
Modeling / Colors from color scale	Asignar colores a los polígonos según la escala de colores.

Además, al pasar al modo de «modelización poligonal» , en la pestaña de opciones aparece la posibilidad de trabajar con el método del potencial espontáneo (SP).

Options / Self potential / Load SP data	Cargar datos de SP. Para importar datos se utiliza un archivo de texto muy sencillo que contiene cuatro columnas: 1) punto de registro (metros), 2) posición del electrodo M (metros), 3) posición del electrodo N (metros), 4) diferencia de potencial observada. Las coordenadas (distancias) deben estar en el mismo sistema que el modelo actual. El punto de registro es el punto
--	--

	medio entre M y N en el levantamiento de gradiente, y la coordenada del electrodo móvil en el levantamiento de potencial.
Options / Self potential / Remove SP data	Eliminar los datos de SP del proyecto.
Options / Self potential / Get SP from ERT	Extraer datos de SP de los datos de tomografía de resistividad eléctrica (ERT). Con bastante frecuencia, el archivo de resultados de ERT ya contiene valores de SP.
Options / Self potential / Export to ZondSP2d	Exportar las observaciones del método de potencial espontáneo a un archivo de texto en el formato del programa ZondSp2d. Además de los datos, se exporta el modelo de resistividad actual en formato MOD2D.
Options / Self potential / Redox factor vs Z	Definir el comportamiento del potencial del factor determinante en función de la profundidad.
Options / Self potential / Use polygons resistivity	Si esta opción está activada, al calcular el SP se utilizarán los valores de resistividad de los polígonos; de lo contrario, se utilizarán los de la malla.
Options / Self potential / Invert redox factor	Ajustar la función de distribución de las fuentes de SP en función de la profundidad. La distribución depende únicamente de la coordenada Z. Se debe definir el tipo de conductividad para cada polígono. El tipo de conductividad (electrónica o iónica) se establece en el diálogo Body parameters (doble clic en el polígono). Si la casilla está marcada, se selecciona la conductividad electrónica; de lo contrario, se selecciona la iónica.
Options / Self potential / Invert volume sources	Encontrar la distribución volumétrica de fuentes dentro de un polígono específico definido por el usuario.
Options / Self potential / Remove volume sources	Eliminar la distribución volumétrica de fuentes.
Options / Self potential / Display SP window	Mostrar la ventana con los datos del método SP.

Barra de estado

La barra de estado se encuentra en la parte inferior de la ventana de trabajo del programa y está dividida en varias secciones que contienen distinta información:

- Coordenadas del cursor y de la celda activa.
- Parámetros de la celda activa.
- Modo de trabajo del editor del modelo.
- Indicador de proceso.
- Error de ajuste relativo.
- Información adicional. Por ejemplo, el número de mediciones y celdas del modelo o el estado del proceso durante la inversión

Teclas de acceso rápido

Teclas del cursor / cursor en el editor del modelo	Cambiar la celda activa del modelo.
Delete/cursor en el editor del modelo	Restablecer el parámetro de la celda al valor definido inicialmente para el semiespacio.
Insert / cursor en el editor del modelo	Asignar a la celda activa el valor actual.
F / cursor en el editor del modelo	Fijar el valor de la celda activa.
X / cursor en el editor del modelo	Utilizar la herramienta que selecciona las celdas con valores similares.
V / cursor en el editor del modelo	Eliminar la selección.
Ctrl+C / cursor en el editor del modelo	Manteniendo pulsadas las teclas, mover el área seleccionada con el ratón.
Arriba/abajo / cursor en la escala de colores	Cambiar el valor actual.
Z / cursor en el editor del modelo	Establecer como actual el valor de la celda activa.
S / cursor en el editor del modelo	Seleccionar la celda activa o anular su selección.
A (mantener pulsada) / cursor en el editor del modelo	Mostrar un círculo que representa el tamaño del área de resolución en la posición del cursor. Disponible después de calcular DOI index.
Space	Resolver el problema directo.

Filtro de datos

El diálogo **Data filter** se abre al cargar un archivo de datos si está activada la opción **File / Show data filter**. En los campos del diálogo se definen los intervalos de valores permitidos:

coordenadas de los electrodos (**Min/Max X, Y, Z**), separación (**Min/Max spc**), resistividad aparente (**Min/Max app.res**), cargabilidad aparente (**Min/Max app.pol**), corriente mínima (**Min current**), error máximo (**Max error**) y peso mínimo de IP (**Min IP weight**). Las mediciones que quedan fuera de los intervalos establecidos no se cargan. La opción **Remove empty records** elimina los registros sin valores medidos. El botón **Apply** aplica el filtro.

Panel de elementos

El panel **Element's toolbox (Options / Elements toolbox)** permite añadir elementos gráficos a la sección del modelo, la pseudosección o el modelo poligonal: polígonos, líneas y rótulos de texto. El tipo de elemento nuevo se selecciona haciendo clic derecho en el botón de añadir. El panel incluye botones para editar la geometría del elemento, eliminar el elemento activo o todos los elementos, mostrar u ocultar elementos, una lista de elementos, un campo de texto para los rótulos y opciones de configuración de línea y relleno.

Análisis de sensibilidad y resolución

La ventana **Model resolution** se abre con las opciones **Options / Model / Sensitivity analysis** y **Options / Model / Resolution analysis**. La ventana está dividida en tres partes: el modelo actual, la sensibilidad (o resolución) integral y la sensibilidad (o resolución) individual de la celda seleccionada haciendo clic en el modelo. Los resultados se pueden guardar en un archivo mediante el botón de la barra de herramientas de la ventana.

Proyecto de área

El botón **Create areal project** de la barra de herramientas abre la ventana **Area** para trabajar con varios perfiles en un mismo proyecto. Al crear el proyecto, se especifican su nombre (se crea una carpeta del proyecto junto al programa) y el nombre de la primera línea, para la que se utiliza el archivo de datos actual. Se añaden líneas nuevas abriendo archivos de datos. La ventana muestra una tabla de líneas y su ubicación en planta; la línea activa se selecciona haciendo clic en la tabla o en el plano. Al cambiar de línea, se guardan la línea actual y su modelo. Al hacer clic en la tabla mientras se mantiene pulsada la tecla Ctrl, se abre la ventana **Line coordinates** para especificar las coordenadas inicial y final de la línea (**X0, Y0, X1, Y1**; la opción **LonLat->UTM** convierte las coordenadas geográficas a UTM). La barra de la ventana también incluye botones para eliminar una línea, cargar un mapa de la zona e invertir secuencialmente todas las líneas a partir de la línea activa.

Creación de un sistema sintético de mediciones

El sistema de observación (medición) se puede definir de dos maneras: seleccionándolo directamente en el programa o cargándolo desde un archivo de datos (mediciones) creado previamente. Cabe señalar que el método «**Creación de un sistema de mediciones en ZondRes2D**» permite modelizar eficazmente dispositivos con separación constante entre electrodos, es decir, cables con separación constante. Para modelizar con sistemas de observación arbitrarios, consulte la sección del manual «**Carga de un sistema de mediciones desde un archivo de datos**».

Creación de un sistema terrestre de mediciones en ZondRes2D

Para abrir el diálogo con las opciones para seleccionar los parámetros del sistema de medición de tomografía de resistividad eléctrica, se puede utilizar la opción del menú principal: **File / Create synthetic survey**.

Con la pestaña **Settings** es posible crear una configuración de mediciones utilizando cualquiera de los dispositivos más tradicionales.

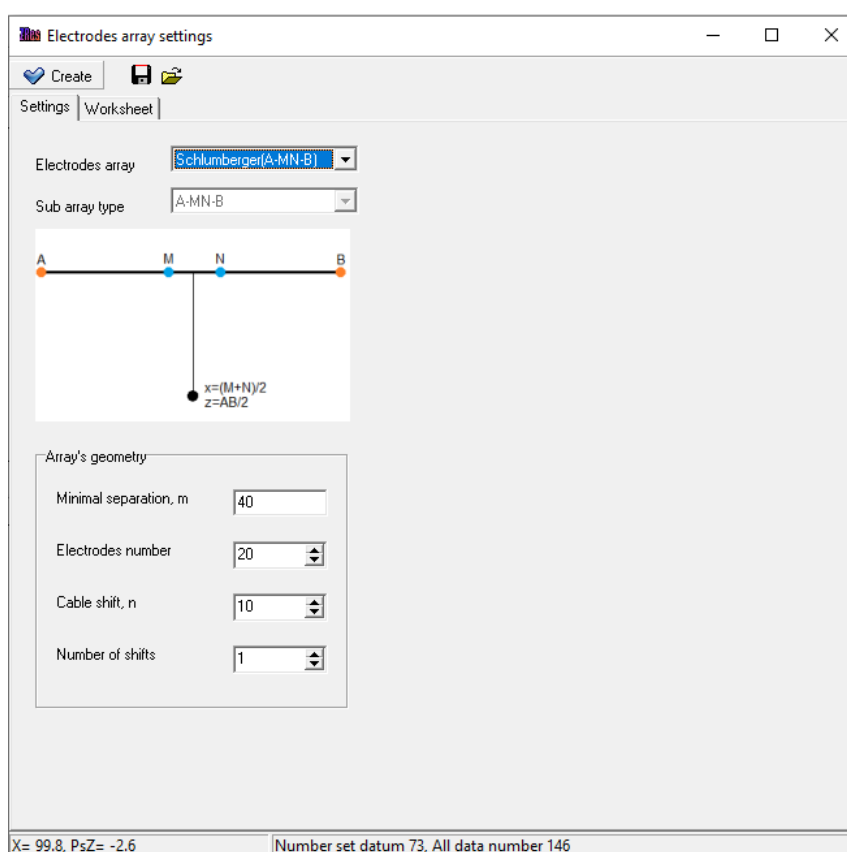


Fig. 2 Cuadro de diálogo «Electrodes array settings», pestaña «Settings»: selección del tipo y de las características principales de la geometría del dispositivo

En la parte superior de la pestaña se puede seleccionar el tipo de dispositivo en la lista desplegable **Electrodes array**: de dos electrodos (Pole-Pole,A-M), de tres electrodos (Pole-Dipole,

A-MN), dipolar (Dipole-Dipole, AB-MN), Wenner (Wenner, A-M-N-B), Schlumberger (Schlumberger, A-MN-B) y gradiente (Gradient, A-MN-B). En la parte central de la pestaña **Settings** aparecerá el dibujo correspondiente del dispositivo:

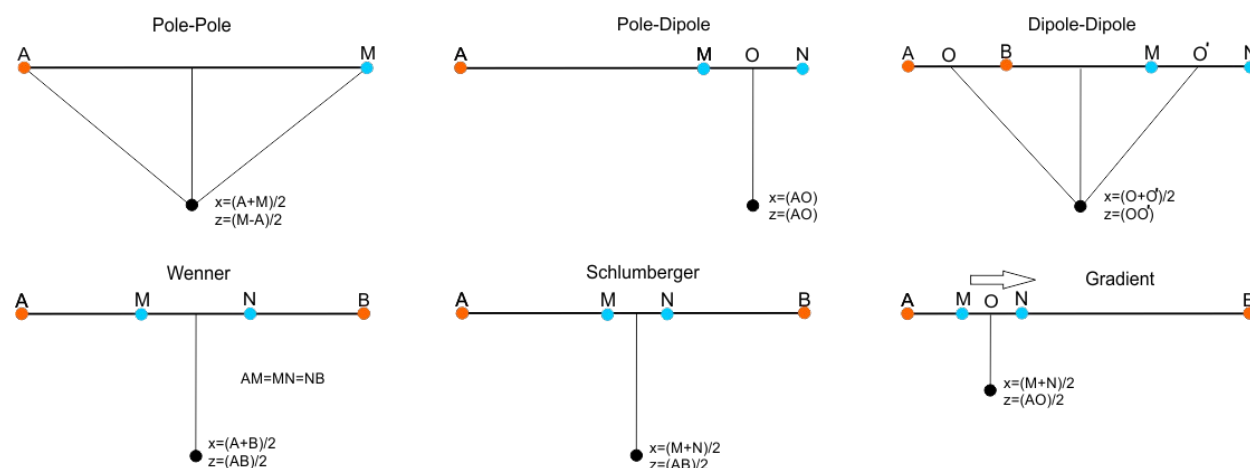


Fig. 3 Tipos de dispositivos más comunes

La lista desplegable **Sub array type** permite seleccionar el subtipo del dispositivo definido anteriormente (orden de disposición de los electrodos). Por ejemplo, para un dispositivo de tres electrodos, se puede seleccionar la configuración directa (Forward, A-MN), inversa (Reverse, MN-A) o su combinación (A-MN&MN-A).

En la parte inferior de la pestaña **Settings** se encuentran los ajustes de **Array's geometry**, que definen los principales parámetros geométricos de la configuración de mediciones que se va a crear:

Minimal separation, m - separación mínima entre electrodos, en metros;

Electrodes number - número de electrodos en un cable;

Cables shift, n – valor del desplazamiento entre cables contiguos, expresado en unidades de separación entre electrodos («**Minimal separation, m**»);

Number of shifts – número de desplazamientos del cable a lo largo del perfil. Si se introduce 0 en este campo, se mostrará un solo cable.

La pestaña **worksheet** (véase la figura siguiente) permite configurar con más detalle la geometría del sistema de observación.

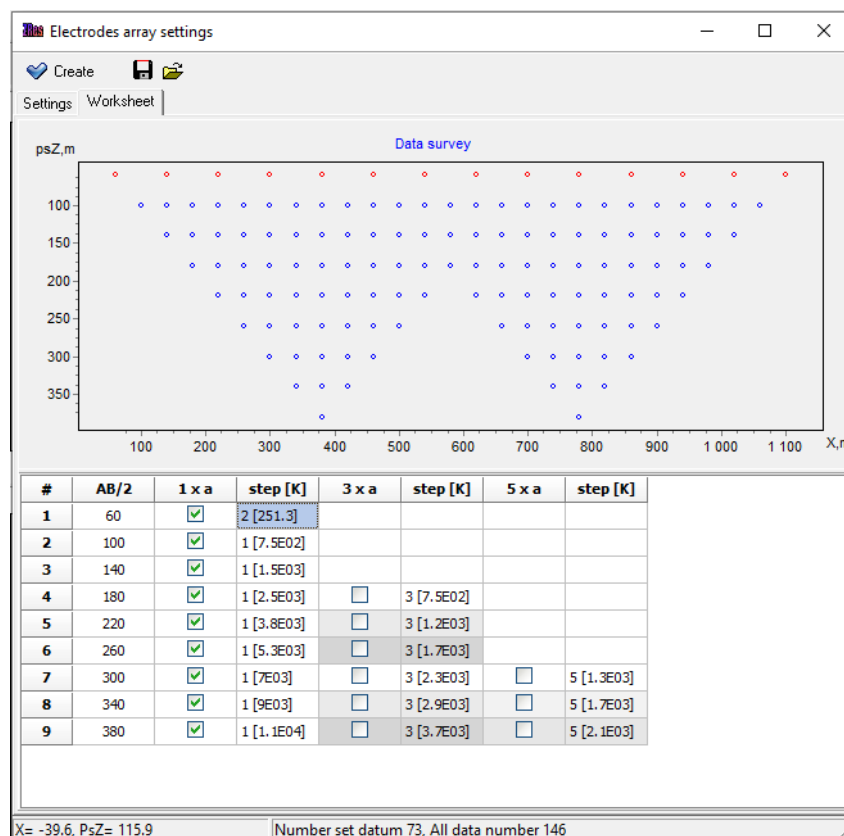


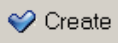
Fig. 4 Cuadro de diálogo «Electrodes array setting», pestaña «Worksheet»: características adicionales de la geometría

En la parte superior de la pestaña **Worksheet** se encuentra la ventana **Data survey**, que contiene una representación gráfica de la configuración de mediciones creada. En la ventana **Data survey** se muestra esquemáticamente la ubicación de los puntos de registro mediante círculos. El eje horizontal representa la distancia a lo largo del perfil, en metros, y el vertical, la separación del dispositivo, en metros. Al pasar el cursor sobre un punto de registro, se pueden ver los números de los electrodos correspondientes. Por ejemplo, **C1C4P2P3** para el dispositivo **Schlumberger(A-MN-B)** significa que, para este punto de registro, se utilizan como electrodos de corriente (**Current**) los electrodos **1** y **4**, y los electrodos **2** y **3** como electrodos de potencial (**Potential**).

En la parte inferior de la pestaña **Worksheet** se encuentra una tabla. La primera columna contiene todos los valores posibles de separación, en metros (**AO**, **OO**, **AB/2** o **AM/2** según el tipo de dispositivo seleccionado). Para incluir una separación determinada en el sistema de mediciones, se utiliza la columna «**M**» en el dispositivo **Pole-pole(A-M)**. Para los demás dispositivos, la inclusión de la separación se determina mediante la columna «**n x a**» (en), donde **n** es un número impar, por ejemplo, «**1 x a**» o «**5 x a**». El valor «**n x a**» representa la longitud de la línea de potencial, donde «**a**» es «**Minimal separation, m**», es decir, la distancia mínima entre los electrodos del cable. Cada columna «**step[K]**» posterior a la columna «**n x a**» («**M**») determina la frecuencia (densidad) de las mediciones para la separación correspondiente. El valor de **step** se puede establecer

manualmente para cada separación y determina la frecuencia (densidad) de las mediciones; el valor de **[K]** (factor geométrico del dispositivo) se calcula automáticamente. Por ejemplo, si se establece el valor 3 en la columna «**step[K]**» de la primera fila (primera separación), las mediciones se realizarán en uno de cada tres puntos posibles. En la parte superior de **Data survey** solo quedará visible uno de cada tres puntos de registro.

La configuración de mediciones se puede guardar en los formatos Syscal sequence (*.txt), ABEM sequence (*.xml), MAE sequence (*.sem), MAE sequence1, Multimax sequence (*.txt), AGI sequence (*.cmd), MAE instrument (*.sem) y Pasi sequence (*.gpd) mediante el botón  situado en la esquina superior izquierda del cuadro de diálogo. El botón **Load sequence** carga un protocolo existente (Syscal *.txt, *.swi; MAE *.sem, *.semc) y crea a partir de él un sistema de mediciones. El clic derecho en la ventana **Data survey** abre el menú **Filling by max coeff / Filling by max coeff [full]** – completar el sistema de mediciones hasta el factor geométrico máximo especificado (10–10000, 2000 de forma predeterminada).

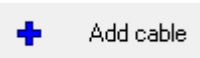
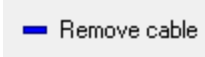
Tras configurar los parámetros del sistema de medición y pulsar el botón , aparece el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la malla **Mesh constructor**. En los campos **Start resistivity** (y **Start polarizability**) se pueden establecer la resistividad eléctrica (y la cargabilidad) de las rocas encajantes. Al pulsar el botón **Apply**, se activan los botones de funciones para trabajar con los datos en la barra de herramientas de la ventana principal del programa, y en la sección derecha de la barra de estado aparece información resumida sobre los datos y el modelo (número de puntos de registro y celdas del modelo 2D).

El sistema de medición se puede cambiar sin modificar el modelo mediante la opción del menú principal del programa **File / Change electrodes array**, que vuelve al cuadro de diálogo de creación del sistema de medición.

Creación de un sistema de medición entre pozos en ZondRes2D

Para acceder al cuadro de diálogo que contiene un conjunto de ajustes para seleccionar los parámetros del sistema de medición entre pozos, se puede utilizar la opción del menú principal del programa: **File / Create CBH survey**.

En la pestaña **Cables setup** (véase la figura siguiente) se puede definir con el ratón la geometría del cable en la imagen de fondo XZ.

Se añade un cable con el botón , especificando el número de electrodos y la separación entre ellos en metros. El cable se elimina con el botón . En la lista desplegable **Cable#** se puede seleccionar el cable (o el par de cables) con el que se trabaja.

El clic derecho finaliza el proceso de creación del cable en la imagen de fondo.

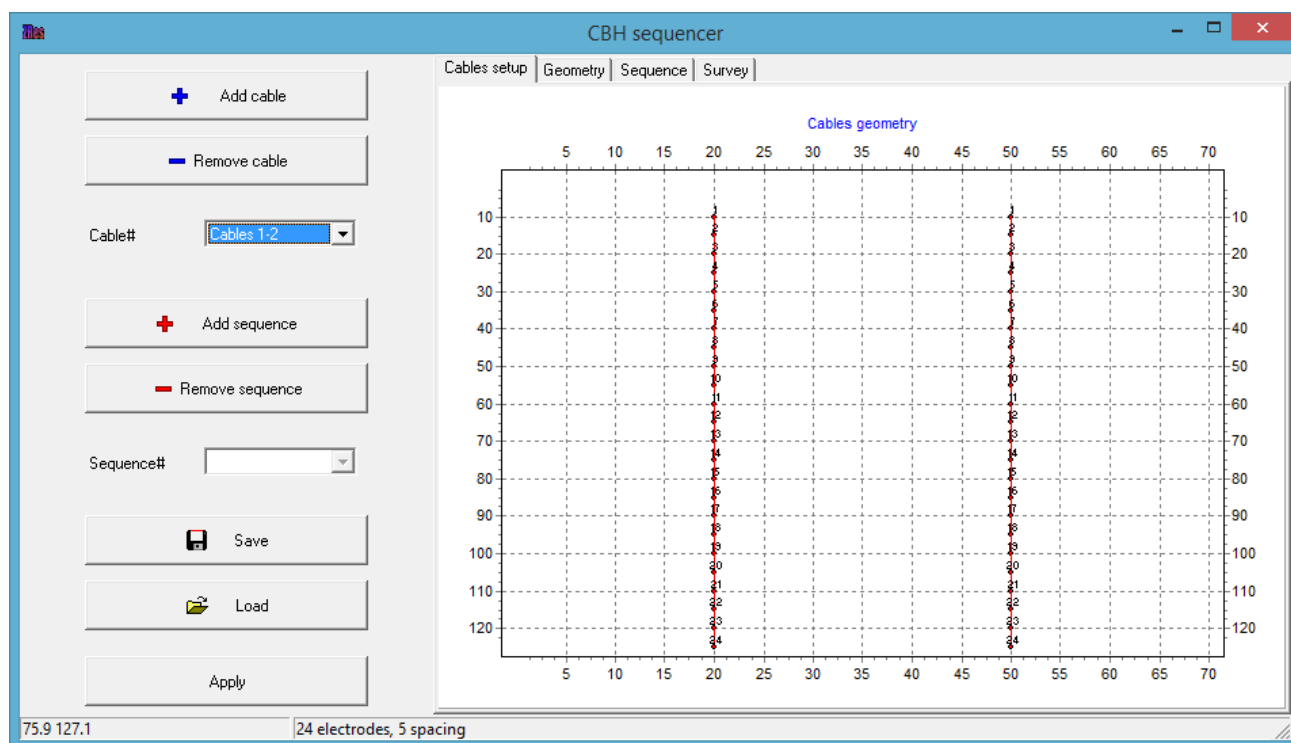


Fig. 5 Cuadro de diálogo «CBH Sequencer», pestaña «Cables setup»

En la pestaña **Geometry** (véase la figura siguiente) se puede editar la geometría de los electrodos en la tabla.

La columna Ind permite asignar un índice entero a cada electrodo.

La selección de la columna rmt indica que el electrodo se considera «remoto al infinito».

La casilla de verificación de la columna skp excluye este electrodo del cable al crear el protocolo.

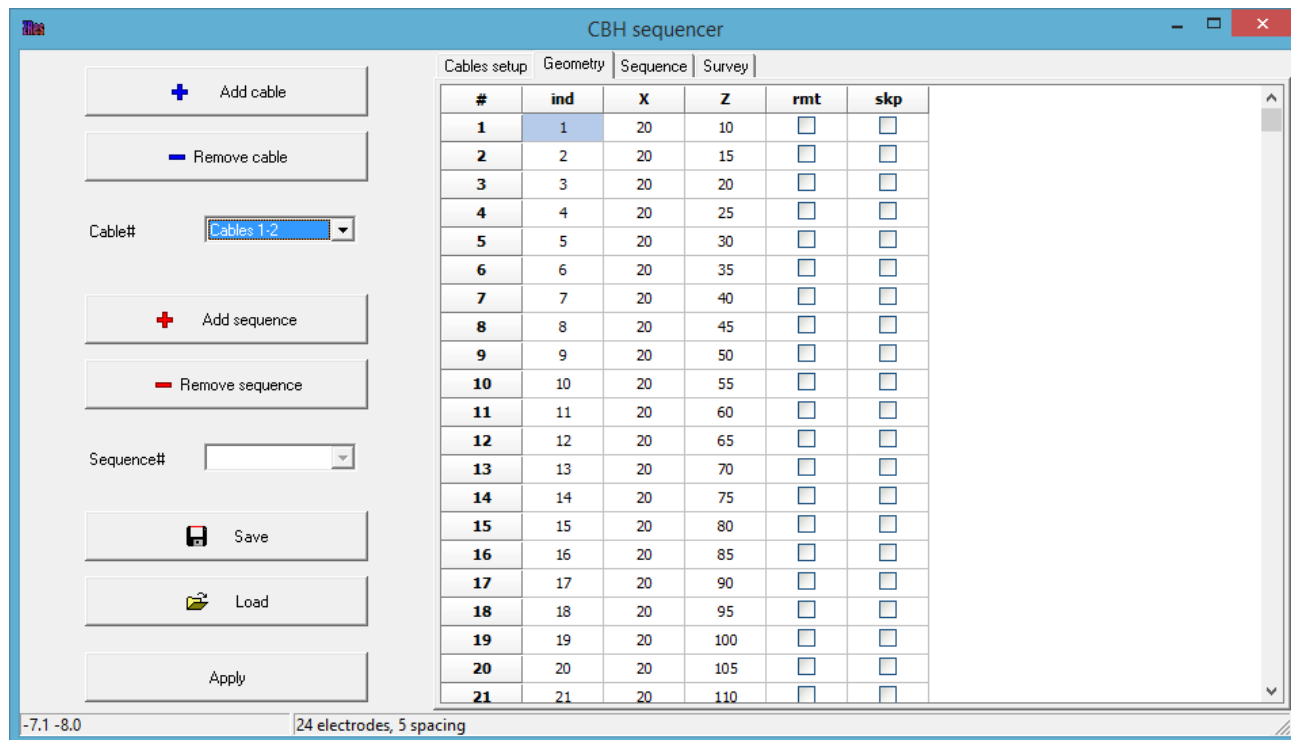


Fig. 6 Cuadro de diálogo «CBH Sequencer», pestaña «Geometry»

La pestaña **Sequence** (véase la figura siguiente) está destinada a crear el protocolo de adquisición. La lista desplegable **Array** permite seleccionar el tipo de dispositivo: Pole-Pole, Pole-dipole, Dipole-dipole, Bipole-bipole. La lista desplegable **Geometry** permite seleccionar la orientación de los dipolos: Inline, Parallel, Arbitrary.

En el campo **Filter** se configuran el factor geométrico máximo (**MaxK**), la longitud mínima y máxima del dipolo (**MinDIP** y **MaxDIP**) y la comprobación de valores inestables (**Unstable test**). Se consideran inestables los valores cuyos factores del dispositivo son muy sensibles a errores en la geometría de los electrodos.

Add reciprocity – añade mediciones recíprocas para un dispositivo de 2 o 4 electrodos.

Al hacer clic en una fila de la tabla, aparece la ventana **Array**, que muestra la posición de los electrodos de la fila seleccionada. La columna **skip** permite excluir esta separación.

El protocolo para el cable y el dispositivo seleccionados se crea con el botón  **Add sequence**.

El protocolo actual se elimina con  **Remove sequence**. Para cada cable (o par de cables) se pueden crear varios protocolos con distintos dispositivos. El dispositivo activo se selecciona en la lista desplegable **Sequence#**.

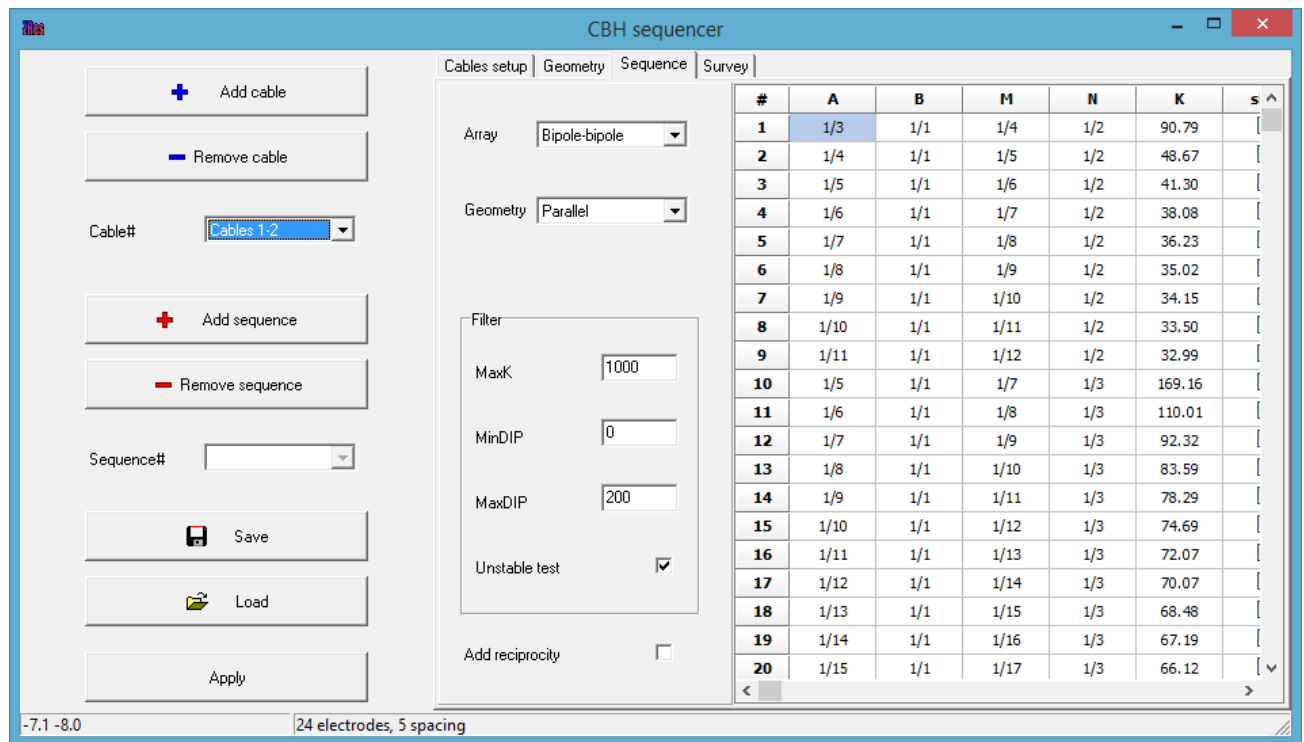


Fig. 7 Cuadro de diálogo «CBH Sequencer», pestaña «Sequence»

En la pestaña **Survey** (véase la figura siguiente) se visualiza el esquema de medición. El protocolo de adquisición se puede guardar con el botón  **Save** en los formatos **Sequence project**, **ZondRes2D**, **MAE sequence**, **IRIS sequence**.

El protocolo de adquisición se puede cargar  **Load** en el formato **Sequence project**.

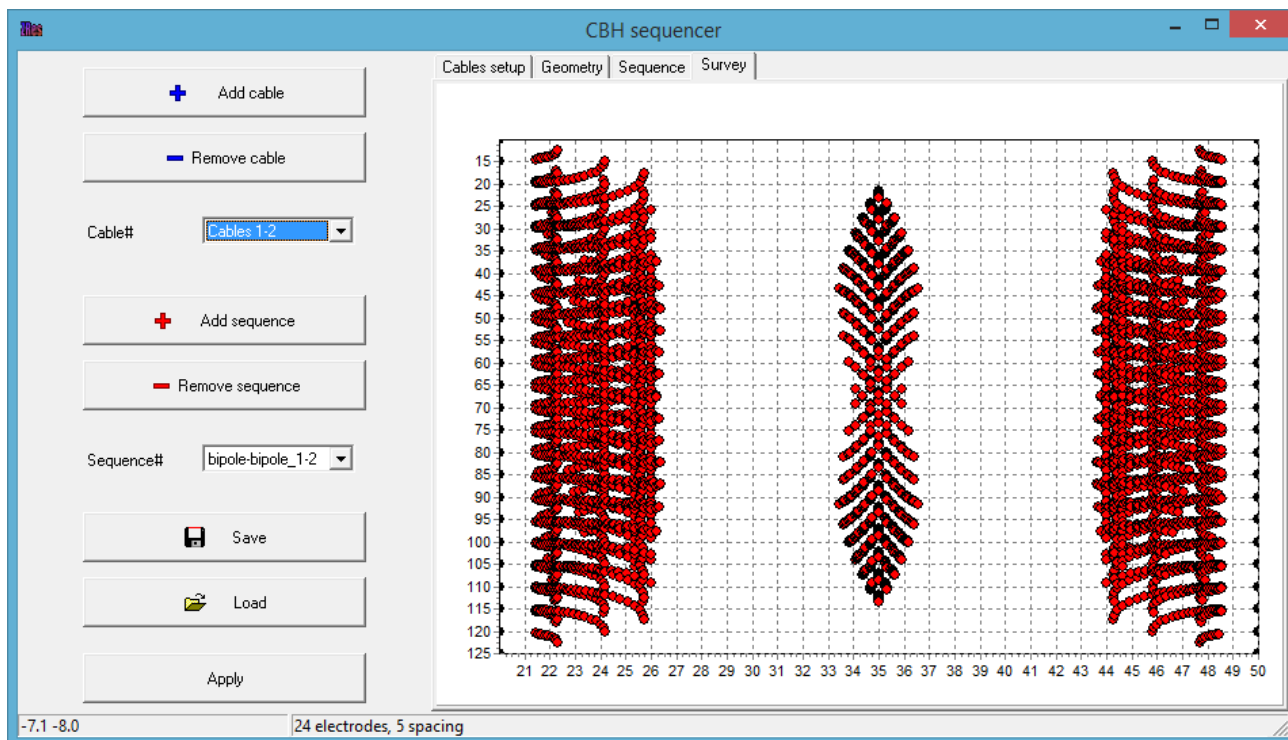


Fig. 8 Cuadro de diálogo «CBH Sequencer», pestaña «Survey»

Carga del sistema de medición desde un archivo de datos

Una alternativa a la creación de un sistema de medición es cargar un archivo de datos. En el modo **«Open in modeling mode»**.

Antes de abrir el archivo de mediciones, se debe cambiar al modo de modelización: **Options / Extra / Before loading / Open in modeling mode**. Solo entonces se debe abrir el archivo de datos desde el menú principal **File / Open file**. Esta opción permite realizar la modelización específicamente para el sistema de medición utilizado durante los trabajos de campo.

No se podrá cambiar el dispositivo desde el menú **File / Change Electrodes array** si, antes de abrir el archivo de mediciones, no se había cambiado al modo de modelización: **Options / Extra / Before loading / Open in modeling mode**.

Carga de datos de campo desde archivos

Formatos compatibles

Para empezar a trabajar con el programa **ZondRes2D** en el modo de interpretación, se necesita un archivo de datos en un formato determinado que contenga información sobre las coordenadas de los electrodos, la topografía y los resultados de las mediciones.

Además de su propio formato interno «ZondRes2D», también admite los formatos de datos más populares: RES2DINV (Geotomo Software, M.H. Loke, Malaysia), SENSINV2D (Geotomographie, T. Fleschner, Germany), ABEM (Sweden), AGI (Advanced Geosciences, Inc., USA), Syscal (IrisInstruments, France), ProfileR (Lancaster Environment Centre, A. Binley) y otros. El programa también permite importar archivos de datos de texto con un formato tabular arbitrario (opción File / Import data from text/excel). Al seleccionar la opción de menú «**File / Open file**», se solicitará que se seleccione el formato del archivo:

Zond data file[* .z2d]	Abrir un archivo de datos o un archivo de proyecto en formato Zond (* .z2d, así como *.zz2d, *.2dm, *.zml).
ProfileR data file [* .in]	Abrir un archivo de datos en el formato del programa ProfileR.
ABEM/AGI/SYSCAL text file	Abrir un archivo de datos en formato ABEM/AGI/SYSCAL.
Res2dInv [* .dat], ARES	Abrir un archivo de datos en el formato del programa Res2dInv.
Sens2dInv [* .gem, *.imp, *.sen]	Abrir un archivo de datos en el formato del programa Sens2dInv.
Zond1d file conversion [* .zlf]	Importar datos de un archivo en formato Zond-IP 1D.
Program configuration [* .cfg]	Abrir un archivo con los parámetros del programa.
Omega-48 data files	Abrir un archivo de datos en formato Prosys (* .txt).
Skala-48/64 csv files	Abrir un archivo de datos en formato Scala-48/64.
SmartTEM-24 file [* .ip]	Abrir un archivo de datos en formato Smart TEM-24.
GDD instruments [* .gdd]	Abrir un archivo de datos en formato GDD instruments.
MAE instruments [* .tsv]	Abrir un archivo de datos en formato MAE instruments.
GeoSoft data [* .dat]	Abrir un archivo de datos en formato GeoSoft.

Zonge data	Abrir un archivo de datos en formato Zonge instruments.
LGM device	Abrir un archivo de datos en formato LGM device.
Scientrix ERT	Abrir un archivo de datos en formato Scientrix ERT.
PASI [*.gpd]	Abrir un archivo de datos en formato PASI.

Nota. Para que el programa funcione correctamente, el archivo de datos no debe contener:

- símbolos no convencionales para separar registros en una línea (se deben utilizar los símbolos TAB o SPACE),
- valores absurdos de los parámetros de medición (por ejemplo, valores negativos de resistividad aparente).

Es recomendable que el número total de mediciones contenidas en un archivo no supere las 100 000 y que el número de posiciones únicas de los electrodos no supere las 2000.

Por lo general, un archivo contiene datos de un perfil de observación. Los archivos de datos de texto organizados en el formato del programa **ZondRes2D** tienen la extensión «*.z2d». Este formato se describe detalladamente en la sección siguiente, «Formato del archivo de datos principal *.z2d»

Formato del archivo de prueba de datos *.z2d

El archivo *.z2d es un formato de datos universal que incluye información sobre las coordenadas de los electrodos de corriente y de potencial, las elevaciones relativas de la topografía y los valores medidos propiamente dichos (señal normalizada o resistividad aparente y cargabilidad aparente).

Si no se utiliza un archivo especializado *.z2d, se puede crear un archivo *.z2d con cualquier editor de texto, por ejemplo, Notepad. Para que el programa **ZondRes2D** pueda cargarlo, es necesario guardarlo y cambiar la extensión de *.txt a *.z2d.

Los archivos en formato *.z2d pueden tener distintas estructuras: pueden ser archivos de datos (la estructura de este tipo de archivo se describe a continuación) o archivos de proyecto (que crea el programa al guardar). El archivo de proyecto es binario y solo se puede leer con **ZondRes2D**. Contiene toda la información utilizada durante el trabajo con el proyecto: datos observados, datos calculados, modelos, información a priori introducida, datos de otros métodos, etc.

El archivo de datos se puede dividir, de forma convencional, en dos partes: 1) datos observados; 2) datos de topografía (si los hay).

Parte I del archivo de datos: datos observados

Como archivo de entrada para la *tomografía de resistividad eléctrica (ERT)*, el programa acepta archivos con la extensión *.z2d y la siguiente estructura:

La primera línea contiene las claves de control que indican al programa qué datos contiene cada columna.

En **ZondRes2D** se utilizan las siguientes designaciones (claves) para las coordenadas de los electrodos:

Electrodos de corriente **C1 C2 C1z C2z C1y C2y** (del inglés Current)

Electrodos de potencial **P1 P2 P1z P2z P1y P2y** (del inglés Potential)

Las coordenadas Y y Z de los electrodos deben introducirse cuando sea necesario. Por ejemplo, al utilizar un sistema de observación en una superficie plana, una fuente sumergida o realizar mediciones en zonas acuáticas. [Archivo de ejemplo: sample_with_z_source](#). La distancia a lo largo del eje Y no debe superar 1/3 de la separación máxima (distancia entre los electrodos de potencial y de corriente). [Archivo de ejemplo: sample_with_y](#). Al introducir las coordenadas Z de los electrodos, debe tenerse en cuenta que los valores positivos indican que el electrodo está sumergido con respecto a la superficie de medición. Las coordenadas negativas se utilizan únicamente en mediciones acuáticas (en este caso, se considera que el fondo es la superficie de medición).

El signo * delante de la clave de un electrodo (por ejemplo, *C1x) indica que el electrodo está alejado; sus coordenadas deben tenerse en cuenta en los cálculos, pero no interviene en la creación de la malla ni en la imagen.

Para los valores medidos:

Resistividad aparente **Ro_a**

Módulo de la señal normalizada (relación entre la diferencia de potencial y la intensidad de corriente) **Res**

Señal normalizada **SRes** (por ejemplo, para mediciones con una fuente sumergida, teniendo en cuenta el signo)

¡Nota! Se recomienda **SIEMPRE** utilizar la magnitud **Res** o **SRes** al crear un archivo de datos, para evitar errores cuando haya datos de topografía.

Cargabilidad aparente **Eta_a**

Como Eta_a se puede utilizar la cargabilidad aparente, medida en el dominio temporal y calculada mediante la fórmula:

$$\text{Eta_a (\%)} = (\Delta U_{\text{IP}} / \Delta U_{\text{pr}}) \cdot 100\%,$$

donde ΔU_{pr} – diferencia de potencial durante el paso de corriente, ΔU_{IP} – durante la pausa. Al utilizar la cargabilidad, primero se deben dividir los valores medidos entre 10.

El error, o peso de las mediciones, se especifica en la columna con la clave **Weight** y determina la calidad de las mediciones. Los valores de los pesos de las mediciones deben estar comprendidos entre cero y uno. Si no se dispone de información sobre los errores de las mediciones (es decir, si no existe una columna con la clave **Weight**), el programa asigna automáticamente un peso de **1** a cada medición.

También se admiten las siguientes claves: **App.res** – igual que **Ro_a**; **SRes+** – señal normalizada con signo para el caso en que el electrodo B tenga la misma polaridad que A; **Current** – intensidad de corriente; **SelfP** – valores del potencial espontáneo (SP). Una columna de pesos cuyo nombre contenga «ip» especifica los pesos de los datos de IP. Las claves **ro_a1**, **ro_a2**, ... y **res1**, **res2**, ... definen datos multicanal.

La segunda fila y las siguientes contienen los datos propiamente dichos, correspondientes a cada medición y escritos en el mismo orden que las claves de control de la primera fila.

Si en un mismo perfil se utilizan dispositivos con distinto número de electrodos, se escribe el símbolo * en lugar de la coordenada del electrodo que falta.

A continuación, se introduce una columna de nodos adicionales de la malla horizontal (si es necesario). La coordenada de cada nodo nuevo se introduce después del símbolo *******. Los nodos adicionales de la malla suelen introducirse para ampliar el área del modelo más allá de los electrodos extremos del cable o cuando hay una topografía abrupta fuera del cable.

Después de leer el archivo, si es necesario, los datos se normalizan mediante la fórmula correspondiente a la resistividad aparente en corriente continua:

$$\rho_a = G \cdot \frac{|U|}{C},$$

donde G es el factor geométrico del dispositivo, U es el valor medido y C es la intensidad de corriente.

Como archivo de entrada de datos de monitorización, el programa admite archivos con extensión *.z2d con la siguiente estructura: las cuatro primeras columnas contienen las coordenadas de los electrodos; a continuación aparecen las columnas tituladas res1, res2, etc., que contienen los valores de Res ($\Delta U/I$) del primer, segundo y sucesivos ciclos de medición.

A continuación se muestra un ejemplo del inicio de un archivo de datos de monitorización con un dispositivo de tres electrodos:

C1	C2	P1	P2	res1	res2	res3	res4	res5
0	*	2	4	5.57	5.57	5.57	5.60	5.63
0	*	4	6	1.55	1.55	1.56	1.59	1.62
0	*	6	8	0.84	0.84	0.85	0.88	0.91

0	*	8	10	0.48	0.48	0.49	0.51	0.52
0	*	10	12	0.44	0.44	0.45	0.49	0.46
0	*	12	14	0.25	0.26	0.26	0.29	0.24

Como archivo de entrada de datos del método de polarización inducida en el dominio de frecuencias y en el dominio temporal, el programa admite archivos con extensión *.z2d con la siguiente estructura: la primera fila después de la palabra time_#chann contiene la lista de tiempos de retardo para el modo temporal y de frecuencias para el modo de frecuencia. A continuación aparece una tabla cuyas filas corresponden a los puntos de observación y cuyas columnas corresponden a las coordenadas de los electrodos, los valores de **Res** ($\Delta U/I$) y los valores de IP para los tiempos de retardo correspondientes (los encabezados de columna son **ipi1**, **ipi2**, etc.) y para los canales (frecuencias) (los encabezados de columna son **mod1**, **mod2**, etc., para el módulo, y **pha1**, **pha2**, etc., para la fase). En la inversión del modelo de resistividad eléctrica, se utiliza como dato de resistividad aparente la columna **Res**, teniendo en cuenta el factor geométrico calculado a partir de los parámetros del dispositivo (la disposición de los electrodos). Los valores de las columnas **mod1**, **mod2**, etc., se pueden utilizar en la inversión de datos de IP (ajuste de los parámetros del modelo Cole-Cole).

Ejemplo del inicio de un archivo de datos en modo temporal:

time_#chann	0.05	0.065	0.085	0.115	0.155				
C1	C2	P1	P2	res	ipi1	ipi2	ipi3	ipi4	ipi5
0	*	5	10	0.001	0.279	0.260	0.242	0.218	0.194
5	*	10	15	0.001	0.306	0.286	0.266	0.241	0.215
10	*	15	20	0.002	0.338	0.317	0.295	0.268	0.239

Ejemplo del inicio de un archivo de datos en modo de frecuencia:

time_#chann		0.0001592		0.000427		0.001145				
C1	C2	P1	P2	res	mod1	mod2	mod3	pha1	pha2	pha3
0	*	5	10	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.004	-0.006	-0.010
5	*	10	15	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.005	-0.007	-0.012
10	*	15	20	0.002	0.002	0.002	0.002	-0.005	-0.009	-0.014

Para asignar coordenadas geográficas al perfil, se debe introducir en el archivo la clave **geocoord** y, a continuación, especificar las coordenadas del inicio y del final del perfil en el formato X0 Y0 X1 Y1, por ejemplo:

geocoord 441000 442000 7230500 7230500

Parte II del archivo de datos: datos de topografía

Si se dispone de datos de topografía, a continuación se incluye una fila con la palabra **topo**, seguida de una lista de coordenadas y cotas del terreno. Para la interpretación teniendo en cuenta la topografía, se recomienda utilizar como datos de entrada los valores **res** (módulo de la señal normalizada).

Al describir la topografía del perfil de observación, la coordenada X puede definirse de dos maneras: mediante distancias a lo largo del cable o mediante proyecciones horizontales. A las distintas metodologías para definir la topografía corresponden las siguientes claves adicionales:

topo esta clave se utiliza si las coordenadas de los electrodos y del levantamiento topográfico están expresadas en proyecciones horizontales.

topo~ reducción al plano horizontal. La curva topográfica se aproxima mediante una recta por el método de mínimos cuadrados y, a continuación, se gira junto con todos los puntos de la topografía hasta que coincide con el eje horizontal (véase la figura siguiente). Este método debe utilizarse cuando los trabajos se realizan a lo largo de una pendiente con valores absolutos de topografía conocidos.

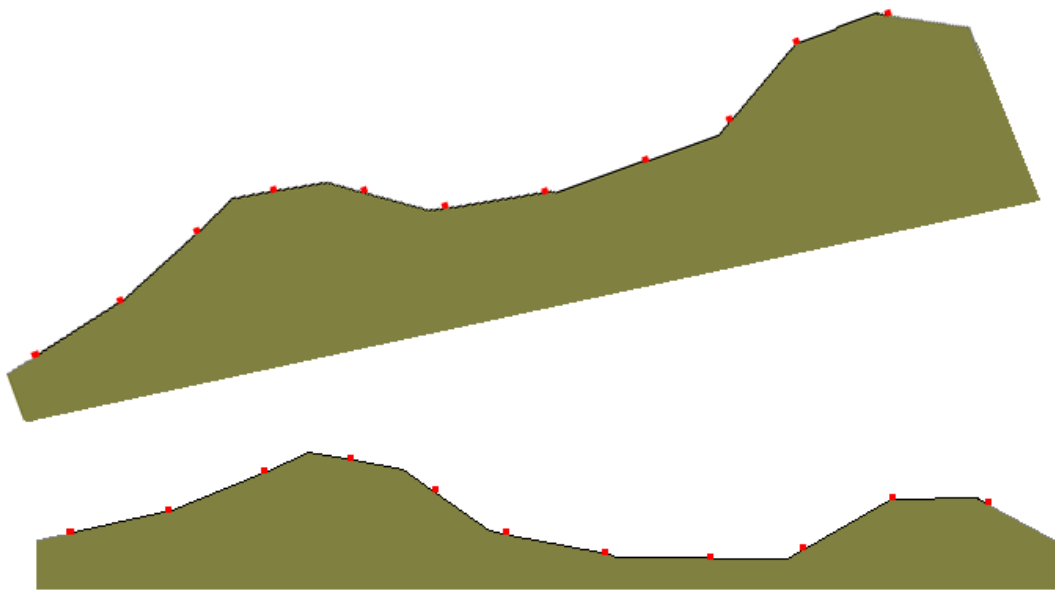


Fig. 9 Reducción de la topografía de una pendiente al plano horizontal

topo# definición de las coordenadas del perfil mediante longitudes («serpiente»). En este caso, la coordenada horizontal de los electrodos es la distancia a lo largo del cable (véase la figura siguiente), y no la proyección X. Las coordenadas X de los electrodos se recalculan a partir de las longitudes y se convierten en proyecciones horizontales. En la línea siguiente a la clave se debe indicar la correspondencia entre uno de los electrodos **P** del cable y un punto de la topografía. El segundo valor

es la coordenada del electrodo (en longitudes); el primero es la coordenada X correspondiente en la lista de elevaciones topográficas.

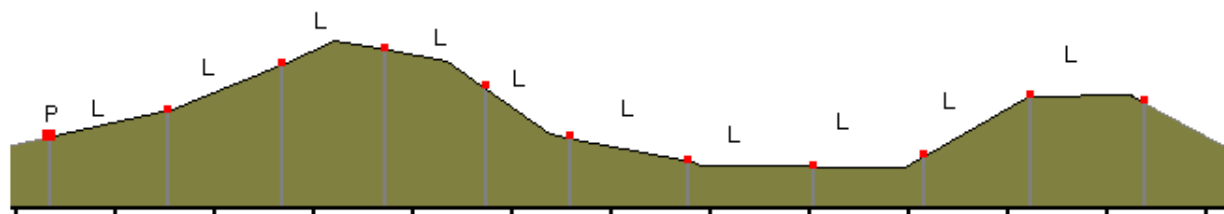


Fig. 10 Posición de los electrodos y separación entre ellos teniendo en cuenta los cambios de topografía (a lo largo del cable)

topo% esta clave es necesaria si los datos de entrada son valores de **ro_a** (resistividad aparente) calculados para proyecciones; es decir, las distancias entre los electrodos se recalculan a partir de las distancias a lo largo del cable (L) a las coordenadas reales.

topo^ esta clave es necesaria si las coordenadas de los electrodos en los datos topográficos están expresadas como distancias a lo largo del cable.

Las claves se pueden combinar; por ejemplo, **topo~#**.

topow — esta clave se utiliza para interpretar datos obtenidos en zonas acuáticas (en la superficie del agua y en el fondo). En este caso, se utiliza como coordenada topográfica el perfil del fondo o el perfil del fondo que continúa en tierra (si se emplean mediciones mixtas; véase la figura siguiente). En la misma línea, separados por espacios, se deben indicar el nivel del agua (respecto al perfil de coordenadas del fondo definido a continuación, en el sistema de coordenadas en el que se define la topografía), la resistividad eléctrica del agua y el número de subdivisiones adicionales de la capa de agua (3-10). Los dos últimos parámetros se pueden modificar mediante el menú **Options / Inversion / Underwater options**. Se pueden definir sistemas mixtos en los que las mediciones se realizan en el fondo y en la superficie de la capa de agua. Para ello, se deben introducir las coordenadas verticales de los electrodos respecto al nivel del perfil del fondo.

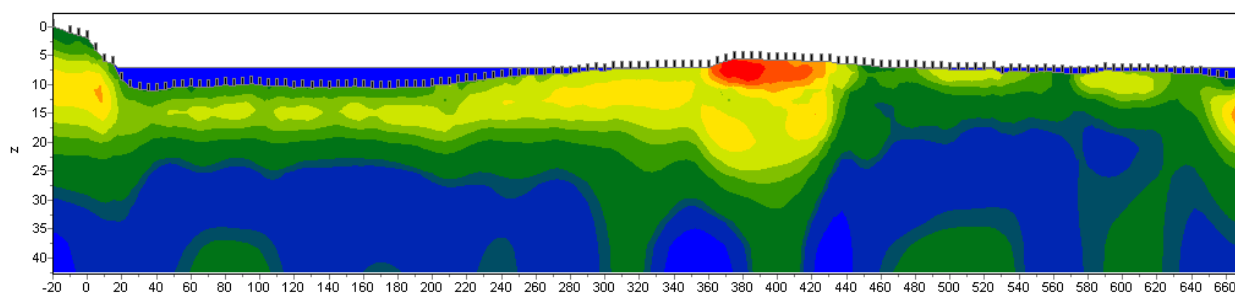


Fig. 11 Sección geoelectrica obtenida mediante mediciones mixtas en tierra y en una zona acuática

topo*— en el caso de mediciones en el agua, esta clave simplifica la introducción de los datos topográficos si el cable está en la superficie del agua (sistema móvil).

También es necesario consultar las opciones adicionales descritas en la sección «Trabajo con datos de mediciones en zonas acuáticas».

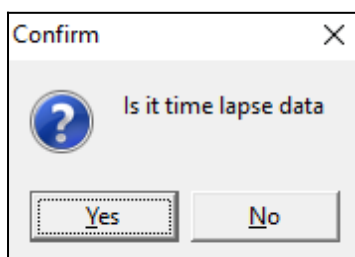
Carga de varios archivos

El programa permite cargar varios archivos de los formatos *.z2d, *.dat.

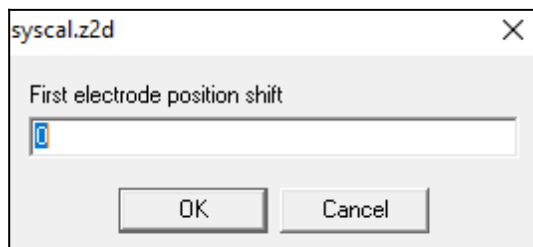
Esto resulta pertinente para los siguientes casos:

- cuando distintas disposiciones del cable a lo largo del perfil se encuentran en archivos diferentes;
- cuando es necesario combinar varias realizaciones en un archivo de monitorización;
- cuando es necesario combinar datos a lo largo del perfil obtenidos con distintos dispositivos.

Al cargar los archivos, aparece el cuadro de diálogo:



Si se selecciona **YES**, el programa combinará los archivos en un único archivo de monitorización. Si se selecciona **NO**, aparecerá una ventana para elegir el desplazamiento del primer electrodo:



Importación de datos de campo desde un archivo de texto arbitrario o una tabla de Excel

La importación de datos desde un archivo de texto con extensión *.txt o desde una tabla de Excel se realiza mediante la opción de menú **File/Import data from text/excel**. Tras seleccionar el archivo, aparece el cuadro de diálogo de importación de datos (véase la figura siguiente). Los botones **Start** y **End** de la parte superior del cuadro de diálogo permiten definir el intervalo de datos que se va a importar. Con el botón **Start** se indica la primera fila. Con el botón **End** se indica la última fila.

Cada celda de la fila superior de la tabla del cuadro de diálogo contiene una lista desplegable de claves: None, C1x, C2x, P1x, P2x, ro_a, res, eta_a, C1z, C2z, P1z, P2z, C1t, C2t, P1t, P2t, IP1, IP2, IPN. Para cada columna que se vaya a importar, se debe asignar la clave correspondiente. La lista de unidades IP permite definir las unidades de los datos de entrada: IP %, mV/V (los valores se dividen por 10), deg, mrad (los valores se convierten en porcentajes). Para finalizar la importación de datos, se debe hacer clic en el botón .

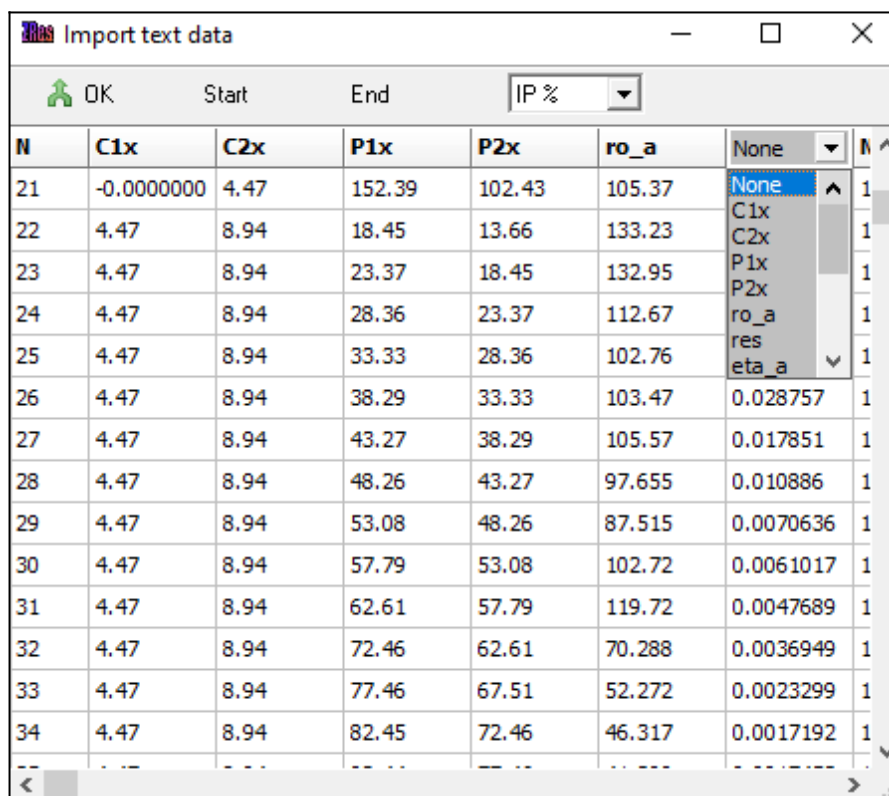


Fig. 12 Cuadro de diálogo para cargar datos desde un archivo de Excel

Preparación de los datos para la inversión

La preparación de los datos para la inversión incluye las siguientes tareas: evaluación de la calidad de los datos de campo, eliminación de las mediciones de baja calidad, asignación de pesos a las mediciones en función de su calidad, integración de varias disposiciones en un único perfil, filtrado de datos e introducción de información topográfica.

La evaluación de la calidad de los datos de tomografía de resistividad eléctrica puede realizarse en dos niveles: análisis de las estadísticas estándar obtenidas durante el procesamiento de señales y análisis de la distribución de los resultados de las mediciones (valores de tensión y corriente). El primer nivel de evaluación se lleva a cabo, por lo general, en programas que trabajan con sistemas de adquisición. El segundo nivel, que incluye herramientas para el control de calidad y el procesamiento de datos, está implementado en el programa **ZondRes2D**.

La tomografía de resistividad eléctrica maneja un volumen de información considerablemente mayor que los métodos clásicos de perfilaje y sondeo. Por ello, se considera aceptable utilizar datos con cierto porcentaje de errores en la inversión. Lo más importante no es el porcentaje de error en sí, sino cómo se distribuye este en la sección. Se distinguen tres casos:

- ruido no correlacionado (valores atípicos aislados);
- nivel de ruido alto en general;
- ruido correlacionado en una zona de la sección.

En el primer caso (ruido no correlacionado, valores atípicos), la presencia de mediciones de baja calidad puede no afectar a los resultados de la interpretación, aunque a veces provoca una distorsión considerable del modelo. Hemos observado en repetidas ocasiones que un porcentaje reducido de datos erróneos daba lugar a anomalías falsas en forma de sistemas de “dipolos compensados” (véase la figura siguiente). Estas se manifiestan como anomalías locales alternas de resistividad baja y alta. En esta situación, el uso de esquemas robustos adaptativos no es suficiente: es necesario eliminar por completo de la inversión los datos de baja calidad.

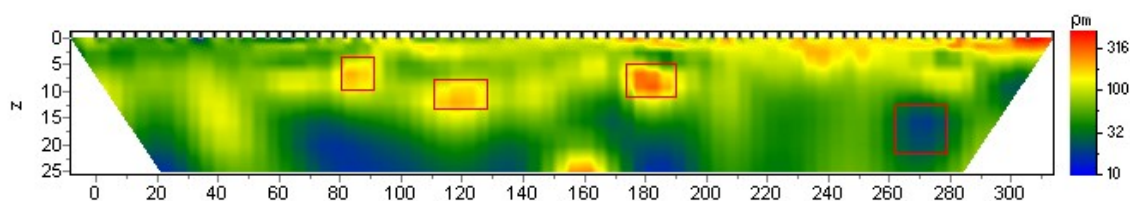


Fig. 13 Sección de resistividad eléctrica con anomalías falsas resultantes de la inversión de datos de campo de baja calidad

El segundo caso (nivel de ruido alto) requiere filtrar los datos. Esto reducirá considerablemente el nivel de ruido, pero puede disminuir la resolución.

El tercer caso (ruido correlacionado en una zona de la sección) plantea un problema más complejo, ya que para procesar adecuadamente los datos es necesario comprender la causa de su baja calidad en esa zona. Por ejemplo, puede deberse a una mala conexión a tierra de algunos electrodos, a una interferencia externa sistemática, a un nivel de señal bajo, etc. Por tanto, primero se debe identificar, en la medida de lo posible, la causa de la baja calidad y, después, encontrar la manera de eliminarla. El programa ofrece diversas herramientas para analizar los datos originales y resolver esta tarea.

Al preparar los datos para la inversión, hay que tener en cuenta que cuanto menor sea su calidad, menos fiables serán los resultados de la inversión. Por consiguiente, si la calidad de los datos de una zona de la sección es baja o si no hay datos, el resultado de la inversión para esa zona puede no guardar ninguna relación con la realidad.

En **ZondRes2D**, la preparación de los datos para la inversión se realiza con la herramienta especial de control de calidad y edición de datos **Options / Quality control module**, el editor de datos **Options / Data editor** y el gráfico de resistividad aparente **Options / Data / Graphics plot**.

El programa **ZondProtocol** del paquete Zond ofrece una alternativa para analizar y editar datos de tomografía de resistividad eléctrica. El programa permite definir el protocolo de medición (automática e interactivamente), visualizar y analizar los resultados de las mediciones, mostrar por separado los dispositivos, recalcular los datos para distintos dispositivos, importar y exportar datos, y prepararlos para la inversión. Gracias a su facilidad de uso y a su compatibilidad plena con **ZondRes2D**, **ZondProtocol** permite obtener resultados de calidad directamente en el perfil (véase la figura siguiente).

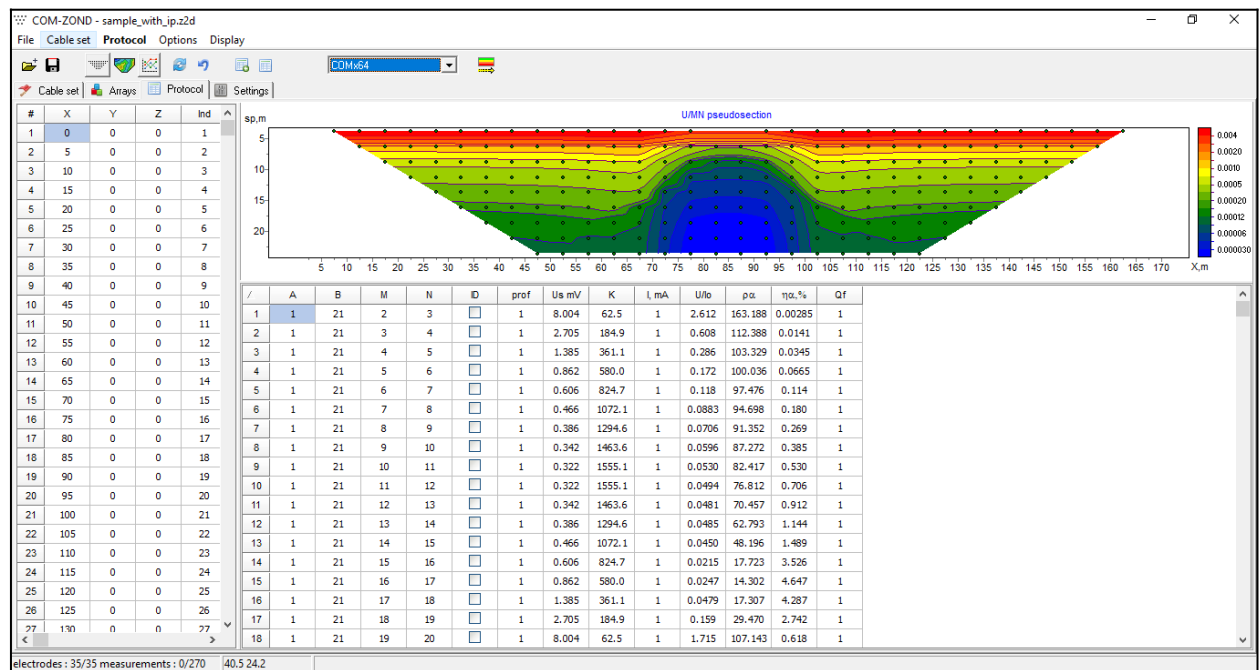


Fig. 14 Ventana de trabajo del programa ZondProtocol

Módulo de control de calidad de los datos

En el programa **ZondRes2D** se ha implementado un módulo especial para controlar la calidad y editar los datos, al que se accede desde el menú **Options/Quality control module**. El módulo permite realizar las siguientes operaciones con los datos:

- Visualizar los resultados de las mediciones mediante gráficos de distintos parámetros y pseudosecciones de datos de diferentes dispositivos;
- Cuando sea posible, evaluar la calidad de los datos (determinar los pesos de las mediciones) basándose en el principio de reciprocidad (para algunos dispositivos);
- Eliminar datos directamente en los gráficos de los parámetros mostrados.

La posibilidad de agrupar los datos por dispositivo, señal, distintos parámetros geométricos y pesos de las mediciones, junto con las opciones de eliminación manual y automática, permite realizar todo el proceso de control de calidad de los datos antes de la inversión.

La ventana del módulo de control de calidad contiene una barra de herramientas y tres pestañas: gráficos de los parámetros mostrados (**Data graphics**, véase la figura siguiente), selección de los parámetros que se mostrarán (**Settings**) y pseudosecciones (**Pseudo**).

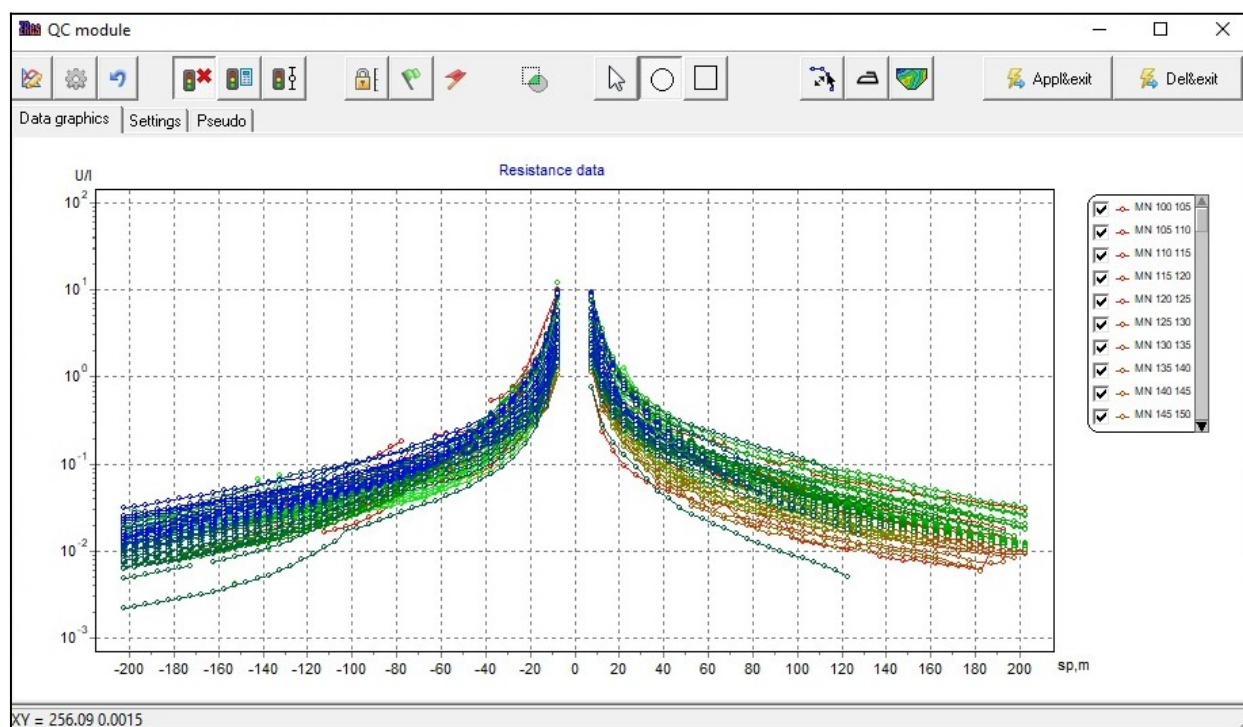
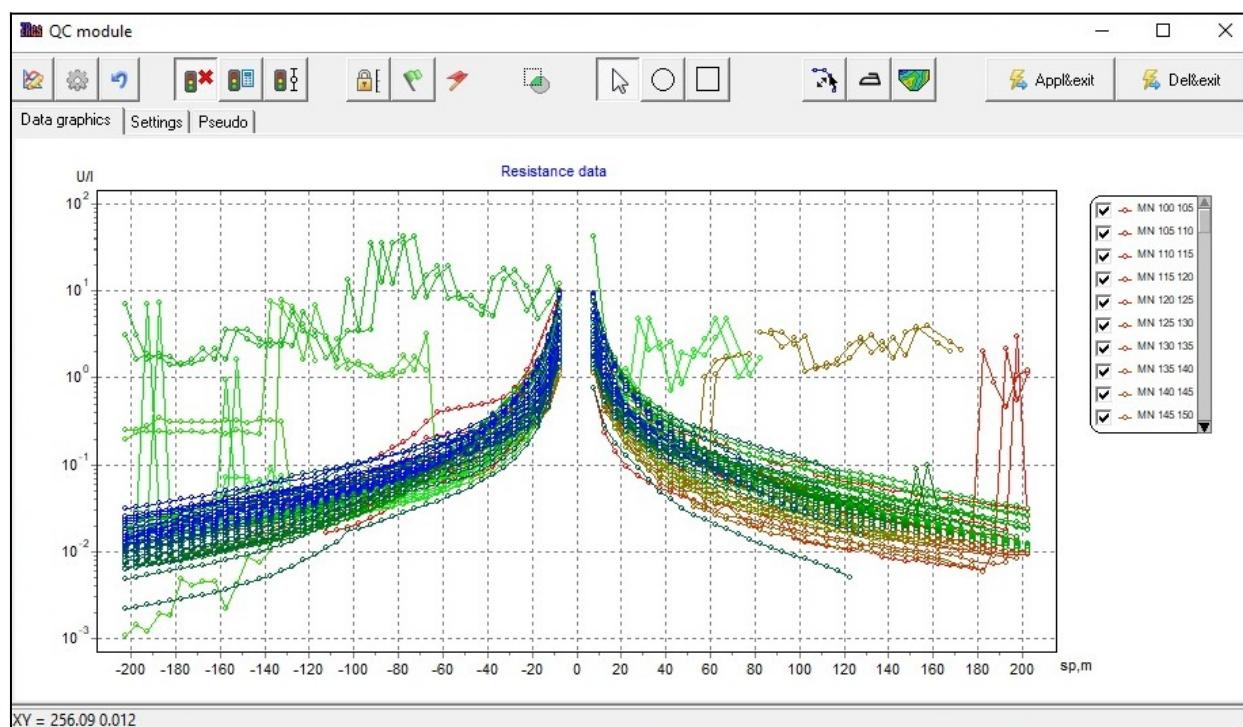


Fig. 15 Módulo de control de calidad, pestaña Data graphics. Los datos se muestran en la modalidad de visualización Iso-MN centered. Arriba, los datos originales. Abajo, los datos editados.

La pestaña **Settings** permite seleccionar los dispositivos cuyos datos se procesarán (casillas **Electrodes array**: AMN, MNA, ABMN, MNAB, Symmetrical, NON-standard, Gradient, AM, MA), especificar el parámetro para agrupar los datos (**Graphics type**: Iso-PSZ, Iso-AB, Iso-AB centered, Iso-MN, Iso-MN centered, R-G plot, Misfit, Symmetric, Symmetric centered) y seleccionar la magnitud que se mostrará: señal normalizada (V/MN/AB/I o V/I), resistividad aparente, cargabilidad aparente, tensión (Voltage) o corriente (Current) (véase la figura siguiente). La opción **Shifted** permite desplazar los gráficos al nivel medio del parámetro mostrado.

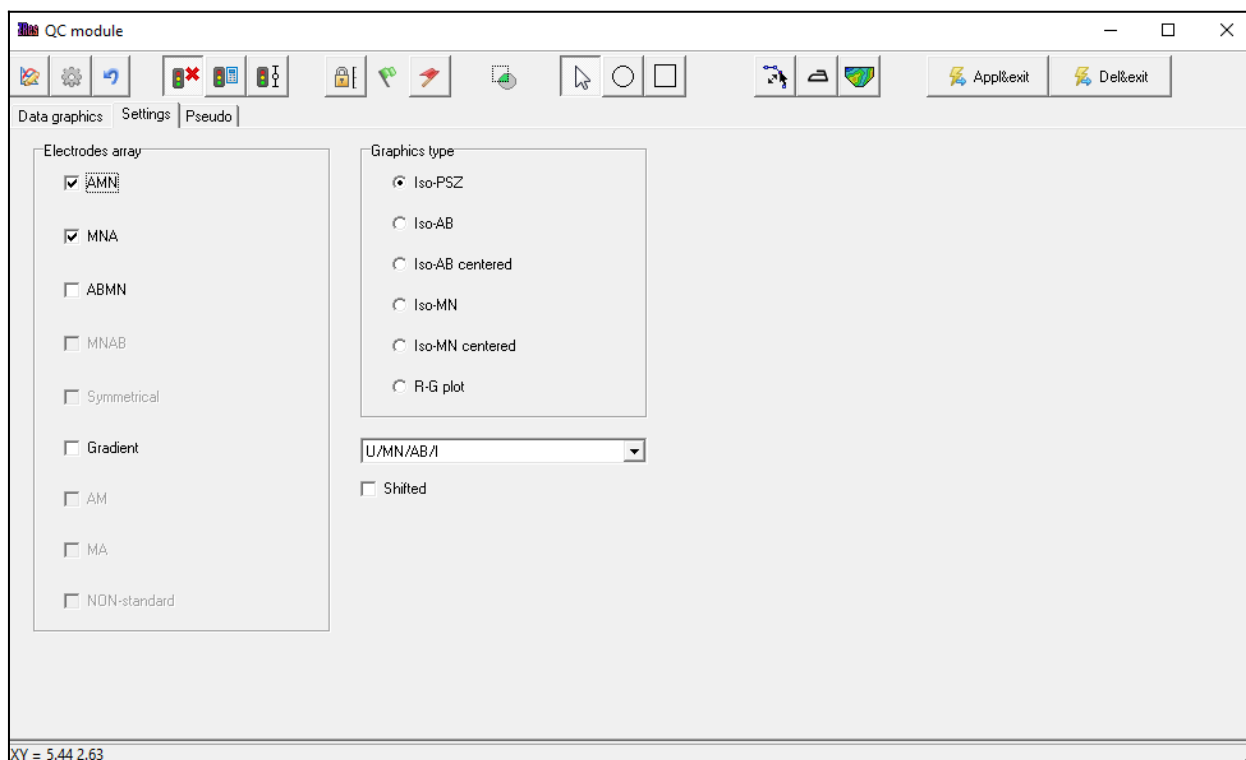


Fig. 16 Módulo de control de calidad, pestaña «Settings»

La pestaña **Pseudo** muestra la pseudosección (véase la figura siguiente). La lista de la pestaña permite seleccionar el dispositivo directo (**Forward array**) o inverso (**Backward array**).

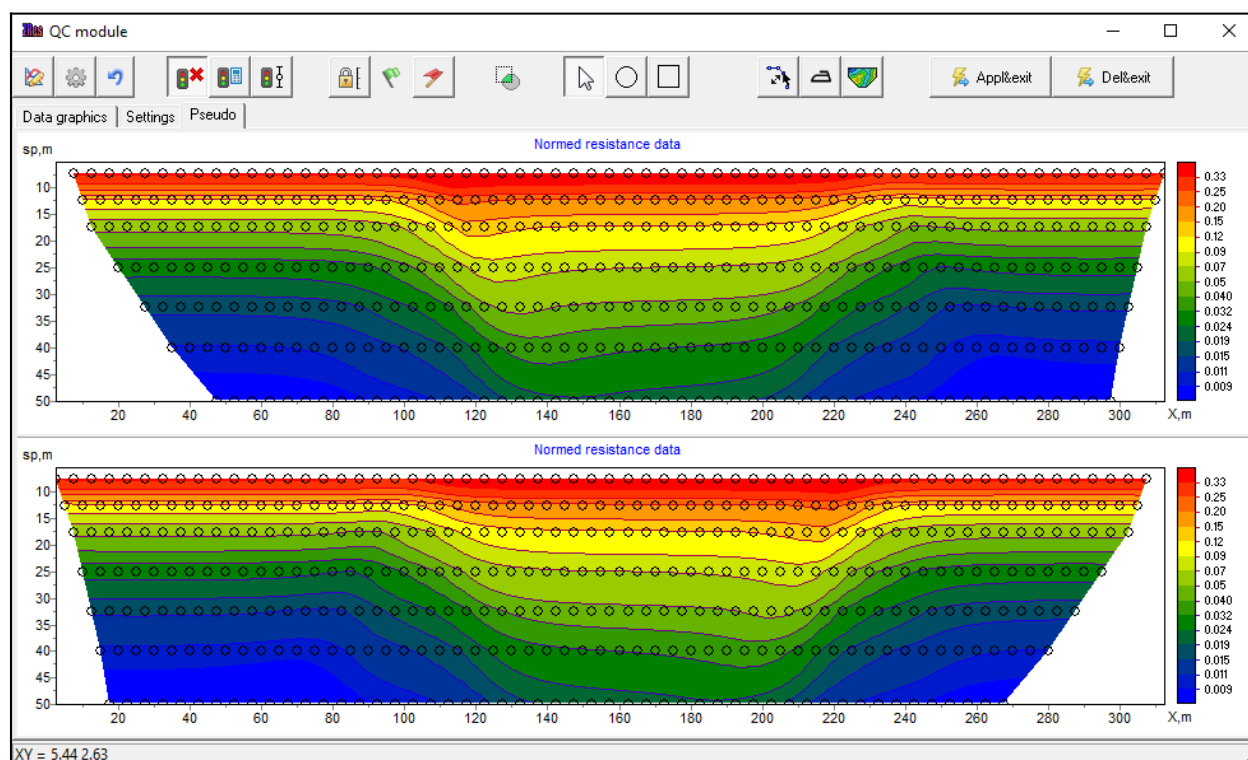


Fig. 17 Módulo de control de calidad: pestaña «Pseudo». Ejemplo de datos sintéticos. Dos pseudosecciones para distintos dispositivos

Los gráficos de los parámetros seleccionados se muestran en la pestaña **Data graphics**. En ella se puede trabajar con los datos de forma interactiva mediante la barra de herramientas. Las mediciones se muestran como puntos en los gráficos. Al seleccionar un punto de medición con el botón izquierdo del ratón, la posición correspondiente de los electrodos se muestra en la parte inferior de la ventana de gráficos. Los valores del parámetro correspondientes a la medición seleccionada se muestran al situar el cursor sobre el punto correspondiente del gráfico.

La calidad de los datos se puede controlar de tres maneras: a partir de los pesos de las mediciones (proporcionados por el equipo o calculados según el principio de reciprocidad), visualmente, mediante la suavidad de los gráficos, y comparando los datos originales con la solución del problema directo de la inversión del modelo.

La visualización de los pesos de las mediciones se controla con el botón **Error gates** de la barra de herramientas, que abre el menú: **No error gates**: no se muestran los pesos; **Reciprocity errors**: se muestran los pesos determinados según el principio de reciprocidad (si el sistema de medición lo

permite); **Errors as colors**: el color de los puntos del gráfico corresponde al peso de la medición (verde: calidad buena; amarillo: media; rojo: mala).

La visualización de los gráficos calculados para el modelo de inversión (dibujados con línea discontinua) se controla con el botón . Si los puntos de los datos originales difieren mucho de los calculados, puede deberse a varias causas:

- Estos datos están muy afectados por las interferencias. En este caso, se deben eliminar.
- El intervalo de variación de la resistividad especificado es demasiado estrecho. En este caso, se puede desactivar la fijación de los parámetros del modelo o modificarlos y repetir la inversión.
- La estructura geoelectrica es tridimensional. En este caso, lo mejor es pasar a una interpretación tridimensional, si la red de observación lo permite.

Para eliminar datos de mala calidad, se deben seleccionar los puntos correspondientes con el botón  pulsado (modo de selección de puntos). Los puntos se pueden seleccionar con el botón derecho del ratón, ya sea uno por uno (debe estar activa la herramienta ) o seleccionando un área del panel de gráficos (herramientas  o ). Los puntos seleccionados se muestran como cruces en los gráficos. Se pueden ocultar o mostrar con el botón .

El tipo de herramienta de selección se elige con el botón **Type of selector: Cursor, Circle, Rectangle**. Al hacer clic derecho en un electrodo de la ventana inferior de electrodos, se abre un menú con las etiquetas de los electrodos (**Nothing, Indexes, Weights, Currents**) y las opciones para seleccionar las mediciones en las que ese electrodo actúa como electrodo de corriente (**Select C**) o de potencial (**Select P**).

Con el botón  pulsado, se pueden editar las mediciones: se arrastra el punto hacia arriba o hacia abajo con el botón izquierdo del ratón hasta el valor deseado.

Los parámetros de visualización de los gráficos se configuran con el botón  (propiedades de líneas y puntos: grosor, color, etc.). Para fijar los límites de los ejes y evitar que cambien automáticamente mientras se trabaja con los datos, se utiliza el botón .

El conjunto de opciones para trabajar con los gráficos se abre con el botón . Al pulsarlo, se pueden seleccionar o deseleccionar todos los puntos, suavizar los puntos seleccionados (no se

recomienda), asignar pesos a los puntos seleccionados, cambiar el signo de los puntos (positivo o negativo; suele ser necesario para las mediciones en pozos) y establecer que los puntos se conecten siempre en un solo gráfico. También se pueden mostrar las «puertas» (intervalo de confianza) de cada punto del gráfico, si estos datos están disponibles en el archivo.

El botón  de suavizado abre un menú: **Level smoothing**: suavizado de los gráficos (cada aplicación aumenta el grado de suavizado); **2D smoothing**: suavizado bidimensional (diálogo **Smoothing settings: Smoothness, Weights from inversion, Preview, Apply**; solo para dispositivos terrestres sin desplazamiento en Y); **Streamer data smoothing**: suavizado de los datos del cable remolcado. No se recomienda el suavizado, ya que distorsiona los datos; solo se debe aplicar en casos extremos y a datos muy afectados por las interferencias.

El botón  sirve para actualizar la pseudosección (pestaña **Pseudo**).

La última acción se puede deshacer con el botón .

De forma predeterminada, los cambios realizados en los datos al editarlos en el QC module no se guardan. Para guardar los cambios y pasar a la inversión, se pulsa el botón  Appl&exit. Para eliminar los cambios seleccionados y pasar a la inversión, se pulsa el botón  Del&exit. Al hacer clic derecho en el submenú, se abre el menú contextual:

«**Remove Rho&IP**»: solo está disponible en el modo de edición del valor de resistividad aparente. Elimina el punto de resistividad seleccionado y el valor de cargabilidad correspondiente.

«**Remove all IP chan**» – elimina el valor de todos los canales de cargabilidad del punto seleccionado.

También cabe señalar la opción **Options/Extra/Remove data with big misfit**, que permite eliminar rápidamente datos individuales con valores elevados de error (después de realizar la inversión).

Introducción y edición de información topográfica

En el programa **ZondRes2D**, la topografía se puede introducir de varias maneras:

- mediante un archivo de datos z2d (para obtener más información, véase [Formato del archivo de texto de datos *.z2d, sección «Parte II del archivo de datos: datos topográficos»](#));

- mediante la opción de importación de información topográfica del menú principal del programa **Options / Topography / Import topography**. Se puede preparar un archivo en formato *.txt.

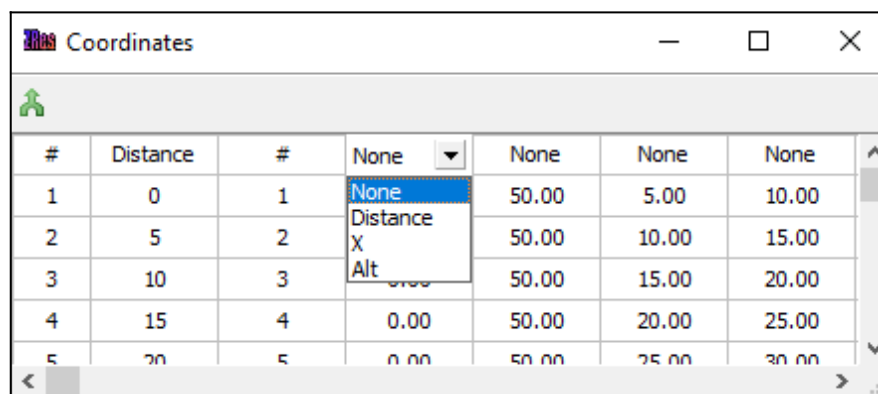


Fig. 18 Ventana de introducción de información topográfica

La opción **Options / Topography / Import topography** abre una tabla en cuyas columnas se carga la información del archivo de texto seleccionado (véase la figura siguiente). En los encabezados de las columnas correspondientes, se debe seleccionar X (coordenada horizontal) o Distance (distancia a lo largo del cable) y Alt (cota absoluta). La clave correspondiente a la columna de la tabla se selecciona en la fila superior. La introducción de la información topográfica finaliza al hacer clic en el botón .

- edición o copia desde la tabla Excel en la ventana

La opción de menú **Options / Topography / Edit topography** abre un cuadro de diálogo que permite editar la información topográfica mediante una tabla.

Topography editor		
#	cable pos, m	Elevation, m
1	0	220
2	5	222.50
3	10	225
4	15	223.50
5	20	222
6	25	221.65
7	30	221.30
8	35	220.65
9	40	220
10	45	219.75
11	50	219.50
12	55	217.75
13	60	216
14	65	217
15	70	218
16	75	218.25

☐ Fixed X
 ☐ XY

Fig. 19 Ventana del cuadro de diálogo Edit topography

Para borrar la columna Elevation, utilice las teclas Ctrl+X. A continuación, se pueden copiar los datos desde Excel (Ctrl+C) y pegarlos en esta columna.

Si la opción Fixed X está activada, la coordenada X no cambiará al asignar las cotas; si está desactivada, la coordenada X cambiará en función de la distancia.

Active la opción XY si desea añadir coordenadas geográficas.

Al hacer clic derecho en la tabla, se abre un menú: **Interpolate empty** – interpolar los valores no especificados; **Lon/Lat->UTM XY** – convertir las coordenadas geográficas a UTM; **Set floating array** y **Set underwater array** – definir un cable flotante o de fondo (las cotas negativas corresponden a la profundidad del agua).

El botón del editor gráfico abre la ventana **Topo editor**, donde se pueden interpolar linealmente o mediante splines los puntos topográficos seleccionados, suavizarlos, deshacer los cambios y aplicar el resultado.

El programa analiza los datos topográficos y advierte si se especifica una clave incorrecta o un desnivel topográfico absurdo. A continuación, se presentan 2 excepciones relacionadas con la introducción de valores topográficos inadecuados:

- si la distancia (X) especificada en el archivo de datos es menor que la distancia real entre los electrodos del cable (Distance), al abrir el archivo el programa solicitará confirmación de que la «clave topográfica» es correcta;
- si la diferencia de cotas de dos electrodos adyacentes es mayor que el valor de Distance (distancia entre electrodos a lo largo del cable), el programa solicitará confirmación de que la «clave topográfica» es correcta (véase la figura siguiente).

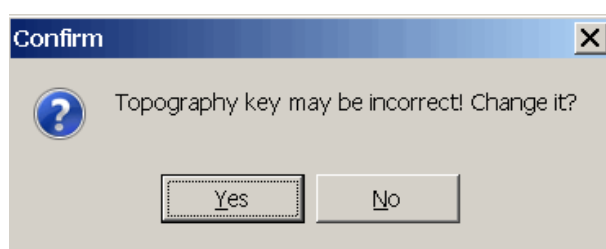


Fig. 20 Cuadro de diálogo para comprobar la clave topográfica

Al seleccionar **No**, la situación permanece sin cambios; al seleccionar **Yes**, el programa transforma los datos topográficos al sistema de coordenadas distancia a lo largo del cable–cota.

Mediante las opciones de menú **Options / Topography / Remove topography** y **Options / Topography / Restore topography**, se pueden eliminar y restaurar, respectivamente, los datos topográficos.

El modo de añadir topografía con el ratón puede resultar útil para pruebas, ya que es demasiado aproximado. Se activa mediante la opción de menú *set by mouse*. El proceso de definición de la topografía es similar al de definición de los límites a priori.

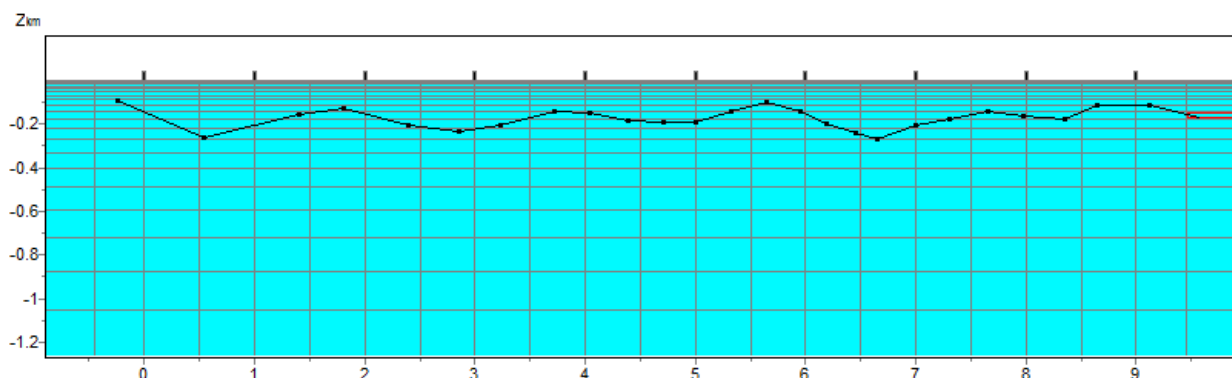


Fig. 21 Ejemplo de una sección en el modo de añadir topografía con el ratón

El coeficiente de distorsión de la topografía con la profundidad (0-5) se puede definir en el menú **Options / Topography / Topo coefficient**. 0: la topografía de cada capa sucesiva repite la de la capa anterior. 1: la topografía se aplanan con la profundidad; la última capa es plana (véase la figura siguiente). La profundidad distorsionada se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$z^{\square}(x, z) = \text{Topo}(x) + z \cdot \left(1 + \frac{\max(\text{Topo}) - \text{Topo}(x)}{\max(z)} \cdot \text{Tcoeff} \right),$$

donde *Topo* es el desnivel topográfico, *z* es la profundidad desde la superficie.

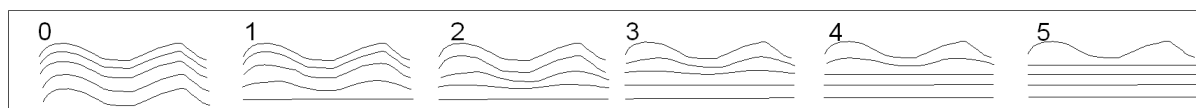


Fig. 22 Distorsión de las capas del modelo con valores del parámetro Topo coefficient de 1 a 5

Trabajo con las coordenadas en planta de los electrodos

En los estudios de tomografía de resistividad eléctrica de campo, los electrodos del dispositivo no suelen estar situados exactamente sobre la línea del perfil. Esto puede deberse a dificultades para replantear los perfiles o, por ejemplo, a la necesidad de alejar físicamente la línea de corriente de la de potencial. Para tener en cuenta correctamente este tipo de situaciones, el programa **ZondRes2D** incorpora un módulo especial que se activa automáticamente al abrir un archivo de datos que contiene la coordenada Y de los electrodos (véase la figura siguiente). El módulo permite definir una

línea única para el perfil de observación, excluir del análisis los electrodos que no se necesiten y proyectar los resultados de las mediciones sobre dicha línea.

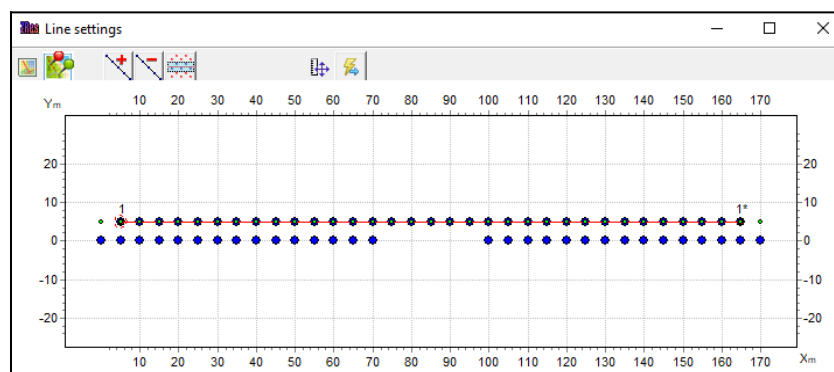


Fig. 23 Ventana de edición de la posición planificada de los puntos del perfil

En la ventana de control de la desviación de la posición de los electrodos respecto a una línea recta se muestran los puntos correspondientes a las posiciones de los electrodos en el sistema de coordenadas X – distancia a lo largo del perfil, Y – desviación de la línea del perfil en dirección perpendicular (así se especifican también en el archivo de datos). La posición de cualquier electrodo puede modificarse en el cuadro de diálogo que se abre al hacer doble clic con el botón derecho del ratón sobre ese electrodo. El botón  de la barra de herramientas de la ventana permite cargar una imagen de fondo ráster, como un mapa o un plano. El botón  permite cargar una imagen de fondo de mapas Bing (servicio cartográfico de Microsoft); en este caso, las coordenadas deben estar en formato UTM.

Una vez especificada y editada la posición real de los electrodos, es necesario trazar la línea del perfil: el modo de adición de línea se activa (o desactiva) al pulsar el botón . El botón izquierdo del ratón añade puntos a la línea y el derecho finaliza su trazado. Al hacer clic con el botón derecho del ratón aparece un menú contextual que permite especificar las coordenadas de la línea, mantener el cursor cerca de los puntos, invertir la línea y trazarla exactamente por los puntos. La línea se elimina pulsando el botón .

El siguiente paso consiste en seleccionar los puntos (electrodos) que se proyectarán sobre la línea trazada. Para seleccionar o deseleccionar un electrodo, se hace clic con el botón izquierdo del ratón en su punto, que cambia a color azul (o vuelve a color blanco). Para seleccionar todos los puntos, se pulsa el botón  de la barra de herramientas de la ventana. Una vez seleccionado un electrodo, su posición en el perfil se indica con un punto verde.

Durante el trabajo en la ventana, la escala de visualización del plano se modifica pulsando el botón  de la barra de herramientas.

El botón de escala alterna entre los modos 1:1 y «ajustar a la ventana». Al hacer clic con el botón derecho en el botón de carga del mapa, este se oculta. El botón de selección rectangular activa los puntos situados dentro de una franja a lo largo de la línea actual; el ancho de la franja se especifica en porcentaje (1–100; valor predeterminado: 15).

Una vez completadas las operaciones descritas, al pulsar el botón  se pasa al modo de definición de la malla del modelo e interpretación.

Otra función del módulo es trabajar con datos de mediciones de área. Si se especifica la posición de los electrodos en un área, el programa permite obtener datos a lo largo de cualquier perfil definido por el usuario.

Trabajo con datos de mediciones acuáticas

Para interpretar datos de trabajos acuáticos, es recomendable disponer de datos de resistividad del agua. Si no se dispone de ellos, se debe activar la opción de inversión de la resistividad del agua (**Options/Inversion/Under water options/ Invert**).

La resistividad del agua se puede especificar mediante la **opción Options/Inversion/Underwater options/ Resistivity**.

Con la opción **Options/Inversion/Underwater options/ Sub layers number** se puede establecer el número de subdivisiones de la capa de agua. El número de subdivisiones se determina en función del espesor de la capa de agua.

Trabajo con datos de mediciones entre pozos

El programa **ZondRes2D** permite interpretar datos de mediciones entre pozos. Estos incluyen mediciones entre pozos, mediciones pozo-superficie y sus combinaciones. Se admiten tanto pozos verticales como inclinados.

Al describir mediciones con electrodos situados en un pozo, se especifican las coordenadas planimétricas y altimétricas, igual que en el caso de las mediciones en superficie.

La modelización y la inversión de datos entre pozos y pozo-superficie se realizan igual que para las mediciones en superficie. La diferencia radica en la forma de representar la resistividad aparente:

a diferencia de los métodos habituales para las mediciones en superficie, aquí se representa la resistividad aparente en función del factor geométrico (véase la figura siguiente). Los datos medidos y calculados también pueden consultarse en una ventana independiente, que se abre desde el menú **Options/Data/G-Res plot**.

En las mediciones entre pozos, los valores de resistividad aparente pueden ser negativos. En ese caso, no es posible aplicar una norma logarítmica a los datos (sí a sus valores absolutos). Para estos casos, el programa utiliza una norma pseudologarítmica, que requiere especificar un coeficiente lineal-logarítmico (que debe estar próximo al nivel de ruido). Si se especifica el valor -1, el coeficiente se selecciona automáticamente. (Opción: **Options/Inversion/Norms/ Automatic sres scale**). Esta función está activa si el archivo *z2d contiene la clave sres.

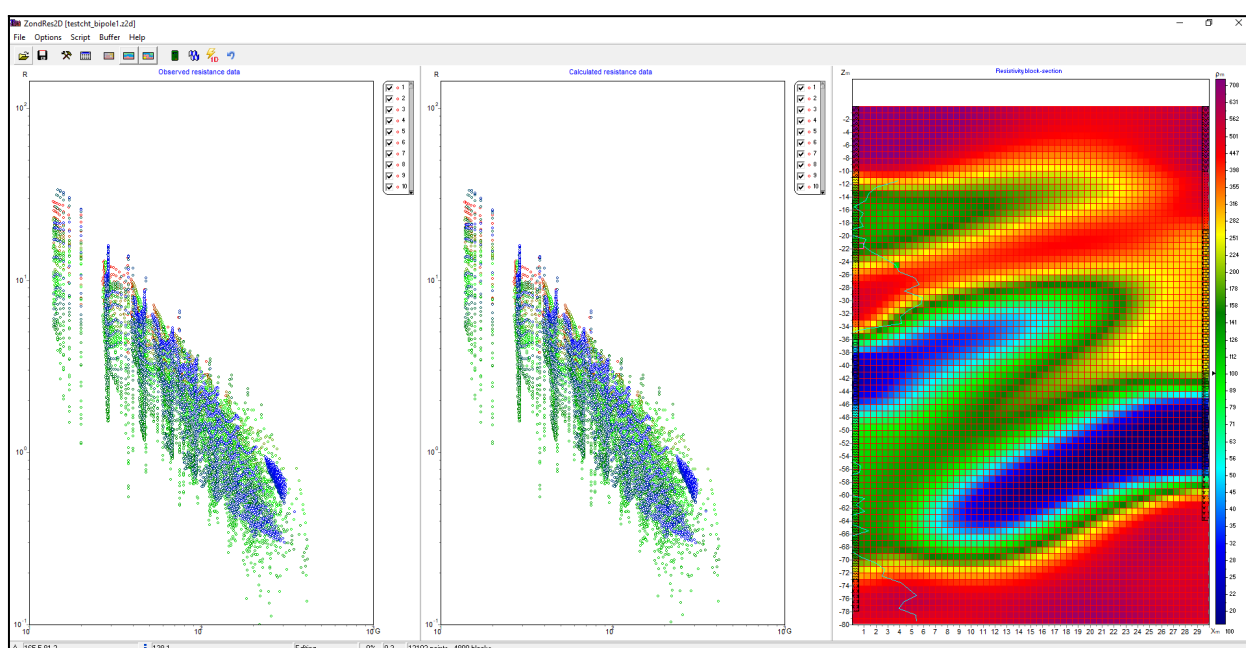


Fig. 24 Ventana principal del programa durante el trabajo con mediciones en pozos

Visualización de datos

En el programa, los parámetros aparentes pueden mostrarse como gráficos en planta **Options / Data / Graphics-plot** y como pseudosección **Options / Data / Pseudo-section**. En el modo de resistividad, los datos pueden mostrarse como señales normalizadas **Options / Data / Resistance (V/I)** o como resistividades aparentes **Options / Data / Apparent resistivity**.

Plano de gráficos

El plano de gráficos sirve para mostrar los valores de los datos a lo largo del perfil en forma de gráficos.

En el menú principal del programa se puede seleccionar el método para representar los gráficos de un coeficiente de configuración determinado: **Options / Data / Graphs / Iso-PsZ graphics** o de una posición determinada de la línea de corriente/de potencial **Options / Data / Graphs / Iso-CC graphics**, **Options / Data / Graphs / Iso-PP graphics** (véase la figura siguiente).

El plano de gráficos se maneja con el ratón.

La ampliación de una zona o su desplazamiento se realiza en el modo con el botón pulsado (herramienta «rectángulo elástico»). Para seleccionar la zona que se desea ampliar, se mueve el cursor del ratón hacia abajo y a la derecha, manteniendo pulsado el botón izquierdo. Para volver a la escala inicial, se repite la operación, pero moviendo el ratón hacia arriba y a la izquierda. El desplazamiento (desplazamiento panorámico) del gráfico se realiza moviendo el ratón con el botón derecho pulsado.

Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón en un punto del gráfico, se ocultan los demás gráficos y se muestran las posiciones de los electrodos correspondientes al punto activo (hasta que se suelta el botón del ratón).

El cuadro de diálogo de configuración del plano de gráficos se abre desde el menú principal: **Options / Graphics / Observed graphics** o **Calculated graphics**.

Para desplazarse entre los gráficos, se utiliza la rueda del ratón. Para ello, se seleccionan varios gráficos contiguos (en la leyenda) y se gira la rueda del ratón con el cursor situado sobre la leyenda. Los índices de los gráficos activos cambian. Al hacer clic con el botón derecho del ratón en un punto del gráfico, la medición se resalta en el Data editor (si está visible).

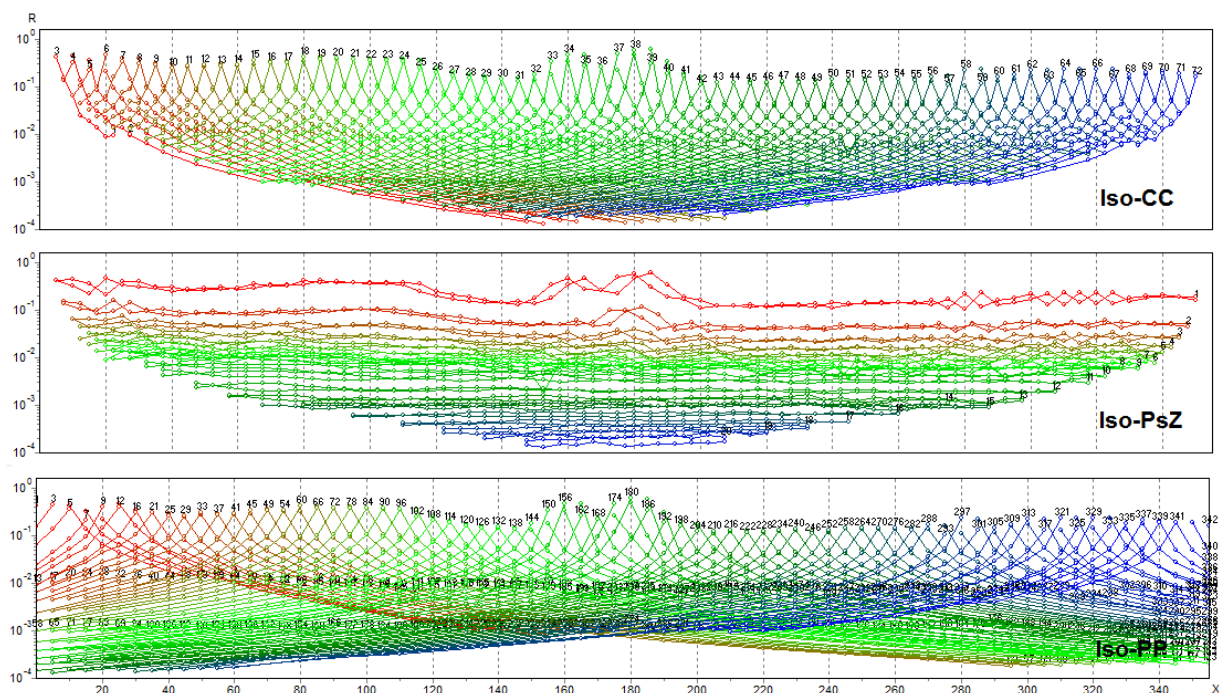


Fig. 25 Iso-PsZ graphics: método para representar gráficos a una pseudoprofundidad determinada. Iso-CC graphics: para una posición determinada de la línea de corriente. Iso-PP graphics: para una posición determinada de la línea de potencial.

Si los valores de los pesos de las mediciones están especificados en el archivo de datos de entrada, se puede mostrar en los gráficos el intervalo de confianza correspondiente mediante la opción **Options / Data / Graphs / Error gates**. Los intervalos de confianza (pesos) se pueden ajustar en el modo de gráficos haciendo clic con el botón derecho o izquierdo del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla ALT.

Pseudosección

La pseudosección muestra la distribución de los datos a lo largo del perfil en forma de sección de contornos.

La representación se realiza con los siguientes ejes:

eje horizontal: coordenada de la medición a lo largo del perfil;

eje vertical: pseudoprofundidad o separación.

La escala de colores se muestra a la derecha de la pseudosección. La escala establece la correspondencia entre el valor representado y el color.

Al hacer clic con el botón derecho del ratón en la zona de los ejes del objeto, se abre un menú contextual con las siguientes opciones:

Log data scale	Usar una escala logarítmica para la escala de colores.
Smooth mode	Usar una paleta de interpolación suave/sección de contornos.
Display grid point	Mostrar las marcas de los puntos de medición.
Display ColorBar	Mostrar la escala de colores.
Setup	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de la pseudosección.
Print preview	Imprimir la pseudosección.
Save picture	Guardar la pseudosección en un archivo gráfico *.emf, *.bmp, *.png.
Save XYZ file	Guardar la pseudosección en un archivo de texto *.dat.
Draw in surfer	Crear la pseudosección en el programa Surfer..

El editor de ejes se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT sobre el eje deseado (cuando el puntero del ratón se transforma en una mano con el dedo índice extendido). Aparece entonces un menú contextual con tres elementos: *Options*, *Default*, *Fix range*. (véase la sección «Configuración adicional» - «Editor de ejes»).

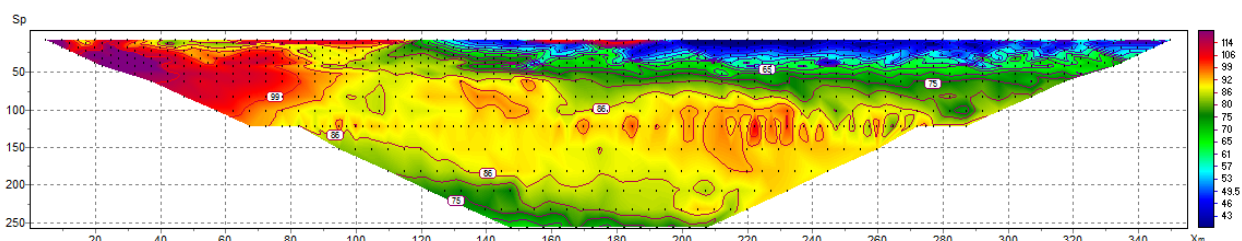


Fig. 26 Pseudosección

El editor gráfico de puntos de la pseudosección se puede abrir haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT sobre un punto (véase la sección «Configuración adicional» - «Editor de gráficos»).

El método de representación de la pseudosección varía según los dispositivos:

- para el *dispositivo Wenner (Wenner)*, los puntos de la pseudosección se sitúan de la siguiente manera: la coordenada X corresponde al centro del dispositivo y la coordenada Y corresponde a $\frac{1}{4}$ de la distancia desde el electrodo extremo hasta el centro del dispositivo;
- para el *dispositivo polo-dipolo (Pole-Dipole)*, los puntos de la pseudosección se sitúan de la siguiente manera: la coordenada X corresponde al punto medio entre los electrodos de potencial y la coordenada Y corresponde a la separación (distancia desde el electrodo de

corriente hasta el punto medio entre los electrodos de potencial). Para este dispositivo, el programa ofrece dos opciones para calcular la coordenada horizontal:

Options / Data / X-position / Data X (4-electrodes)	Este conjunto de opciones permite seleccionar el método de cálculo de la coordenada horizontal (pseudosección) del punto de medición para un dispositivo de cuatro electrodos. El conjunto de opciones incluye el cálculo automático de la coordenada horizontal: « Auto », el caso en que la coordenada horizontal se encuentra en el centro, entre los electrodos de potencial: « M-O-N » y el caso en que la coordenada horizontal se encuentra entre los dipolos de corriente y de potencial: « AB-O-MN ».
Options / Data / X-position / Data X (3-electrodes)	Este grupo de opciones permite seleccionar el método para calcular la coordenada horizontal del punto de medición de la pseudosección para un dispositivo de tres electrodos. «(A+O)/2»: la coordenada horizontal se encuentra en el punto medio entre el electrodo de corriente A y el centro de la línea de potencial O. «(M+N)/2»: la coordenada horizontal se encuentra en el punto medio entre los electrodos de potencial M y N.

- para el *dispositivo dipolo-dipolo (Dipole-Dipole)* a la coordenada X le corresponde el centro del dispositivo, y a la coordenada Y, $\frac{1}{2}$ de la distancia entre los centros de los dipolos (de los electrodos de potencial y de corriente);
- para el *dispositivo de gradiente (Gradient)* a la coordenada X le corresponde el punto medio entre los electrodos de potencial, y a la coordenada Y, $\frac{1}{2}$ de la separación entre el electrodo de corriente más cercano y el punto medio entre los electrodos de potencial;
- para el *dispositivo de dos electrodos (Pole-Pole)* a la coordenada X le corresponde el centro del dispositivo, y a la coordenada Y, $\frac{1}{2}$ de la distancia entre los electrodos A y M;
- para el *dispositivo SEV (Schlumberger)* a la coordenada X le corresponde el centro del dispositivo, y a la coordenada Y, $\frac{1}{2}$ de la distancia entre los electrodos extremos (de corriente).

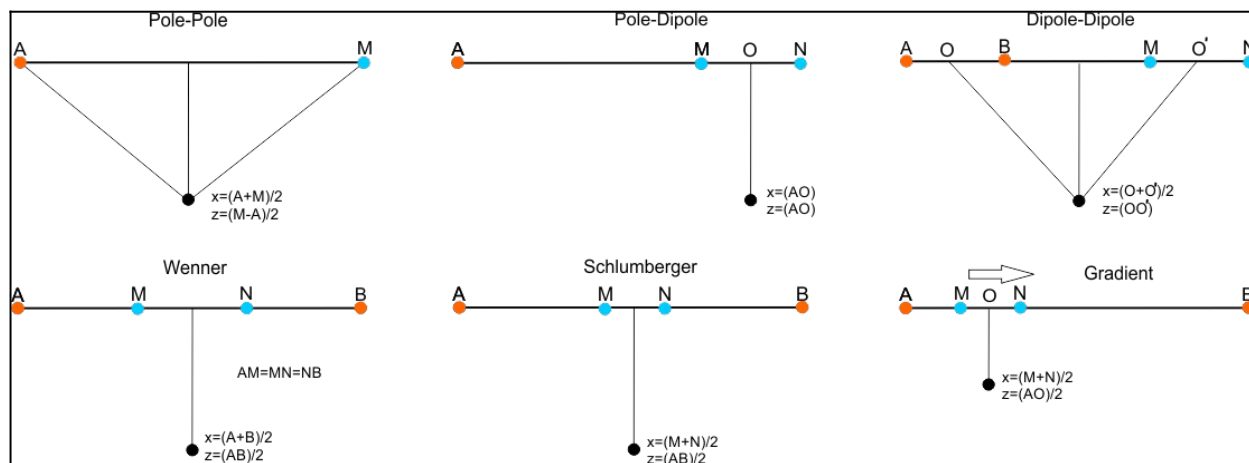


Fig. 27 Principales tipos de dispositivos de prospección eléctrica

Al mostrar la pseudosección (cuando existen sistemas de medición recíprocos), se pueden consultar los datos de dispositivos individuales mediante el menú **Options / Data / Arrays** (Pole-Dipole F, Pole-Dipole R, etc.). Para grandes volúmenes de mediciones, la opción **Options / Data / Pseudo / Display every** permite reducir el número de puntos de la pseudosección. Esta opción se activa de forma predeterminada al cargar un archivo de datos que contiene más de 3000 mediciones.

En la sección central del programa, se pueden mostrar en forma de pseudosección los pesos de las mediciones mediante la opción **Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data weights** y el error de ajuste relativo de cada medición mediante **Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data misfit**.

Editor de datos

El editor de datos  sirve para visualizar el sistema de observación y los valores medidos. La ventana contiene una tabla con 9 columnas:

ID	Índice de medición.
Used	Indicador que señala si la medición se utiliza en la inversión.
C1	Posición del primer electrodo de corriente en el perfil.
C2	Posición del segundo electrodo de corriente en el perfil.
P1	Posición del primer electrodo de potencial en el perfil.
P2	Posición del segundo electrodo de potencial en el perfil.
$\rho\alpha$	Valor de la resistividad aparente obtenida a partir de la medición.
R	Valor de la señal normalizada medida.

Weight	Peso de la medición.
--------	----------------------

Si falta uno de los electrodos, su coordenada se sustituye por el símbolo *.

Las tres últimas columnas se pueden editar con el teclado si es necesario. No se deben introducir valores absurdos para la resistividad aparente o la señal normalizada. Los pesos de las mediciones se especifican en el intervalo de 0 a 1. Al hacer clic en el encabezado de una columna, la tabla se ordena según los valores de esa columna.

Data editor								
Array		cable pos						
/	Used	C1	C2	P1	P2	ρ_a	R	weight
1	☒	0	10	20	15	0.9	0.01	1
2	☒	0	10	25	20	1.0	0.004	1
3	☒	0	10	40	25	1.0	0.003	1
4	☒	0	10	55	30	1.0	0.002	1
5	☒	0	50	5	10	0.9	0.02	1
6	☒	0	50	10	15	1.0	0.006	1
7	☒	0	50	15	20	0.9	0.003	1
8	☒	0	50	20	25	0.9	0.002	1
9	☒	0	50	25	30	0.9	0.003	1
10	☒	0	50	30	35	0.9	0.003	1
11	☒	0	50	35	40	1.0	0.006	1

Fig. 28 Ventana del editor de datos

La lista desplegable permite mostrar la posición de los electrodos a lo largo del cable **Cable pos** o sus coordenadas **X pos**, **Y pos**, **Z pos**, así como la topografía (**topo**).

Al mover el cursor por la tabla, las posiciones de los electrodos de la medición activa y el punto de registro se muestran en la pseudosección o en el plano de gráficos.

El editor de datos también se puede abrir mediante las opciones **Options / Extra/Potential&sensitivity in model** en el modo de visualización del potencial (**Potential isolines**) o de la sensibilidad (en isolíneas: **Sensitivity isolines**; en forma de mapa: **Sensitivity contours**).

Modelización

La modelización es un proceso importante previo al trabajo de campo. A partir de la información previa sobre el objeto de prospección, sus propiedades físicas y los parámetros del medio encajante, el geofísico puede definir un modelo teórico que represente la situación geológica esperada. El resultado de la modelización permite determinar el nivel de señal y la capacidad de resolución del sistema de observación elegido. El análisis preliminar permite optimizar la metodología del trabajo de campo. Este enfoque se considera profesional.

El programa «**ZondRes2D**» permite modelizar datos de los métodos de resistividad y polarización inducida en dos dimensiones (2D), teniendo en cuenta la topografía del perfil de observación. Los datos de entrada necesarios para realizar la modelización son la geometría del sistema de observación y el modelo del medio.

Creación de la malla del modelo

Inmediatamente después de crear un nuevo sistema de medición para la modelización o abrir un archivo con datos de campo, aparece el diálogo de configuración de la malla del modelo inicial.

Para crear un modelo nuevo o modificar los parámetros de uno existente, se puede seleccionar la opción de menú **Options / Mesh constructor**.

En el diálogo **Mesh constructor**, se propone seleccionar los parámetros de la malla, así como la resistividad eléctrica y la cargabilidad del medio encajante.

Mesh constructor

Settings | Preview

Mesh nodes

Vertical nodes

Start height: 1

Maximal depth: 164.49

Layers number: 30

Incremental factor: 1.10

☒ Regular mesh

Horizontal nodes

Minimum: 1300

Maximum: 1900

☐ Nodes number: 121

Intermediate nodes: 1

☒ Regular mesh

Start resistivity: 90

Start polarizability: 0.7

Apply Cancel

Fig. 29 Ventana de configuración del modelo inicial

La sección **Vertical nodes** contiene opciones para definir los parámetros de la malla del modelo en la dirección vertical. Inicialmente, el programa selecciona estos parámetros de forma automática, según las reglas siguientes:

- La profundidad de la capa inferior corresponde a la mitad de la pseudoprofundidad máxima del sistema de medición. La pseudoprofundidad se determina a partir de la separación del dispositivo;
- El número de capas corresponde al doble del número de coeficientes únicos del dispositivo para el sistema de medición correspondiente y no supera 40;
- El espesor de cada capa siguiente es aproximadamente 1.1 veces mayor que el de la anterior.

El usuario puede editar los parámetros del modelo inicial establecidos automáticamente por el programa.

Start height – establece el espesor de la primera capa. Este valor debe corresponder aproximadamente a la longitud de la celda y satisfacer la resolución requerida.

Maximal depth – indica la profundidad de la capa inferior. Se debe tener en cuenta que la profundidad máxima no debe ser demasiado grande, ya que la influencia de los parámetros del corte geoelectrico disminuye con la profundidad. Este parámetro se calcula automáticamente.

Layers number – establece el número de capas del modelo. Desde el punto de vista físico, no debe superar significativamente el número de coeficientes únicos del dispositivo (separaciones) para el sistema de medición correspondiente. Normalmente, bastan 12-20 capas para describir el modelo. No es recomendable asignar valores grandes a este parámetro, ya que esto reducirá considerablemente la velocidad de cálculo.

Incremental number – establece la relación entre los espesores de capas adyacentes. Los valores de este parámetro suelen elegirse en el intervalo de 1 a 2.

El área **Horizontal nodes** contiene opciones que permiten definir los parámetros de la malla horizontal del modelo.

Minimum – indica la coordenada mínima del perfil de medición.

Maximum – indica la coordenada máxima del perfil de medición.

Intermediate nodes – establece el número de nodos adicionales entre las posiciones únicas de los electrodos en el perfil (0 - 20). La presencia de nodos adicionales mejora la precisión de la solución del problema directo, especialmente cuando se utiliza el cálculo del Total potential calculation).

Nodes number – si se activa esta opción, la malla se construye con un paso uniforme (horizontalmente), desde el valor del campo **Minimum** hasta el valor del campo **Maximum**. El número de nodos se especifica en el campo **Nodes number**. Esta opción debe activarse en caso de que la malla de medición sea irregular. Se recomienda utilizar una malla uniforme al trabajar con sistemas de observación no tomográficos, por ejemplo, en la interpretación bidimensional de datos de SEV (véase la figura siguiente).

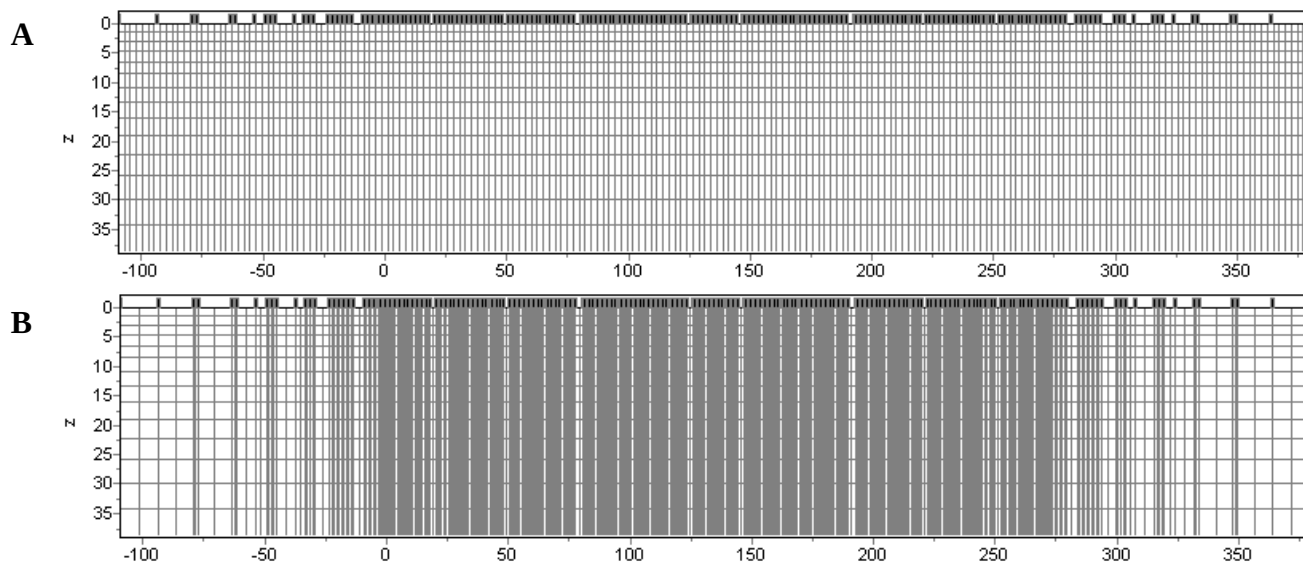


Fig. 30 Mallas de modelo uniforme (A) y no uniforme (B)

Al activar esta opción, se reduce considerablemente el número de celdas, pero el algoritmo omite los datos en los que el electrodo de corriente y el electrodo de potencial (de una misma medición) se encuentran en una misma celda, debido a la no linealidad de la función de potencial en este caso.

Regular mesh – activa el algoritmo de construcción de la malla horizontal, en el que los nodos adicionales se seleccionan para obtener una división uniforme. Esta opción debe activarse cuando las distancias entre electrodos adyacentes difieren mucho (lo que mejora la solución de los problemas directo e inverso). El botón **st=** situado junto a la opción abre el campo **X discretization step** para especificar el paso de división de las celdas a lo largo del eje X («*» – automático), si la opción **Nodes number** no está activada. Si se activa la opción **In elec**, queda disponible el campo para indicar el número de nodos intermedios entre los electrodos.

Al trabajar con datos de pozo, la opción **Regular mesh** está activa tanto para la horizontal como para la vertical. Esto permite definir también una división uniforme en dirección vertical. La opción **In elec**, activa al trabajar con datos de pozo, garantiza que los nodos de la malla coincidan con los electrodos del pozo.

Start resistivity – establece la resistividad eléctrica del modelo inicial.

Start polarizability – establece la cargabilidad del modelo inicial.

Los parámetros de malla especificados se pueden guardar y cargar (botones  y  en la esquina superior derecha del cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del modelo).

La pestaña **Preview** permite ver una imagen de la malla configurada.

Después de configurar los parámetros de la malla, se pulsa el botón **Apply**, y el programa pasa al modo de trabajo.

Edición del modelo

En el programa **ZondRes2D** hay tres modos de edición del modelo:

- el modo de bloques (botón  de la barra de acceso rápido) está destinado a editar directamente las celdas del modelo (tanto la anchura o el espesor de una fila de celdas seleccionada como las propiedades de las celdas). En el modo de bloques también se puede editar la geometría de la malla creada inicialmente en el cuadro de diálogo **Options / Mesh constructor**;

- el modo de capas arbitrarias (botón  de la barra de acceso rápido) está destinado a crear y editar un modelo de capas arbitrarias;

- el modo poligonal (botón  de la barra de herramientas). El modo poligonal está destinado a definir un medio formado por un conjunto de cuerpos conectados o independientes.

Cabe señalar que en todos los modos del modelo hay disponibles diversas herramientas auxiliares que facilitan su definición: pozos, imágenes de fondo ráster y modelos de otros programas del paquete Zond.

Trabajo con el modelo de bloques (malla)

Este modo sirve para modificar los parámetros de celdas individuales del modelo o de grupos de celdas con el ratón. El trabajo con las celdas del modelo es similar a la edición de una imagen ráster en un editor gráfico. Al desplazar el cursor por el área del modelo, el panel de estado inferior de la ventana principal del programa muestra las coordenadas y los parámetros de la celda activa donde se encuentra el cursor. La celda activa está rodeada por un rectángulo que actúa como cursor. La celda seleccionada o fijada se marca con un patrón de puntos blancos o negros.

Para trabajar con el modelo de bloques, el programa dispone de dos conjuntos de herramientas: el menú contextual (se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón en el área de edición del

modelo), la barra de herramientas flotante (**Options / Model / Model Editor toolbar**) y la escala de colores. Las funciones del menú contextual y de la barra de herramientas flotante se solapan en gran medida:

<i>Menú contextual</i>	<i>Model tools</i>	<i>Opción</i>
		Zoom, cambiar la escala de visualización del modelo.
Display cell setup		Abrir el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la celda.
Cell to cursor value		Usar el parámetro de la celda activa como valor actual.
Edit mode		Activar el modo de edición.
Selection\Free form selection		Seleccionar un conjunto de celdas dentro del área de edición con el ratón. El área tiene límites definidos por el usuario. Esta herramienta también se puede utilizar manteniendo pulsada la tecla C.
Selection\Rectangular selection		Seleccionar un conjunto de celdas dentro del área de edición con el ratón. El área tiene forma rectangular.
		Seleccionar un conjunto de celdas dentro del área de edición con el ratón. El área tiene forma elíptica.
Selection\Magic wand		Seleccionar un conjunto de celdas dentro del área de edición con el ratón. Se seleccionan la celda activa y las celdas adyacentes cuyo parámetro es similar al suyo. El grado de similitud se define en el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del modelo. Esta herramienta también se puede utilizar manteniendo pulsada la tecla X.
Selection\Remove selection		Eliminar la selección.
Mesh options\Add column /row		Añadir un nuevo límite vertical u horizontal. El nuevo límite aparece al hacer clic con el ratón en el lugar elegido.

Mesh options\Remove column /row		Eliminar el límite vertical u horizontal seleccionado.
Mesh options\Resize column /row		Cambiar el ancho de una fila o columna con el ratón.
Clear model		Borrar completamente el modelo. Eliminar todas las áreas seleccionadas y volver a un semiespacio homogéneo con las propiedades físicas especificadas al crear el modelo inicial en «Mesh constructor».
Clear parameters		Volver a un semiespacio homogéneo con las propiedades físicas especificadas al crear el modelo inicial en «Mesh constructor». Se conservan las áreas seleccionadas del modelo y los límites de las propiedades físicas definidos por el usuario.

A la derecha del área de edición del modelo se encuentra la escala de colores, que relaciona el valor del color con el valor de resistividad. Para seleccionar el valor actual, haga clic en la escala con el botón izquierdo del ratón; el valor se muestra debajo de la escala de colores. El parámetro de una celda se cambia con el ratón: al hacer clic con el botón izquierdo del ratón sobre una celda, su parámetro cambia al valor actual.

Para crear modelos rápidamente, el programa ofrece varios modos de selección de celdas: rectangular, elíptica, de forma libre y por un valor determinado del parámetro. Las opciones correspondientes se pueden abrir desde el menú contextual, haciendo clic con el botón derecho del ratón en el área de edición del modelo, o desde la barra de herramientas (**Options / Model / Model Editor toolbar**). Si hay seleccionada un área de la sección, al hacer clic con el botón izquierdo del ratón en cualquier punto del área seleccionada se asigna a todas sus celdas el valor actual del parámetro.

El submenú de selección también incluye la opción **Smooth selection** – suavizado de los parámetros de las celdas seleccionadas (4 pasadas de promediado en 5 puntos; para la escala logarítmica, se promedia en logaritmos).

Por ejemplo, para asignar un valor de resistividad determinado a un área rectangular de la sección, selecciónela con las herramientas descritas anteriormente, haga clic con el botón izquierdo del ratón en la escala de colores para elegir la resistividad deseada y, a continuación, haga clic con el botón izquierdo del ratón en cualquier celda del área seleccionada, que adoptará el valor elegido.

La ampliación de la visualización o el desplazamiento de una zona se realizan en el modo **Zoom&Scroll** (se activa en el menú contextual de configuración de los parámetros del modelo; para abrirlo, haga clic con el botón derecho junto al rótulo **Resistivity block-section** en la ventana del modelo) o tras pulsar el botón  de la barra Model tools. Para seleccionar la zona que se desea ampliar, mueva el cursor del ratón hacia abajo y a la derecha mientras mantiene pulsado el botón izquierdo. Para volver a la escala inicial, realice la misma operación moviendo el ratón hacia arriba y a la izquierda.

Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT sobre una celda o un grupo de celdas, se aumenta su parámetro. Al hacer clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT sobre una celda o un grupo de celdas, se reduce su parámetro. El porcentaje de cambio del valor se define en el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del modelo. Si la celda activa pertenece a la selección, todas las operaciones descritas se aplican a toda la selección. Esta opción funciona cuando está activada la opción  (**Edit mode**).

Al hacer clic con el ratón mientras se mantiene pulsada la tecla CTRL se puede mover con el ratón el conjunto de celdas seleccionadas dentro del área de edición. Al mover la selección con el botón izquierdo del ratón pulsado, el contenido de las celdas seleccionadas se copia en la nueva ubicación. Al mover la selección con el botón derecho del ratón pulsado, el contenido de las celdas seleccionadas se corta y se copia en la nueva ubicación.

Cabe señalar que, al cambiar del modo de resistividad al modo de cargabilidad, se conserva el área seleccionada.

También se pueden asignar valores del parámetro a las celdas seleccionadas mediante el cuadro de diálogo de configuración de parámetros de celda **Cell setup** (véase la figura siguiente).

Este diálogo permite seleccionar los parámetros de una celda o de una selección.

Value – establece el valor del parámetro de la celda.

Fixed – fija o libera el parámetro de la celda.

Min value, Max value – define el intervalo de variación del parámetro de la celda.

Las casillas situadas a la izquierda de cada opción se marcan si se desea aplicar el nuevo valor a todas las celdas de la selección.

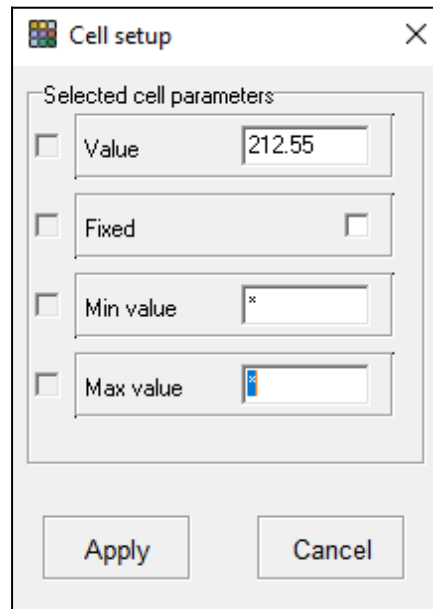


Fig. 31 Ventana de diálogo Cell setup

Al hacer clic con el botón derecho en distintas áreas del editor del modelo, aparecen menús contextuales con las siguientes opciones:

Eje vertical	Set maximum	Establecer la profundidad del límite inferior de la capa.
	Redivide	Establecer el mismo espesor para todas las capas de la malla (a esta escala).
	Thick mesh	Eliminar uno de cada dos nodos de la malla vertical.
	Thin mesh	Añadir nodos intermedios a la malla vertical.
Eje horizontal	Redivide	Establecer el mismo ancho para las celdas situadas entre posiciones únicas de los electrodos.
	Thick mesh	Eliminar uno de cada dos nodos de la malla horizontal (si no hay ningún electrodo en ese nodo).
	Thin mesh	Añadir nodos intermedios a la malla horizontal.
Superior área, cerca de	Display model mesh	Indica si se debe mostrar la malla.
	Display objects	Indica si se debe mostrar el límite del objeto.

	border	
	Setup	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros del modelo.
	Display color bar	Indica si se debe mostrar la escala de colores.
	Zoom&Scroll CTRL+A	Activar el modo de zoom y desplazamiento.
	Print preview	Imprimir el modelo.
Escala de colores	Setup	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros del modelo.
	Set range	Definir manualmente los valores mínimo y máximo de la escala de colores.
	Automatic	Determinar automáticamente los valores mínimo y máximo de la escala de colores.
	Log scale	Establecer una escala logarítmica para la escala de colores.
	Set half-space value	Definir el valor del parámetro del medio encajante.
	Set cursor value	Situar el cursor en un valor determinado de la escala.
	Colors as histogram	Establecer los colores según la distribución de las resistividades de las celdas del modelo.

Modelo estratificado arbitrario

El modelo estratificado arbitrario está representado por un conjunto de capas cuya geometría de límites y variaciones de los parámetros dentro de cada capa se definen libremente. Se trata del denominado *modelo 2D suave*, que presupone la ausencia de pequeñas heterogeneidades locales contrastantes en la sección.

Es una variante del modo principal en la que el medio está dividido en celdas, pero se representa en capas. Esta forma de describir el medio es más estructurada y comprensible para los geólogos.

El modelo estratificado arbitrario ofrece ventajas evidentes, entre ellas, una sección resultante de aspecto «geológico» y la posibilidad de realizar un ajuste conjunto con datos de varios métodos geofísicos.

En el modo de modelo estratificado arbitrario (botón  de la barra de herramientas de la ventana principal del programa) aparece una sección adicional en el menú principal: **Layered**.

Antes de empezar a trabajar, es necesario crear un modelo inicial del medio. Para la sección inicial se utiliza un medio estratificado horizontalmente, con parámetros constantes dentro de cada capa. El modelo inicial se puede configurar en el diálogo que se abre desde la opción del menú principal **Layered/model constructor**. Al resolver el problema inverso, es muy importante definir una buena aproximación inicial del modelo, cercana al medio real. El modelo inicial puede seleccionarse a partir del análisis de los resultados de la inversión en el modo de modelo de malla. Estos mismos resultados se pueden incorporar al armazón del modelo creado mediante la opción **Layered/Load from mesh**.

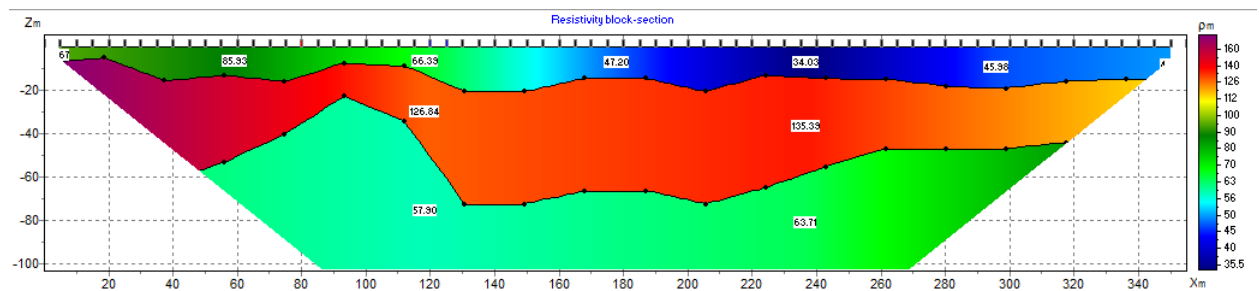


Fig. 32 Sección en el modo de modelo estratificado arbitrario

Los parámetros importantes son el número de capas y su espesor. Otros parámetros son el número de nodos de la geometría de los límites y el número de nodos de variación del parámetro dentro de la capa. Un nodo de la geometría del límite de una capa es un punto en el que puede variar su coordenada vertical. Por tanto, cuantos más nodos haya, más compleja podrá ser la geometría del límite. Por otro lado, cuanto menor sea el número de nodos, más fiable será la determinación del límite. Lo más adecuado es elegir el número de nodos de la geometría según el número de posiciones únicas de los electrodos del perfil. El número de nodos es igual para todos los límites de las capas, excepto para la superficie de medición. En el modo de modelización (**Layered/Edit mode**), los nodos se muestran como círculos que se pueden arrastrar con el ratón o fijar durante la inversión (al hacer clic en un nodo mientras se mantiene pulsada la tecla CTRL, los nodos fijados se muestran en rojo). Es más cómodo editar los límites con la opción **Layered/Transparent** activada, de modo que el resultado de la inversión en el modo de malla sirva de imagen de fondo.

Los nodos del parámetro, o el perfil de variación del parámetro, definen la distribución del parámetro dentro de la capa. El perfil del parámetro se define mediante un conjunto de valores nodales fijos entre los que el parámetro varía linealmente. El programa permite establecer un número distinto de nodos para la primera capa y para las siguientes. Por lo general, los parámetros varían más en la capa superior, por lo que conviene definir un perfil más detallado (3-10 nodos). En las

capas inferiores, los parámetros varían más suavemente y bastan 1-3 nodos. En el modo de modelización (**Layered/Edit mode**), se pueden editar los valores de los parámetros nodales haciendo clic con el botón derecho en la etiqueta del valor; para fijar el parámetro durante la inversión, se hace clic con el botón derecho en la etiqueta del valor mientras se mantiene pulsada la tecla CTRL.

Cabe destacar otra función importante del medio estratificado arbitrario: permite realizar una inversión conjunta de distintos métodos geofísicos para obtener un modelo con una geometría de límites y posiciones de nodos de variación de los parámetros comunes. La inversión conjunta es posible con los siguientes tipos de datos: cargabilidad, tiempos VP, tiempos VS, datos gravimétricos, datos magnetométricos, datos de sondeo magnetotelúrico (MT) y datos TEM. Naturalmente, dado que los distintos métodos geofísicos utilizan parámetros físicos diferentes, es necesario configurar cada uno de ellos.

La configuración de un medio arbitrariamente estratificado se realiza en el constructor de modelos (**Layered/Model constructor**) (véase la figura siguiente).

N	par	Pmin	Pmax	H	Hmin	Hmax
1	90	0.1	100000	10.4	5.2	20.7
2	90	0.1	100000	25.9	12.9	51.8
3	90	0.1	100000	*	*	*

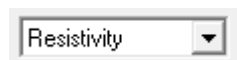
Fig. 33 Ventana del constructor de modelos

Start thickness permite definir el espesor de la primera capa.

Layers number define el número de capas del modelo (2–10).

Thickness factor – coeficiente de aumento del espesor de cada capa sucesiva con respecto a la anterior.

Geometry nodes – número de nodos geométricos para cada límite de capa (de 4 a 100). En estos nodos, el límite se puede modificar verticalmente.



- define el tipo de parámetro de la lista.

Resistivity – resistividad eléctrica; datos SEV, MT o TEM.

Polarizability – cargabilidad; datos de tomografía de resistividad eléctrica con IP.

Gravity – densidad; datos de gravimetría

Magnetic – susceptibilidad magnética; datos de magnetometría

Velocity – velocidad de las ondas longitudinales o transversales

Si el tipo seleccionado no está disponible (no se han cargado en el proyecto datos del método correspondiente), el valor cambiará a Resistivity.

Cabe señalar que los valores del parámetro seleccionado en esta lista se mostrarán como etiquetas en las capas. Esto permite visualizar simultáneamente los resultados de la interpretación de dos propiedades. El color representará la resistividad eléctrica o la cargabilidad, según el modo actual, y el valor numérico corresponderá al parámetro de la lista.

Par value – define el valor inicial del parámetro en la primera capa.

Par nodes 1 layer – el número de nodos del parámetro determina su distribución dentro de la primera capa. El perfil de variación del parámetro se define mediante un conjunto de valores fijos en los nodos, entre los cuales el parámetro varía linealmente. Si se introduce 1 en el campo de entrada, el parámetro de la capa será constante. Si se introduce 2, los parámetros variarán linealmente de un extremo al otro.

Par nodes 2-n layers – el número de nodos del parámetro determina su distribución dentro de las capas sucesivas. El perfil de variación del parámetro se define mediante un conjunto de valores fijos en los nodos, entre los cuales el parámetro varía linealmente. Si se introduce 1 en el campo de entrada, el parámetro de la capa será constante. Si se introduce 2, los parámetros variarán linealmente de un extremo al otro.

En la parte inferior de la ventana **Start model** hay una tabla. En ella se puede definir manualmente el intervalo de valores de la propiedad física **par** para la inversión, desde **Pmin** hasta **Pmax**. Además, se pueden definir el espesor de la capa **H** y los límites dentro de los cuales puede variar durante la inversión (desde **Hmin** hasta **Hmax**). Si resulta más cómodo trabajar con profundidades en lugar de con los espesores de las capas, se debe marcar la casilla junto a **for Z**.

Para la inversión conjunta de datos de resistividad y de IP con una geometría de capas común, se utiliza la opción **Invert Rho&IP**.

El ajuste de la geometría de los límites durante la inversión se realiza con la opción **Invert boundaries** activada. A veces es necesario ajustar únicamente los parámetros (los límites son conocidos y están fijados); en ese caso, se debe desmarcar la casilla de la opción **Invert boundaries**.

Draw labels – muestra los valores de la propiedad física.

La opción **Transparent** hace transparente el modelo estratificado sobre la malla (modelo de bloques), de modo que solo se ven los límites horizontales del modelo estratificado.

Edit mode – activa el modo de edición del modelo arbitrariamente estratificado. La edición se realiza con el ratón. Los límites se editan cambiando la posición de los nodos únicamente en dirección vertical. Al hacer clic derecho en la etiqueta de una capa, se puede editar el valor de la propiedad física.

Las opciones **Save layers** y **Load layers** permiten guardar y cargar el modelo estratificado en un archivo de texto.

Modelización poligonal

En muchas situaciones, resulta más práctico definir el modelo como un conjunto de cuerpos con sección poligonal. En **ZondRes2D**, esta posibilidad está disponible en el modo de modelización poligonal. Para acceder a este modo, se pulsa el botón ; a continuación, aparece en la esquina superior izquierda de la pantalla una barra de herramientas para crear el modelo poligonal. Si ya se ha creado un modelo poligonal en el proyecto actual, se mostrará en la ventana del modelo.

La creación de modelos poligonales en **ZondRes2D** es similar al proceso de creación de polígonos en los editores de gráficos vectoriales.

El modo de modelización poligonal permite describir tanto polígonos individuales (cuerpos) en un medio homogéneo encajante como un sistema de polígonos (cuerpos) conectados entre sí. Para crear y editar un polígono, se debe seleccionar la herramienta correspondiente en la barra de herramientas de modelización poligonal:

Herramienta	Opción
	Creación de un polígono. Al pulsar el botón izquierdo del ratón se añade un nuevo nodo al límite del polígono. La definición del límite del polígono termina al pulsar el botón derecho del ratón; después, el polígono se cierra automáticamente.

	Eliminación de un polígono. Tras seleccionar la herramienta, se hace clic derecho en el polígono que se desea eliminar.
	Creación de un polígono adyacente a un polígono existente o al límite del área de modelización. Tras seleccionar esta herramienta, se debe definir el límite que no comparte con el polígono existente. El primer y el último punto del límite definido deben pertenecer al límite del cuerpo adyacente o al límite del área de modelización. La definición del límite termina al pulsar el botón derecho del ratón. El programa seleccionará automáticamente el límite adyacente o solicitará que se seleccione mediante un cuadro de diálogo (si hay dos opciones posibles).
	Separar polígonos adyacentes. Si con la herramienta anterior se ha creado un modelo que contiene polígonos adyacentes, esta herramienta permite separarlos para poder modificar sus límites de forma independiente, moverlos o eliminarlos. Tras seleccionar la herramienta, se selecciona con el botón izquierdo del ratón el polígono que se desea separar (basta con hacer clic una vez en cualquier punto del polígono; sus límites cambiarán de color). El procedimiento de separación finaliza al hacer clic con el botón derecho.
	Dividir un polígono mediante una línea recta (crear dos polígonos a partir de uno). Se indica el primer punto de la línea con el botón izquierdo del ratón y, a continuación, el segundo con el botón derecho. Ambos puntos deben encontrarse en el límite del polígono que se va a dividir.
	Mover un polígono. El polígono se selecciona haciendo clic con el botón izquierdo del ratón. Al mover el ratón, el polígono se desplaza. La posición del polígono se fija haciendo clic con el botón derecho.
	Mover una parte de un polígono.
	Añadir un nodo. Para ello, se hace clic con el botón derecho del ratón en el punto del límite donde se desea añadir el nodo.
	Eliminar un nodo. Para ello, se hace clic con el botón derecho del ratón en el nodo que se desea eliminar.
	Mover un nodo. El nodo se selecciona haciendo clic con el botón izquierdo del ratón; se mueve desplazando el ratón y el movimiento finaliza haciendo clic con el botón derecho.
	Lupa. Permite modificar la escala de visualización del modelo.

Al trabajar con las herramientas de modelado poligonal, se debe tener en cuenta que **todas las operaciones finalizan haciendo clic con el botón derecho del ratón.**

Para modificar la resistividad, la cargabilidad y la representación gráfica del polígono, se hace doble clic con el botón izquierdo del ratón en cualquier punto del mismo. Se abrirá el cuadro de diálogo **Body parameters** (véase la figura siguiente).

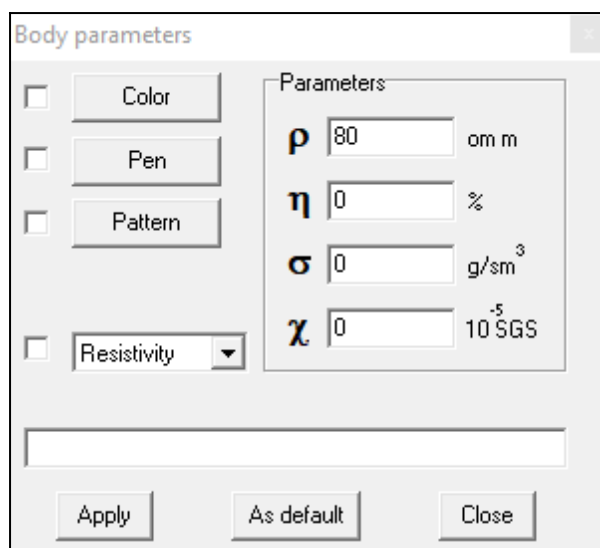


Fig. 34 Cuadro de diálogo **Body parameters**

En los campos ρ , η , σ , χ se indican los valores de resistividad, cargabilidad, densidad y susceptibilidad magnética. Los botones **Color**, **Pen**, **Pattern** abren los cuadros de diálogo para configurar el color del polígono (distinto de la escala de colores del modelo), el color de sus límites y el tipo de relleno tramado. La lista desplegable de etiquetas ofrece las opciones: None, Resistivity, ALL pars, User text (el texto personalizado se introduce en el campo situado debajo). Las casillas junto a los botones y la lista aplican la configuración correspondiente a todos los polígonos. El botón **As default** guarda la configuración para los nuevos polígonos.

Al trabajar con datos de potencial espontáneo, se debe indicar el tipo de conductividad del polígono: electrónica o iónica. La casilla de conductividad electrónica solo aparece en la ventana **Body parameters** cuando se han cargado datos SP; si no está marcada, al polígono se le asigna conductividad iónica.

El intercambio de valores entre los modelos poligonal y de malla se realiza mediante las opciones de menú **Modeling / Get values from mesh** y **Modeling / Set values to mesh**. La primera opción asigna a los polígonos las resistividades del modelo de bloques, teniendo en cuenta la geometría (a partir de resultados de una inversión o modelización realizados previamente); la

segunda asigna al modelo de bloques las resistividades de los polígonos. El cambio entre los modos de bloques y poligonal se realiza mediante el botón  de la barra de herramientas principal.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de modelo creado con las herramientas de modelado poligonal.

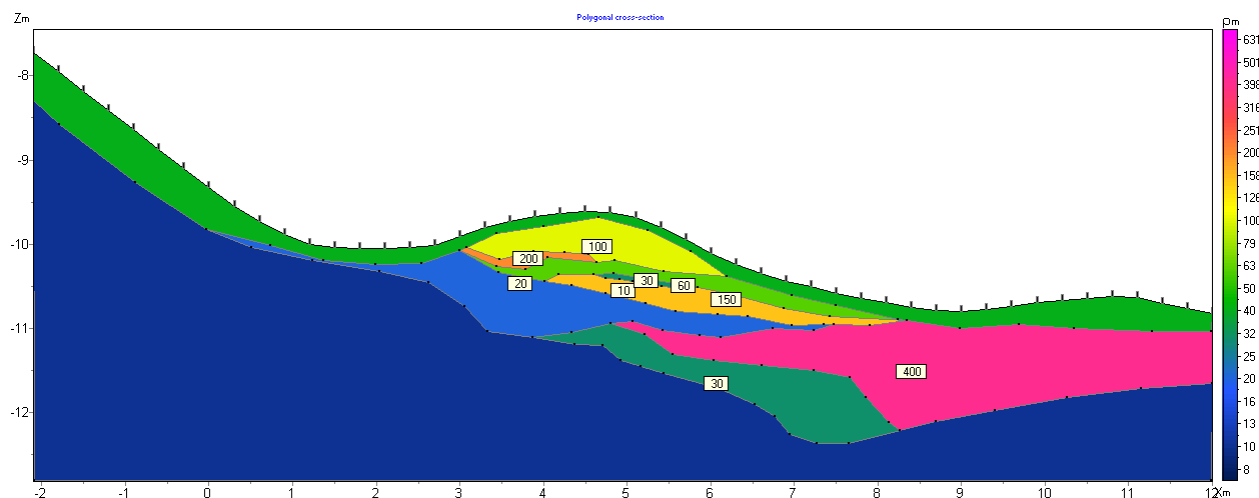


Fig. 35 Ejemplo de modelo poligonal creado en ZondRes2D

Los modelos poligonales se pueden guardar y cargar mediante las opciones **Save polygons** y **Load polygons** del menú **Modeling** de la barra de herramientas principal. La opción **Export model to CAD** permite exportar el modelo poligonal a un archivo en formato Autocad dxf.

El problema directo del modelo creado se calcula haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas o pulsando la tecla Espacio.

Para aumentar la precisión del cálculo del problema directo, se recomienda utilizar una malla más detallada. En particular, después de crear un modelo poligonal, se puede cambiar al modo de bloques mediante el botón  y utilizar la opción **Thin mesh** en las propiedades de cada uno de los ejes. A continuación, se vuelve al modo de modelado poligonal y se pulsa . El problema directo se calculará entonces con una malla más detallada.

El modo **Polygonal modeling** puede utilizarse para la interpretación conjunta de datos de sísmica y de gravimetría y/o magnetometría. En este caso, el componente común es la estructura poligonal; es decir, dado que la estructura es fija, los parámetros se invierten por separado. El ajuste de las velocidades de los polígonos se inicia con el botón , y la inversión de datos gravimagnéticos se realiza mediante la opción: **Options / GraviMagnetic / Inversion**.

Guardado y uso de datos calculados

Para utilizar los valores calculados como datos de campo durante la inversión, se debe guardar el resultado en el formato **Zond calculated data [*.z2d]**. Los datos se guardan en un archivo de texto. Después, el archivo guardado se puede abrir como datos observados. Como alternativa, se puede utilizar la opción **Zond model with calculated [*.z2d]**, pero antes de la inversión será necesario borrar el modelo actual. Para añadir ruido a los datos sintéticos antes de guardarlos, se debe activar la opción **Save synthetic with noise**.

A continuación, se pueden invertir estos datos y analizar las diferencias entre el modelo reconstruido y el original. Este mecanismo permite probar los sistemas de observación y verificar distintas hipótesis.

Interpretación de datos de campo

La etapa más importante de cualquier estudio geofísico es construir modelos físicos del medio a partir de los datos observados; es decir, resolver el problema inverso o realizar la inversión de los datos.

Para obtener el resultado más fiable posible, es muy importante tener en cuenta toda la información previa, evaluar la calidad de los datos, comparar los resultados de distintos métodos y seleccionar los parámetros de inversión más adecuados.

El programa permite realizar la inversión no solo del método de resistividad, sino también una inversión conjunta con otros métodos geofísicos: datos del método de polarización inducida, datos de métodos magnetotélúricos, datos de mediciones gravimétricas y magnéticas, datos de métodos sísmicos, etc.

Si se dispone de datos de cargabilidad, en la barra de herramientas aparecen los botones  y , que permiten cambiar entre los modos de trabajo con datos de resistividad y de cargabilidad.

Configuración de los parámetros de inversión

Una vez cargado el archivo, analizados los datos y configurado el modelo inicial, el siguiente paso consiste en seleccionar el tipo de inversión y configurar sus parámetros. El cuadro de diálogo para configurar los parámetros de inversión se puede abrir mediante el botón  o la opción de menú **Option / Program setup**.

El cuadro de diálogo permite configurar los parámetros relacionados con la resolución del problema directo e inverso.

Default – asigna los valores predeterminados a los parámetros.

Los principales parámetros de inversión se configuran en la pestaña **General** (véase la figura siguiente).

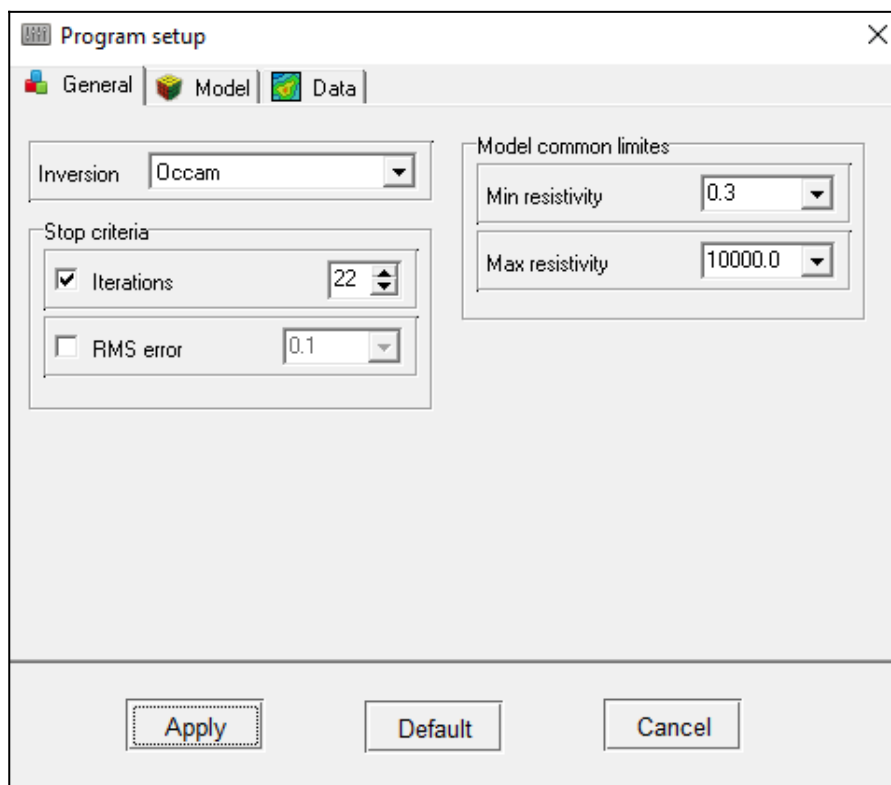


Fig. 36 Cuadro de diálogo Program setup, pestaña General

La opción **Inversion** determina el algoritmo con el que se resolverá el problema inverso.

Veamos los distintos algoritmos de inversión con un modelo del medio compuesto por varios bloques (véase la figura siguiente).

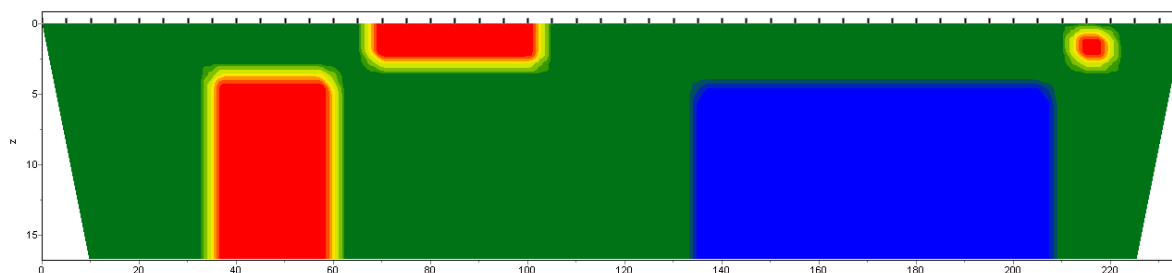


Fig. 37 Modelo de prueba del medio

Para probar los algoritmos, se calculó la respuesta teórica de este modelo y se añadió a los resultados ruido gaussiano del cinco por ciento.

Smoothness constrained – inversión por mínimos cuadrados con un operador de suavizado. Este algoritmo produce una distribución estable y suave de los parámetros, sin límites abruptos (véase la figura siguiente).

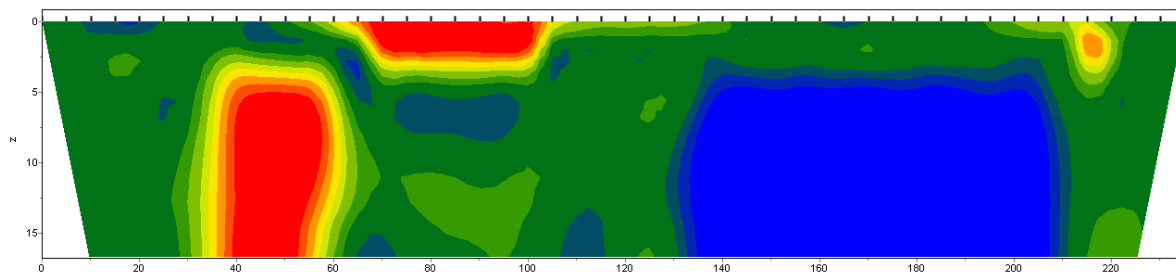


Fig. 38 Modelo reconstruido mediante la inversión **Smoothness constrained**

La ecuación matricial para esta variante de inversión es la siguiente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

Como se observa en la ecuación, durante la inversión el programa no minimiza el contraste del modelo. Este algoritmo permite alcanzar los valores mínimos del error de ajuste. Se recomienda utilizarlo en las etapas iniciales de la interpretación, en la mayoría de los casos.

Occam – inversión por mínimos cuadrados con un operador de suavizado y minimización adicional del contraste [Constable, 1987]. Este algoritmo produce la distribución de parámetros más suave (véase la figura siguiente).

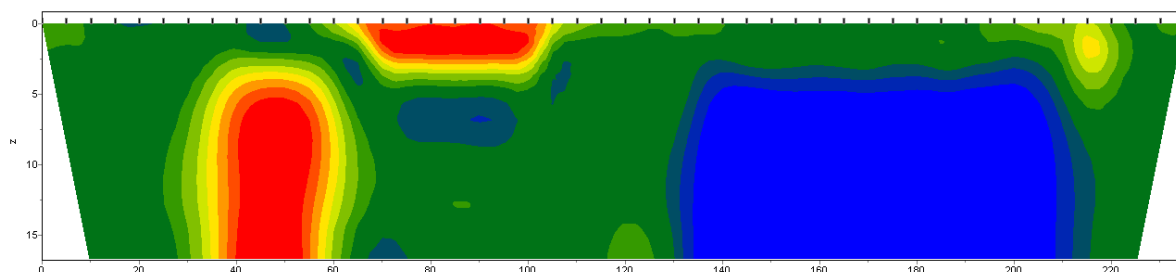


Fig. 39 Modelo reconstruido mediante la inversión **Occam**

La ecuación matricial para esta variante de inversión es la siguiente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T C m$$

El grado de suavidad del modelo resultante es directamente proporcional al valor de **Smoothness factor**. Cabe señalar que valores demasiado altos del parámetro pueden aumentar el error de ajuste.

Marquardt – algoritmo clásico de inversión por mínimos cuadrados con regularización mediante un parámetro de amortiguamiento (**Ridge regression**) [Marquardt, 1963]. Con un número reducido

de parámetros de la sección, el algoritmo permite obtener un modelo del medio con alto contraste (véase la figura siguiente).

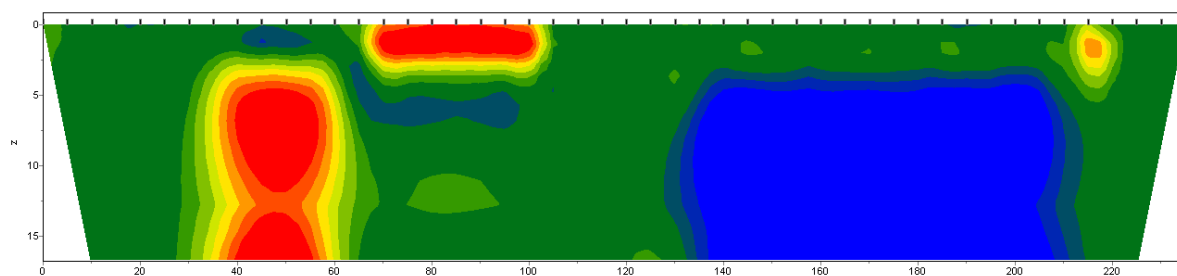


Fig. 40 Modelo reconstruido mediante la inversión *Marquardt*

La ecuación matricial para esta variante de inversión es la siguiente:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

El uso inadecuado de esta variante de inversión puede producir resultados inestables o aumentar la desviación cuadrática media, es decir, provocar la divergencia del algoritmo.

Se recomienda utilizar el método *Marquardt* como método de refinamiento (para reducir el error de ajuste), después de realizar la inversión con los algoritmos *Smoothness constrained* o *Occam*.

Blocks – ajuste de los parámetros de regiones individuales con distinta resistividad. Las regiones con la misma resistividad se consideran bloques únicos (véase la figura siguiente).

La ecuación matricial de esta variante de inversión es igual que la del algoritmo *Marquardt*:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

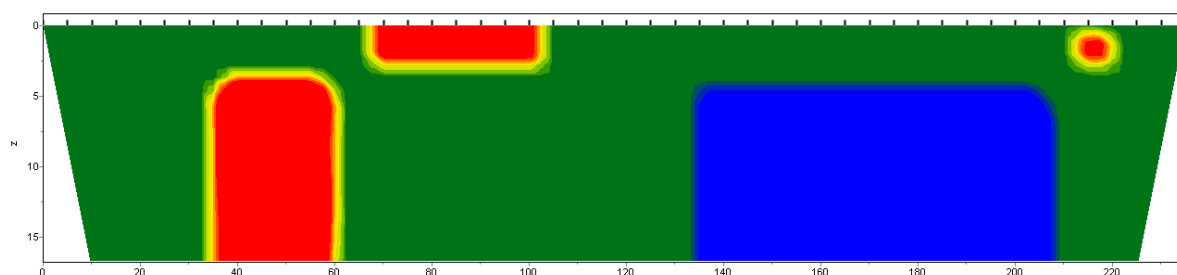


Fig. 41 Modelo reconstruido mediante la inversión *Blocks*

Es preferible utilizar el algoritmo para refinar los resultados de métodos anteriores (preferiblemente *Focused*), después de combinar previamente las celdas en los bloques deseados mediante la opción **Models operations**. Si se seleccionan bloques individuales manualmente, se debe utilizar el editor de modelos y asignar distintos parámetros a las diferentes regiones. Los bloques individuales quedarán delimitados por un borde mientras se trabaja en la ventana de este cuadro de diálogo.

Focused – inversión por mínimos cuadrados con un operador de suavizado y un enfoque adicional del contraste [Portniaguine, 2000]. Este algoritmo produce una distribución de parámetros suavizada por tramos; es decir, un modelo compuesto por bloques con resistividad constante (véase la figura siguiente).

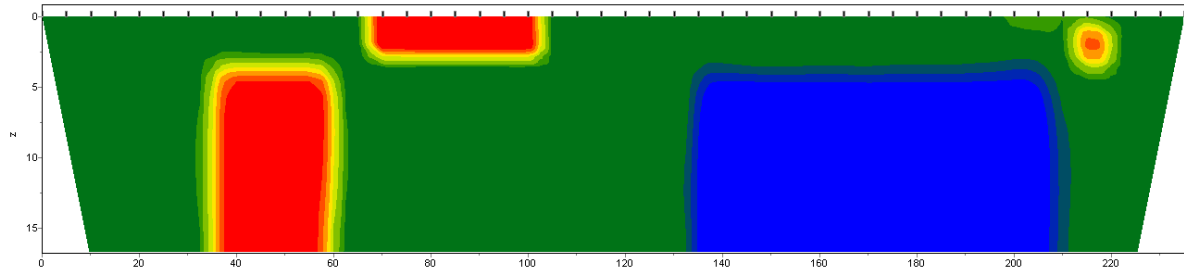


Fig. 42 Modelo reconstruido como resultado de la inversión *Focused*

La ecuación matricial para esta variante de inversión es la siguiente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m$$

El uso de esta variante de inversión requiere una selección cuidadosa del parámetro de contraste umbral **Threshold** (se establece en la pestaña **Model**). Este parámetro define el valor umbral del contraste entre celdas adyacentes a partir del cual sus parámetros no se promedian entre sí (es decir, se considera que existe un límite entre las celdas). La dependencia del grado (o peso) de promediado de dos celdas adyacentes R_i respecto al umbral de contraste e y al contraste entre estas celdas r_i es la siguiente:

$$R_i = \frac{e^2}{e^2 + r_i^2}.$$

ProfileR – para la inversión se utiliza el programa ProfileR de A. Binley .

Statistic(betta) - inversión basada en el principio estadístico de máxima verosimilitud (no requiere ajustes adicionales).

El área **Stop criteria** contiene 2 criterios para detener la inversión. La inversión se detendrá cuando se alcance uno de ellos:

Iterations – si la opción está activada, el proceso de inversión se detiene al alcanzar el número de iteraciones establecido;

RMS error – si la opción está activada, el proceso de inversión se detiene al alcanzar el valor de error de ajuste establecido.

El área **Model common limits: Min resistivity, Max resistivity** establece los límites de variación de los parámetros del modelo durante la inversión.

Si se establecen límites generales de variación de los parámetros muy estrechos o límites individuales para algunas celdas, la inversión intentará continuamente que los parámetros excedan dichos límites. Esto puede afectar considerablemente a la velocidad de convergencia. En este caso, se debe activar **Options / Inversion / Optimization / Lim based inv.** Esta variante de inversión, por una parte, reduce la contribución de las celdas que exceden los límites establecidos y, por otra, utiliza normas especiales para los parámetros que dificultan que se excedan dichos límites.

El siguiente grupo de parámetros de inversión se encuentra en la pestaña **Model** (véase la figura siguiente).

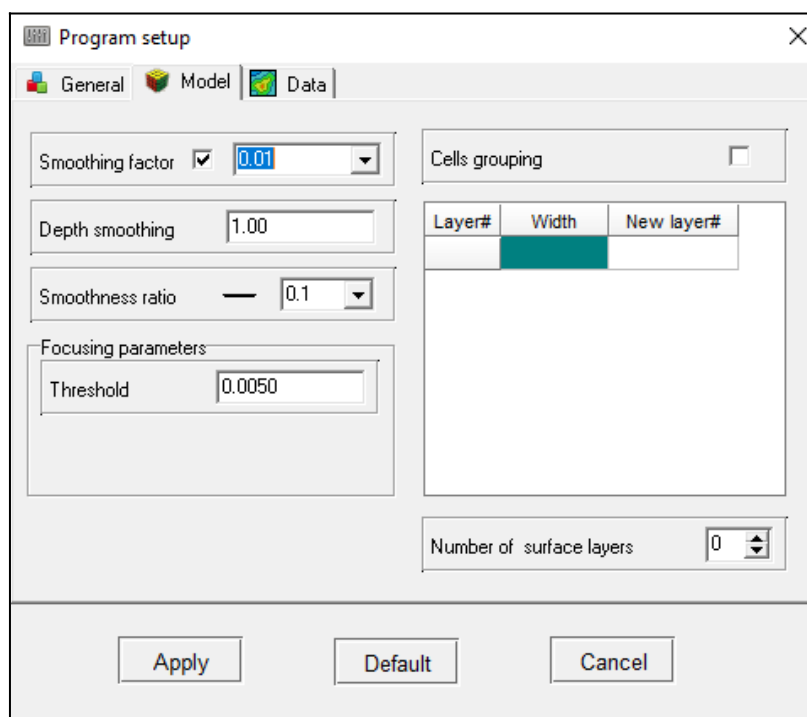


Fig. 43 Ventana de diálogo Program setup, pestaña Model

Smoothing factor – establece la relación entre la minimización del error de ajuste de las mediciones y el error de ajuste del modelo (por ejemplo, su suavidad). Para datos con un nivel alto de ruido o para obtener una distribución de parámetros más suave y estable, se seleccionan valores relativamente altos del parámetro de suavizado: 0.5 - 2; cuando las mediciones son de alta calidad, se utilizan valores de: 0.005 - 0.01. Los valores altos del parámetro de suavizado suelen producir valores mayores del error de ajuste de los datos (véase la figura siguiente). Se utiliza en los algoritmos de inversión **Occam** y **Focused**. Si la optimización (Line search) está desactivada, el programa permite seleccionar automáticamente el valor del parámetro de suavizado. Para ello, se debe marcar la casilla situada a la derecha de *smoothing factor*.

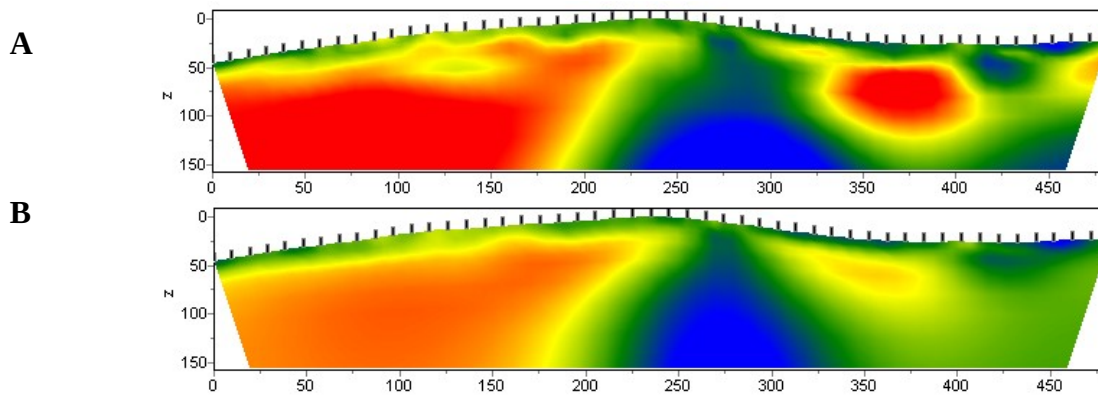


Fig. 44 Modelos geoelectricos obtenidos mediante inversión Occam con el parámetro smoothing factor: 0.01 (A) y 1.0 (B). El error de ajuste resultante es del 4.5 % para el caso A y del 6 % para el caso B

Depth smoothing – establece el coeficiente de suavizado con la profundidad. El valor de este parámetro también depende del nivel de ruido: cuando el nivel es alto y aparecen oscilaciones y objetos «no geológicos» en la parte inferior de la sección durante la inversión, es necesario aumentar este parámetro. El valor se determina empíricamente.

Smoothness ratio – define la relación entre el grado de suavizado en las direcciones horizontal y vertical. Para estructuras estratificadas horizontalmente, utilice valores de este parámetro <1 ; para estructuras estratificadas verticalmente, >1 . Normalmente se utilizan valores de 0.2 a 1 para este parámetro (véase la figura siguiente).

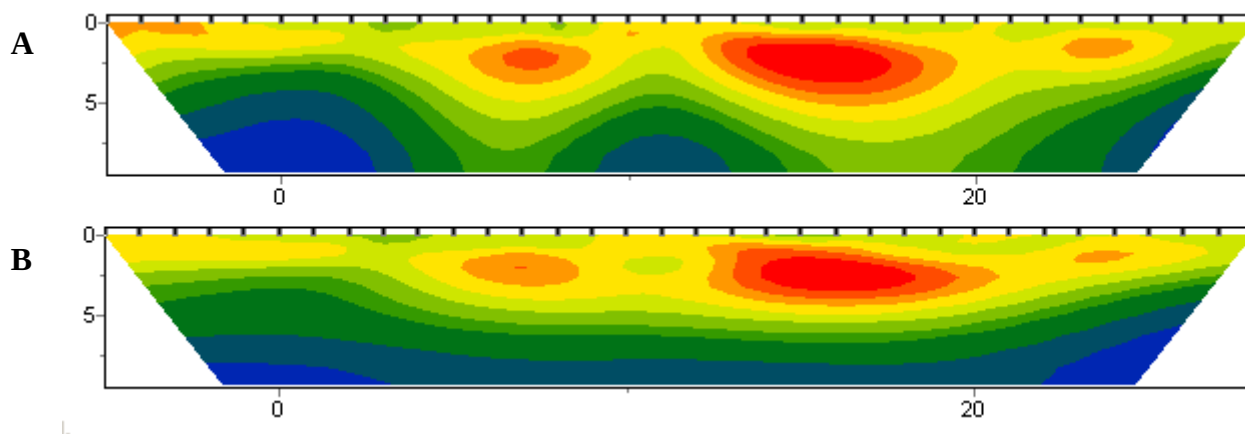
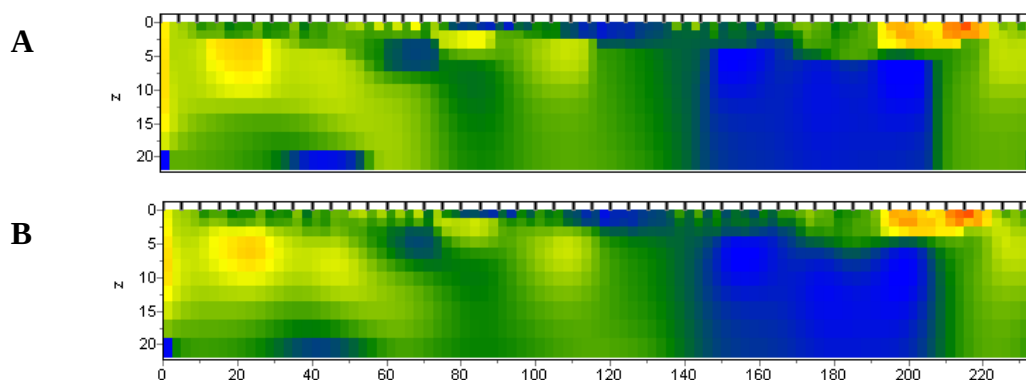


Fig. 45 Modelos geoelectricos obtenidos mediante inversión «suave» con el parámetro Smoothness ratio: 1 (A) y 0.3 (B)

Área Focusing parameters:

Threshold – establece el valor umbral del contraste entre celdas adyacentes a partir del cual sus parámetros no se promedian entre sí (es decir, se considera que existe un límite entre las celdas). El

valor de este parámetro se determina empíricamente (0.001-1) (véase la figura siguiente). Si se selecciona un valor demasiado pequeño, el algoritmo puede divergir (en tal caso, se debe aumentar el valor). Los valores demasiado grandes producen una distribución suave.



Modelos geoelectricos obtenidos mediante inversión *Focused* con el parámetro Threshold: 0.01 (A) y 0.1 (B)

Cell grouping – utilice esta opción para modelos grandes (al abrir archivos con gran cantidad de datos, el programa propone automáticamente utilizarla). La opción activa una tabla que permite agrupar celdas adyacentes y reducir el número de parámetros que se determinan durante la inversión. Al utilizar esta opción, el número de celdas para resolver el problema directo permanece igual, mientras que el número de celdas de inversión disminuye. Idealmente, el número de parámetros ajustados debe ser similar al número de datos.

La tabla contiene tres columnas: en la primera (**Layer**) se indica el número de la capa del modelo inicial; en la tercera (**New layer**) se establece el número de la capa de la malla de inversión; en la segunda (**Width**) se debe indicar el número de celdas (en dirección horizontal) contenidas en cada celda de la malla de inversión para esa capa. La malla de inversión se muestra en el editor del modelo durante su configuración. Al hacer doble clic con el botón izquierdo del ratón en las celdas de la columna **Width**, se pueden agrupar celdas en dirección horizontal para esa capa. Al hacer clic derecho, se abre un cuadro de diálogo donde se debe indicar el número de capas que se van a agrupar. Este número se aplicará a dicha capa y a todas las capas inferiores. La agrupación de celdas en dirección vertical se realiza de manera análoga en la columna **New Layer**.

A continuación se muestran ejemplos de tres mallas de inversión: en la primera, la malla de inversión coincide con la del modelo (véase la figura siguiente, **A**); en la segunda, a partir de la sexta capa, las celdas se agrupan de dos en dos en dirección horizontal (véase la figura siguiente, **B**); en la tercera, a partir de la sexta capa, las celdas se agrupan de dos en dos y, a partir de la duodécima capa, de cuatro en cuatro en dirección horizontal (véase la figura siguiente, **C**).

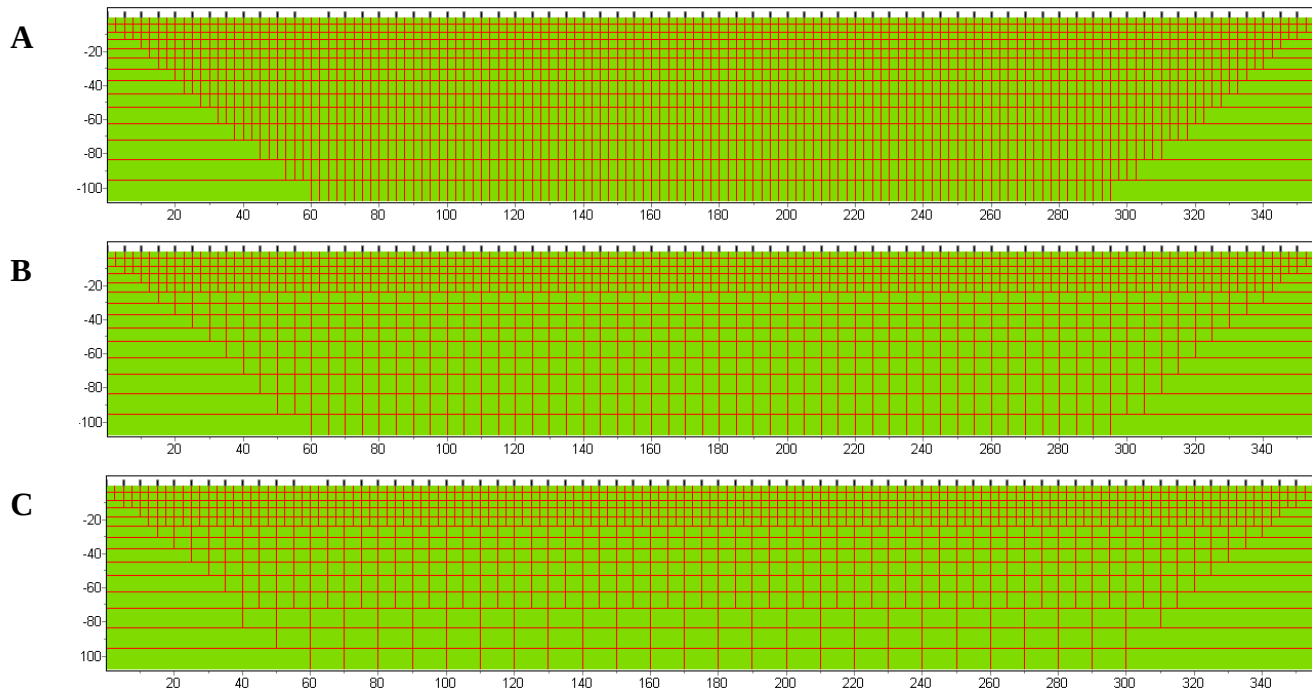


Fig. 46 Ejemplos de mallas de inversión

Number of surface layers (0-3): especifica el número de capas en las que se permiten fuertes variaciones de los parámetros. Esta opción se debe usar cuando la parte superior de la sección es muy heterogénea. También se puede usar en medios con muy bajo contraste, en los que el principal efecto anómalo de los datos se debe a heterogeneidades superficiales.

La tercera pestaña **Data** permite configurar parámetros adicionales de la inversión (véase la figura siguiente).

Calculation scheme (Secondary, Total) determina el algoritmo para calcular el potencial eléctrico. Con **Secondary** se calcula el potencial secundario. Este método es más lento, tiene en cuenta la topografía de la superficie de medición y permite obtener resultados suficientemente precisos con una malla relativamente gruesa. Para calcular el potencial total (**Total**) se debe usar una malla más densa (1-2 nodos entre electrodos adyacentes del perfil) y situar el límite exterior del modelo más lejos. Esto se debe al gran error al determinar el potencial cerca del electrodo de corriente. Se recomienda usar el modo **Secondary** con una malla irregular, por ejemplo, para datos de SEV.

Automatically switch electrodes: al activar esta opción, el programa intercambia automáticamente los electrodos de potencial para obtener un valor positivo del factor geométrico del dispositivo. Se recomienda desactivar esta opción para las mediciones entre pozos.

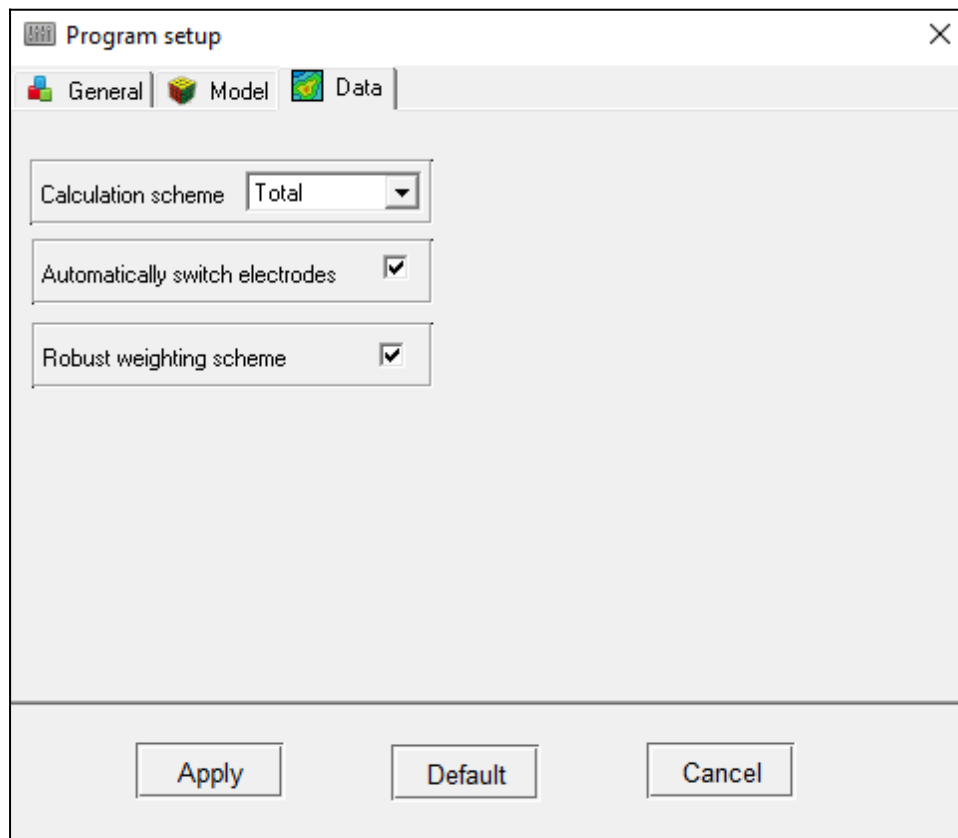


Fig. 47 Ventana de diálogo Program setup, pestaña Data

Robust weighting scheme: se recomienda activar esta opción si los datos contienen valores atípicos aislados y pronunciados, asociados a errores sistemáticos de medición. Si la cantidad de datos defectuosos es comparable a la de mediciones de calidad, es posible que este algoritmo no ofrezca resultados satisfactorios.

Antes de realizar la inversión, se recomienda introducir la información a priori disponible. Puede tratarse de un modelo inicial elaborado a partir de datos geológicos, datos de otros métodos geofísicos o resultados de una inversión anterior. Las opciones para introducir información a priori en el programa **ZondRes2D** se describen en la sección «Uso de información a priori en la inversión».

Una vez configurados los parámetros e introducida la información a priori, la inversión se inicia haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas principal. El avance del proceso de inversión se muestra en el panel de estado. Para obtener información adicional sobre el avance, se puede usar la opción de menú **Options / Inversion / Optimization / Display process**. Durante la inversión, la sección geoelectrica cambia en la ventana del modelo.

Al hacer clic en el botón  de la barra de herramientas principal, se puede realizar la inversión unidimensional de los datos.

Inversión de datos de IP

Si se dispone de datos de cargabilidad, aparecen en la barra de herramientas los botones  y , que permiten alternar entre los modos de trabajo con datos de resistividad y de cargabilidad. En este último caso, al hacer clic en el botón  se invierten los datos de cargabilidad integrada teniendo en cuenta la sección de resistividad actual. Si se dispone de datos sobre la forma de la curva de decaimiento, el programa puede invertir la cargabilidad para toda la curva y obtener los parámetros del modelo Cole-Cole. En la práctica, las mediciones se realizan en uno de dos modos: temporal o frecuencial. En el dominio temporal, el resultado de las mediciones es una curva de decaimiento de IP; en el dominio frecuencial, se obtienen las dependencias con la frecuencia del módulo y la fase de la señal.

El formato del archivo de datos de entrada para invertir los parámetros de IP (extensión *.z2d) es el siguiente: la primera línea después de la clave time_#chann contiene la lista de tiempos para el modo temporal y de frecuencias para el modo frecuencial. A continuación aparece la estructura del archivo: las filas corresponden a los puntos de observación y las columnas, a las coordenadas de los electrodos, los valores de Res ($\Delta V/I$) y los valores de las mediciones de IP para los tiempos correspondientes (encabezados de columna: ipi1, ipi2, etc.) o las frecuencias correspondientes (encabezados de columna: mod1, mod2, etc., para el módulo de la señal medida normalizada por la corriente; pha1, pha2, etc., para la fase o el desfase entre la primera y la tercera armónica). El programa convierte automáticamente la fase en cargabilidad aparente.

Ejemplo del inicio de un archivo de datos en modo temporal:

time_#chann	0.05	0.065	0.085	0.115	0.155				
C1	C2	P1	P2	res	ipi1	ipi2	ipi3	ipi4	ipi5
0	*	5	10	0.001	0.279	0.260	0.242	0.218	0.194
5	*	10	15	0.001	0.306	0.286	0.266	0.241	0.215
10	*	15	20	0.002	0.338	0.317	0.295	0.268	0.239

Ejemplo del inicio de un archivo de datos en modo de frecuencia:

time_#chann	0.0001592	0.000427	0.001145							
C1	C2	P1	P2	res	mod1	mod2	mod3	pha1	pha2	pha3

0	*	5	10	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.004	-0.006	-0.010
5	*	10	15	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.005	-0.007	-0.012
10	*	15	20	0.002	0.002	0.002	0.002	-0.005	-0.009	-0.014

Si el proyecto contiene mediciones multicanal de IP o datos de monitorización, aparece en el programa la sección de menú **Time lapse/domain**. El cambio entre canales correspondientes a distintos tiempos (frecuencias) se realiza mediante la lista desplegable de la barra de control de la ventana principal del programa.

La opción **Time lapse/domain/Channels** abre la tabla de configuración de canales. En ella se pueden editar los valores de los retardos temporales o las frecuencias de medición, así como los encabezados de los valores especificados (que se mostrarán en la lista desplegable de la barra de herramientas de la ventana principal del programa). Para que algunas opciones funcionen, es necesario introducir previamente los tiempos o las frecuencias.

La opción **Time lapse/domain/Display channel plot** abre una ventana (véase la figura siguiente) que muestra las curvas de decaimiento (o las dependencias frecuenciales) del registro actual. Se puede pasar a otra medición con el ratón (en la pseudosección o en el gráfico) o mediante los botones  y ; en la parte superior de la ventana se muestran las coordenadas de los electrodos de corriente y de potencial del punto de medición seleccionado. Se puede editar un punto concreto de la curva mostrada mediante las opciones del menú contextual que aparece al hacer clic derecho sobre él. Es posible eliminarlo (**Delete point**), moverlo o sustituirlo por un valor suavizado (**Smooth point**), restaurar su valor original (**Origin point**) o eliminar todos los puntos (**Delete All**). El botón  de la barra de herramientas de la ventana permite suavizar la curva actual (Smooth current) y todas las curvas (Smooth All) de la sección. También permite aplicar un filtro a la curva actual (Apply filter (current)) o a todas las curvas (Apply filter (all)). Estas funciones están disponibles en el menú contextual, que se abre haciendo clic derecho en .

La opción de filtro  permite filtrar tanto en el dominio temporal como en el frecuencial.

La herramienta  permite eliminar mediciones de forma selectiva o aplicar un filtrado para eliminar valores atípicos y absurdos del gráfico actual o de todos los gráficos. Para ello, abra el menú contextual con el botón derecho del ratón.

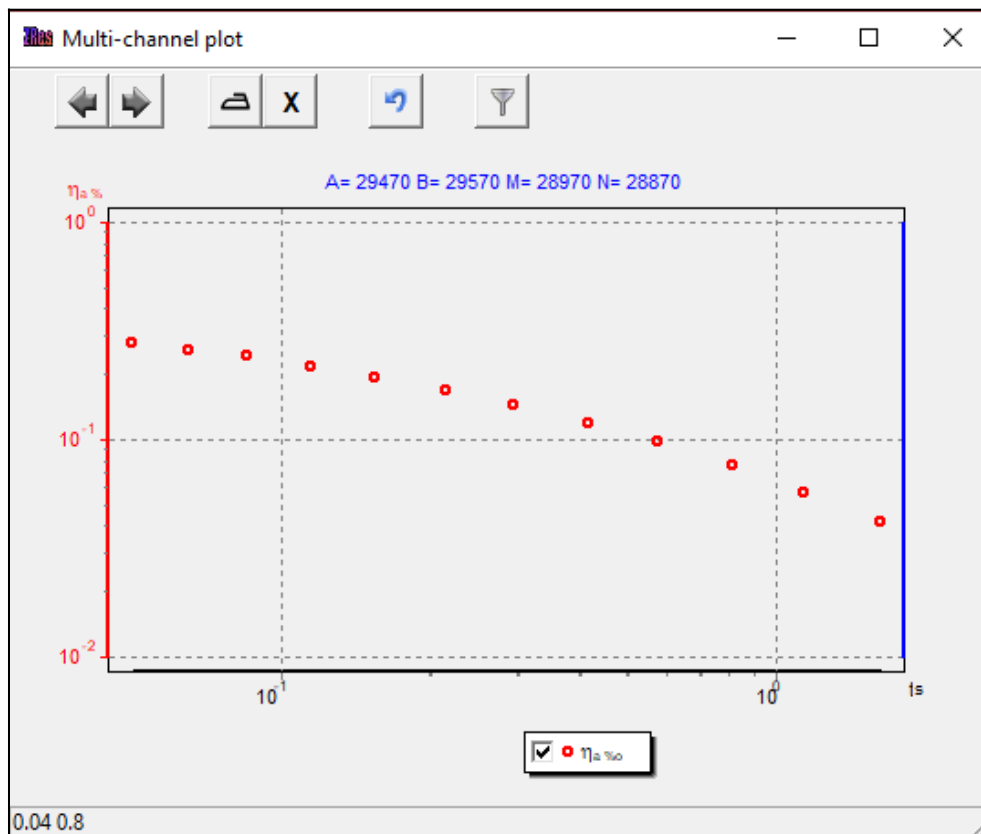


Fig. 48 Ventana de edición de la dependencia temporal de IP

Al trabajar en el dominio temporal, una vez editadas las curvas, se debe utilizar la opción **Time lapse/domain/Recalculate chargeability**, que recalcula el parámetro integral de IP (cargabilidad) teniendo en cuenta los cambios realizados en los datos. Cabe señalar que el programa permite elegir las unidades de medida de IP (porcentaje o mV/V) en la sección **Options/Extra/IP Units**.

La opción **Time lapse/domain/ Time lapse inversion** activa el modo de inversión secuencial de los datos de IP para cada realización (en este caso se utiliza el esquema de cálculo estándar, igual que para el parámetro integral de IP). Si está activada la opción **Time lapse/domain/Next from previous**, los resultados de la iteración anterior se utilizan como aproximación inicial para cada iteración siguiente. Si la opción no está activada, se utiliza como aproximación inicial para cada iteración siguiente el modelo actual de esa realización. Los modelos obtenidos se muestran en el editor de modelos. Se puede cambiar entre los modelos correspondientes a distintos tiempos (frecuencias) mediante la lista desplegable de la barra de control de la ventana principal del programa.

Como, en la mayoría de los casos, se utiliza el modelo de la realización anterior como aproximación inicial para cada realización siguiente, se necesitan muchas menos iteraciones para alcanzar un error de ajuste aceptable. El número de iteraciones para las realizaciones posteriores a la primera se establece mediante la opción **Time lapse/domain/ Max iter numb for next**.

La opción **Time lapse/domain/ Save timeshots** guarda los resultados de la inversión de los datos de IP de todas las realizaciones en un único archivo de texto.

La ventana de inversión de forma de onda completa de los parámetros de IP (véase la figura siguiente) se abre mediante la opción de menú **Time lapse/domain/ Full waveform inversion**. La ventana contiene tres pestañas. En la pestaña **Models** se muestran los modelos de resistividad y de los parámetros de polarizabilidad de Cole-Cole obtenidos mediante la inversión (η , τ y c).

El botón  permite modelizar secciones de estos cuatro parámetros

El botón  inicia el cálculo del problema directo.

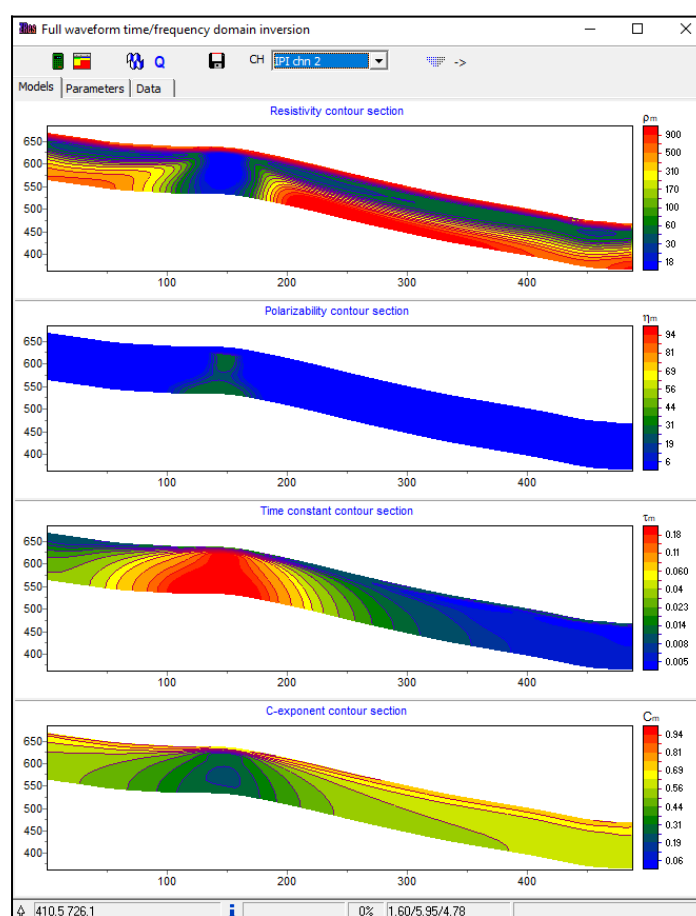


Fig. 49 Ventana de inversión de forma de onda completa de los parámetros de IP

En la pestaña **Parameters** se pueden seleccionar los parámetros que se desean invertir y especificar sus intervalos de variación (véase la figura siguiente). La fila Smooth permite establecer el grado de suavidad del parámetro.

El botón **ReBuild** permite sustituir los valores de cada parámetro por el valor de la tabla (Value). Si en la fila **Value** se introduce el símbolo "*" en lugar de un número, los valores del parámetro en la sección no se sustituyen (o se toman del módulo principal).

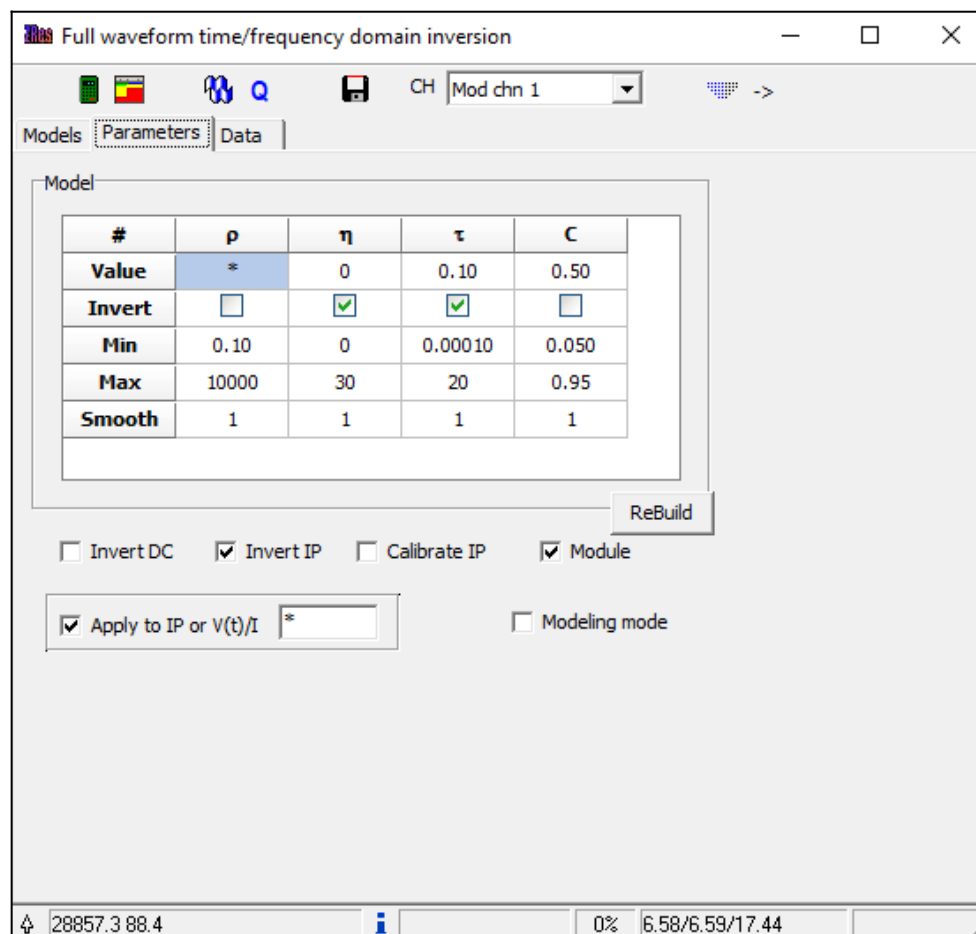


Fig. 50 Ventana de selección de parámetros para la inversión de curvas de IP

La opción **Module**, disponible al trabajar con datos en el dominio frecuencial, indica si se debe ajustar el módulo de la señal normalizado por la corriente o utilizar solo la fase. Por lo general, en el intervalo de frecuencias utilizado, el módulo varía muy poco y, a diferencia de la fase, influye poco en el resultado de la inversión.

La opción **Invert DC** permite ajustar la resistividad aparente. No se recomienda utilizar esta función, ya que la sección de resistividad suele haberse ajustado previamente en el módulo principal.

La opción **Invert IP** permite ajustar las curvas de decaimiento de la cargabilidad aparente; se recomienda dejar siempre activada esta opción.

La opción **Modeling mode** aparece automáticamente cuando se ha modificado el modelo en el modo de edición del modelo ().

La opción **Apply to IP or V(t)/I** determina qué se utilizará en la inversión - la cargabilidad aparente o las curvas de decaimiento normalizadas por la transmisión.

El campo de entrada contiguo permite definir el coeficiente para la normalización seudologarítmica de los datos. Este coeficiente debe aproximarse al nivel de ruido; se puede dejar el valor * para que se determine automáticamente, o «-1» para una norma lineal.

El procedimiento de inversión se inicia al pulsar el botón . De este modo se realiza la inversión simultáneamente para todos los parámetros seleccionados. El botón  ofrece un método borniano alternativo, en el que el ajuste se realiza de forma independiente para cada celda mediante curvas «verdaderas» de IP, obtenidas por inversión estándar para cada canal.

En la pestaña **Data** se muestran los datos observados y calculados de cargabilidad. La lista desplegable de la barra de herramientas, disponible en todas las pestañas, permite cambiar entre las secciones correspondientes a distintos tiempos de decaimiento (frecuencias).

La lista **Invert data** define los datos que se invertirán: **DC**, **IP decays**, **Module**, **Calibrate IP** (se conserva el modelo de IP de la ventana principal y solo se ajusta el coeficiente de escala de la cargabilidad). La lista del tipo de datos: **V(t)/DC chargeability**, **Differential polarizability**, **V(t)/V(0) for tau/C**. Coeficiente de normalización pseudologarítmica: «*» – automático, «-1» – norma lineal, «0» – normas iguales. La opción **Pseudo-log** para el modelo aplica la normalización pseudologarítmica a los parámetros del modelo; la opción **Non linear** solo está disponible en el modo 64.

El botón de selección de canales abre el menú: **Channel data**, **App.pol**, **App.tau**, **App.C**, **Calc median** (valores medianos de τ y c como valores iniciales), **Calc2Meas** (copiar los datos calculados a los observados). El botón **32/64** cambia el modo de cálculo. Al hacer clic derecho en el encabezado de una columna de la tabla de parámetros del modelo, se abre la opción **Optimize** – ajuste de un valor del parámetro para todo el modelo.

En la ventana de curvas de IP están disponibles el modo de eliminación **Remove current** y los filtros **Filter (red)** / **Filter (blue)**; en la tabla de canales está disponible la opción **Delete unchecked**. En el cuadro de diálogo del filtro temporal, el botón **Optimize filter range** ajusta el intervalo del filtro.

El cuadro de diálogo **Time lapse/domain/ Digital filter** contiene los ajustes del filtro temporal para transformar los datos del dominio de frecuencias al dominio del tiempo mediante la transformada de Fourier. También permite establecer la duración del pulso de corriente. La opción **Digital filter** solo está disponible para resultados de mediciones en el dominio del tiempo.

Inversión de datos de monitorización geoelectrica

La monitorización consiste en realizar mediciones con parámetros constantes en distintos momentos. Como archivo de entrada de datos de monitorización, el programa utiliza un archivo con la extensión *.z2d con la siguiente estructura: las primeras cuatro columnas contienen las

coordenadas de los electrodos; a continuación aparecen columnas con los encabezados res1, res2, etc., que contienen los valores de Res ($\Delta V/I$) para el primer ciclo de medición, el segundo, etc. También se puede crear un proyecto de monitorización abriendo varios archivos simultáneamente.

A continuación se muestra un ejemplo del inicio de un archivo de datos de monitorización con un dispositivo de tres electrodos:

C1	C2	P1	P2	res1	res2	res3	res4	res5
0	*	2	4	5.57	5.57	5.57	5.60	5.63
0	*	4	6	1.55	1.55	1.56	1.59	1.62
0	*	6	8	0.84	0.84	0.85	0.88	0.91
0	*	8	10	0.48	0.48	0.49	0.51	0.52
0	*	10	12	0.44	0.44	0.45	0.49	0.46
0	*	12	14	0.25	0.26	0.26	0.29	0.24

El trabajo con datos de monitorización es similar al trabajo con datos de IP de onda completa. Sin embargo, en lugar de las curvas de IP, se considera un conjunto de ciclos de medición del método de resistividad.

El trabajo con datos de monitorización se realiza mediante las opciones de menú **Time lapse/domain** del menú principal del programa (esta sección del menú aparece al cargar el archivo de datos correspondiente). Los datos y los modelos correspondientes a distintos tiempos de medición se seleccionan mediante la lista desplegable de la barra de control de la ventana principal del programa.

La opción **Time lapse/domain/Channels** abre una tabla en la que se puede editar la información de cada serie de mediciones. En la columna **time, s** se introduce la información sobre el tiempo de medición. El texto que se introduzca en la columna **name** se mostrará en la lista desplegable de la barra de control de la ventana principal del programa (al cambiar de una serie a otra).

Para eliminar un canal (serie), se debe desmarcar la casilla de la columna inv y seleccionar con el botón derecho del ratón Delete unchecked en el menú contextual.

La opción **Time lapse/domain/ Time lapse inversion** activa el modo de inversión secuencial de los datos de monitorización para cada serie. Si está activada la opción **Time lapse/domain/Next from previous**, se utilizan los resultados de la iteración anterior como modelo inicial para cada iteración siguiente. Si la opción está desactivada, se utiliza como modelo inicial el modelo actual de la serie correspondiente. Los modelos obtenidos se muestran en el editor de modelos. Para cambiar entre los modelos correspondientes a distintos tiempos, se utiliza la lista desplegable de la barra de control de la ventana principal del programa.

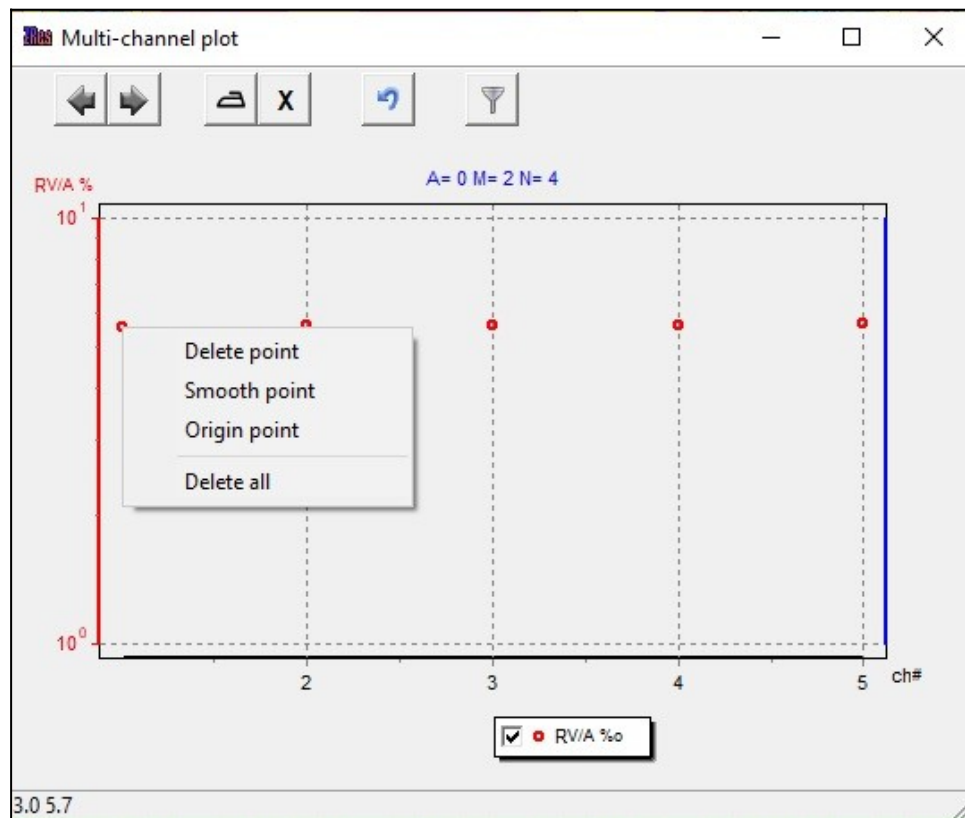


Fig. 51 Ventana de cambio de la resistividad en función del tiempo para un punto de medición individual

La opción **Time lapse/domain/ Save timeshots** guarda los resultados de la inversión de los datos de monitorización de todas las realizaciones en un único archivo de texto.

La opción **Time lapse/domain/Multi-section results** muestra en una ventana los modelos de todas las realizaciones. La opción **Time lapse/domain/Clear all models** restablece los modelos de todas las realizaciones al semiespacio homogéneo inicial.

Ejemplo - véase la figura siguiente.

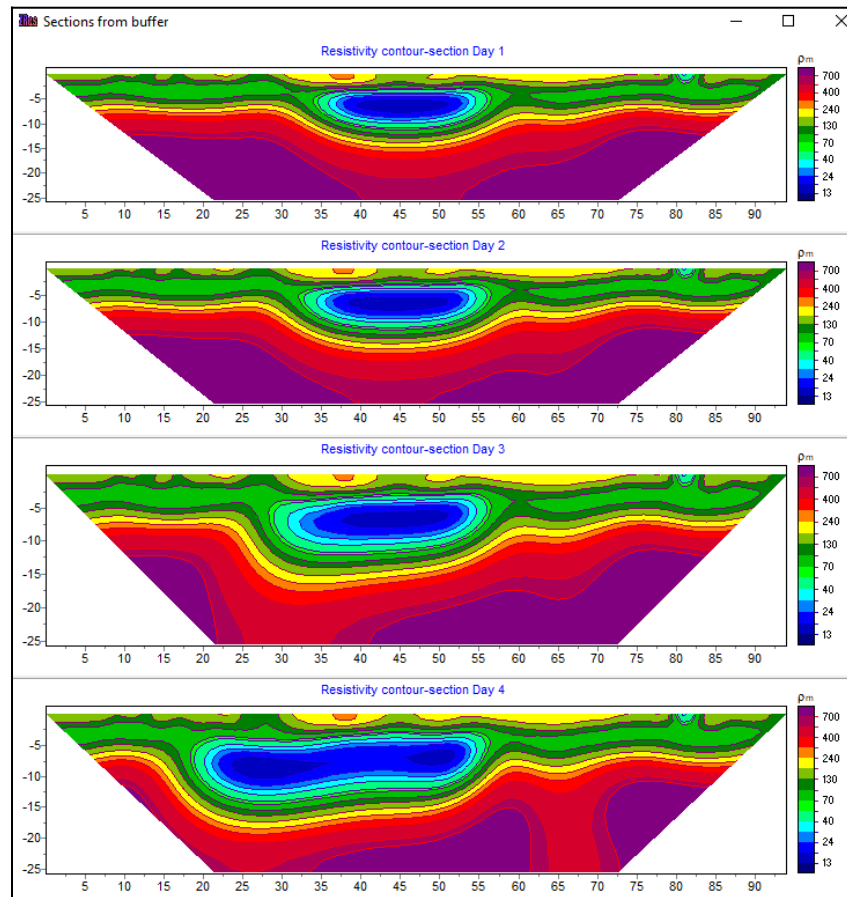


Fig. 52 Ejemplo de monitorización de un depósito de agua durante 4 días

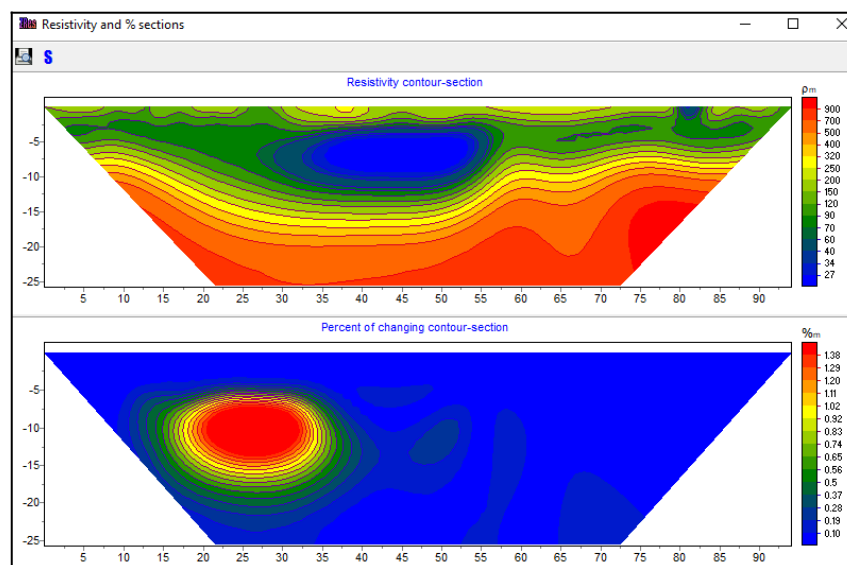


Fig. 53 Options/Extra/Monitoring summary. Sección de la resistividad total (media) arriba y sección del cambio porcentual a lo largo del tiempo abajo. La segunda sección muestra la zona donde los cambios son más significativos

Inversión conjunta de datos magnetotelúricos

El método magnetotelúrico estudia el campo electromagnético variable de la Tierra. Cuando se dispone de mediciones magnetotelúricas en el perfil, es posible realizar una inversión conjunta de los datos magnetotelúricos (datos MT) con los datos del método de resistividad de corriente continua y del método de polarización inducida (IP). Si los intervalos de profundidades investigados por ambos métodos se solapan sustancialmente, el resultado conjunto de la interpretación será más fiable. La ventaja de la inversión conjunta de los datos MT y de los datos de ERT consiste en que permite determinar con fiabilidad tanto la conductancia longitudinal (a partir de los datos MT) como la resistencia transversal (a partir de los datos de ERT) de los horizontes, lo que reduce considerablemente la equivalencia de la solución del problema inverso y aumenta la información geológica que aportan los resultados de la prospección eléctrica.

Además de los datos MT, en la inversión se pueden utilizar datos del método magnetovariacional, obtenidos mediante la medición de la componente magnética vertical del campo electromagnético natural variable de la Tierra. En el programa **ZondRes2D** se puede utilizar una de las funciones del método magnetovariacional: el tipper.

Cabe señalar que el programa **ZondRes2D** no está diseñado para el análisis completo ni la edición de datos MT. Para analizar datos MT se debe utilizar el programa **ZondMT2D**. El archivo de entrada de datos magnetotelúricos tiene el formato *.m2d. Se presupone que el archivo contiene datos ya procesados, con el intervalo de frecuencias actual (ya recortado) para las componentes del tensor de impedancia magnetotelúrica y del tipper. Las componentes del tensor de impedancia magnetotelúrica están orientadas en la dirección paralela al perfil (dirección de la modalidad TM) y perpendicular al perfil (dirección de la modalidad TE).

Los datos de las mediciones magnetotelúricas se gestionan mediante la sección del menú **Options/MT Data**. Los datos magnetotelúricos se pueden importar al proyecto mediante la opción de menú **Options/MT data/Load MT data**, que abre el cuadro de diálogo para abrir archivos con formato *.m2d.

Estructura del archivo *.m2d: la primera línea contiene la lista de períodos (en segundos). A continuación se describen los datos de cada punto de medición. Antes y después de la descripción de cada punto se incluye una línea con una llave. La línea siguiente a la llave contiene el nombre del

punto. Después aparece una línea con información topográfica: distancia a lo largo del perfil (km), elevación (km) y coordenadas rectangulares del punto de observación.

Tras la línea con los datos topográficos, aparecen las líneas que describen los datos propiamente dichos. Cada línea corresponde a un tipo de dato y comienza con la clave: ro_a_tm (resistividad aparente para la modalidad TM), ro_a_te (resistividad aparente para la modalidad TE), phi_tm (fase para la modalidad TM), phi_te (fase para la modalidad TE). Después de la clave, la línea contiene los valores de los datos para cada período, en el orden indicado en la línea de períodos (primera línea del archivo). La descripción del sondeo termina con una línea que contiene una llave.

A continuación se muestra un ejemplo de archivo de datos con dos puntos de observación y tres períodos:

```

1,0526E-06      1,1765E-06      1,3333E-06      !periods(s)
{
0,00      0      ! pos(km) elevation(km)
ro_a_tm 64,9      62,5      57,8      55      !apparent resistivity
phi_tm  50,1      51,8      53,7      51      ! phase(degree 0-90)
ro_a_te 62,3      57        56,3      54,1
phi_te  51,1      52,4      50,5      49,4
}
{
0,010      0
ro_a_tm 62,3      57        56,3      54,1
phi_tm  51,1      52,4      50,5      49,4
ro_a_te 64,9      62,5      57,8      55
phi_te  50,1      51,8      53,7      51
}

```

Fig. 54 Ejemplo de estructura del archivo *.m2d

Al leer el archivo de datos, se abre el cuadro de diálogo **Enter shift of stations in meters**, que permite introducir un desplazamiento a lo largo del perfil para todos los puntos de observación. Esta operación permite, si es necesario, hacer coincidir el perfil de los datos MT con el perfil de ERT.

Si se selecciona la opción de menú **Invert MT data**, el programa realizará la inversión conjunta de los datos MT y los datos del método de resistividad. El peso global de las mediciones MT se establece mediante la opción de menú **Set weights of MT**.

Antes de iniciar la inversión, se deben seleccionar las componentes que se utilizarán. Para ello, se utiliza la opción de menú **Options/MT data/components**. Se puede elegir entre:

1. **TE inversion** - se utilizarán las curvas calculadas en la dirección perpendicular al perfil;
2. **TM inversion** - se utilizarán las curvas calculadas en la dirección paralela al perfil;
3. **Tipper inversion** - se utilizarán los datos del tipper en la inversión;

4. DET inversion - se utilizarán curvas invariantes (efectivas) en la inversión.

El elemento de menú **Show MT plot** permite visualizar los datos de las mediciones magnetotelúricas (véase la figura siguiente). En este modo, resulta práctico alternar entre los componentes de los datos MT y visualizar tanto la resistividad aparente como la fase del impedancia magnetotelúrico. En la parte superior de la ventana se muestra el error de ajuste entre los datos MT de campo y los calculados, en porcentaje; por ejemplo, «error = 6.9». Debajo de la línea superior se encuentran los botones principales, que permiten cambiar el componente visualizado. El botón  inicia la resolución del problema directo. A continuación se muestran dos pseudosecciones: la superior presenta los datos de campo y la inferior, los calculados. A la derecha se muestra la escala de colores del parámetro visualizado.

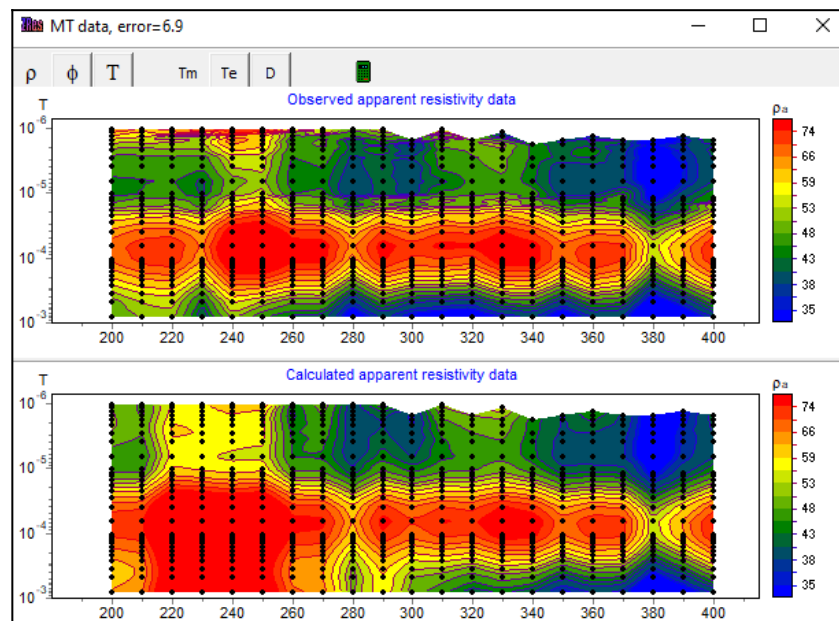


Fig. 55 Ventana MT data. Permite alternar entre los componentes de los datos MT.

La selección de la opción **With static shift** indica si se ajustan los desplazamientos estáticos de las curvas MT durante la inversión. Se recomienda utilizar esta opción después de varias iteraciones.

Botones de la ventana **MT data**: **r** – resistividad aparente, **f** – fase, **T** – tipper, **Tm**, **Te**, **D** – componentes TM, TE y DET. Al hacer clic derecho en la barra de herramientas de la ventana, se abre el menú: **Clear static shifts**, **Exchange modes**, **Apply static shifts**, **Save measured (*.m2d)**.

La figura siguiente muestra los resultados de la inversión conjunta de datos de tomografía de resistividad eléctrica y de sondeo magnetotelúrico.

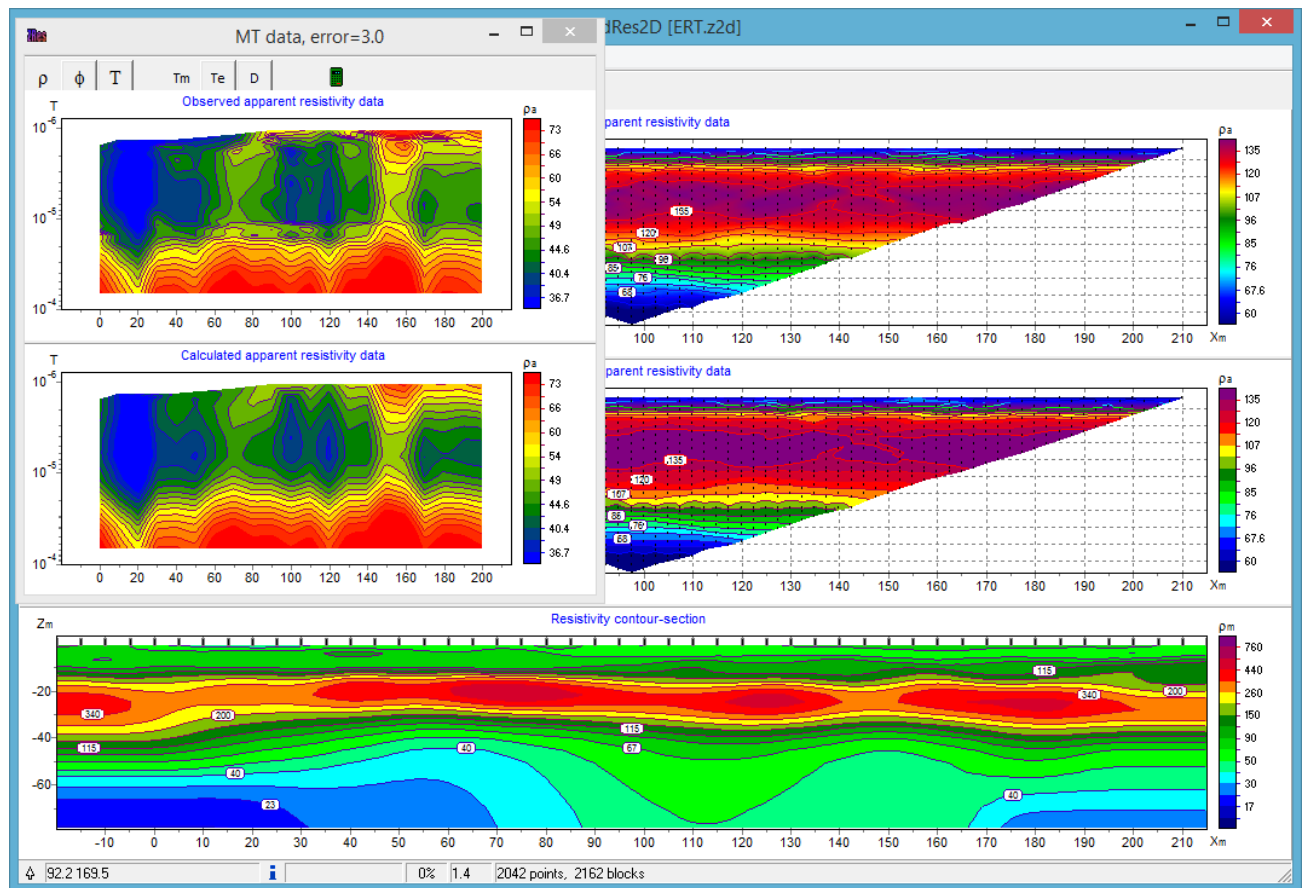


Fig. 56 Resultados de la inversión conjunta de datos de tomografía de resistividad eléctrica y MT

Inversión conjunta de datos TEM y de sondeo de frecuencia

Al cambiar al modo de modelización de un medio estratificado arbitrario (botón  de la barra de herramientas de la ventana principal del programa), se habilita el trabajo con datos del método TEM (transitorios electromagnéticos) y del sondeo de frecuencia.

Al pasar a este modo, aparece la subsección del menú **Options/TDEM data**.

Para importar los datos se utilizan archivos de texto TDF (*zondtem1d*) y USF (*universal sounding format*). Las coordenadas (distancias) deben estar en el mismo sistema que el modelo actual.

La opción **Invert TDEM data** incluye los datos TEM o de sondeo en el dominio de frecuencias en la inversión conjunta con los datos de tomografía de resistividad eléctrica. A continuación se muestra un ejemplo de los resultados de la inversión conjunta. Los resultados de la interpretación independiente 1D de los datos TEM se muestran en forma de columnas.

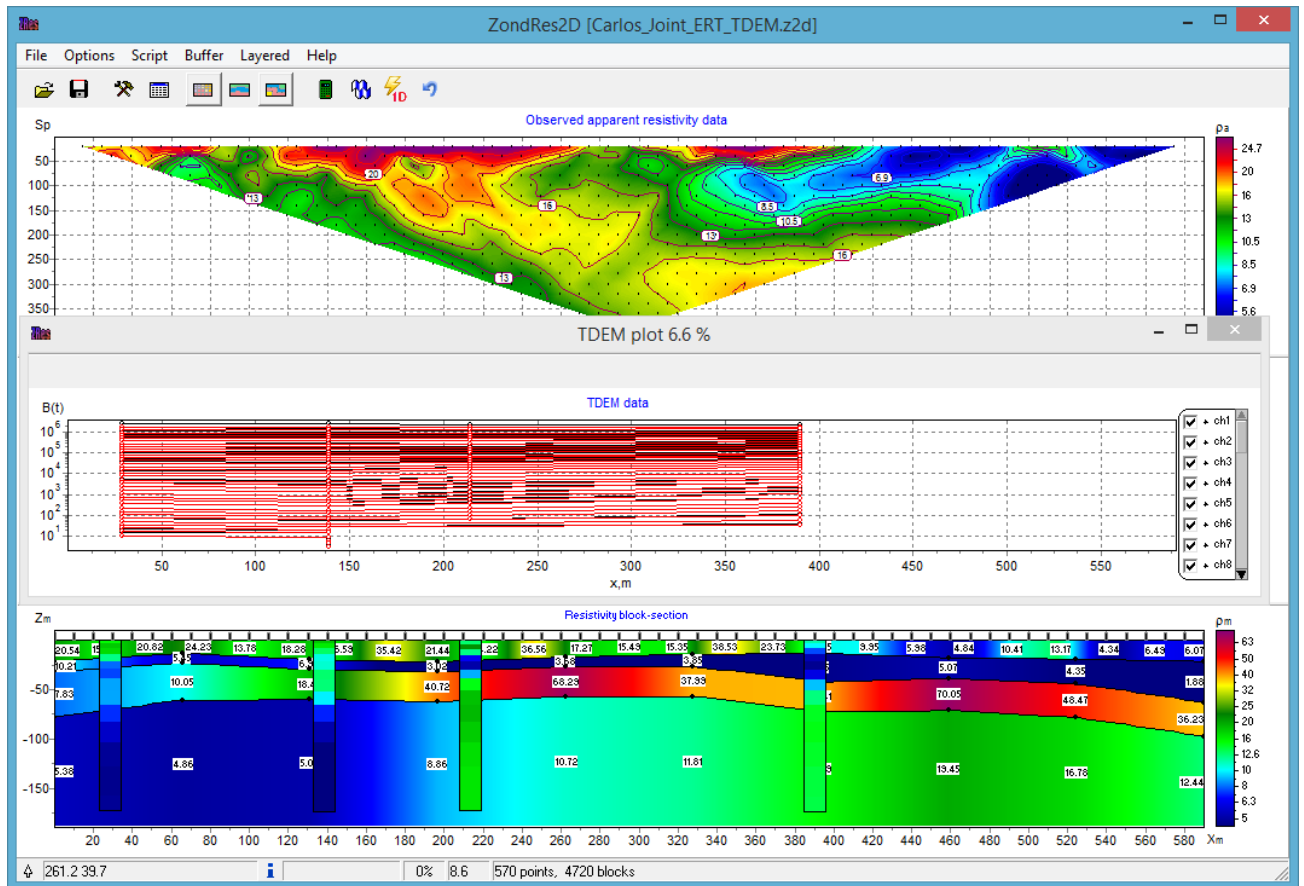


Fig. 57 Ejemplo de inversión conjunta de datos ERT y TEM

El peso común para todos los datos TEM/sondeo de frecuencia en la inversión conjunta se puede establecer mediante **Set weight of TDEM**. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo de la inversión.

La opción **Show TDEM data** abre una ventana para visualizar los gráficos de los datos de sondeos electromagnéticos (véase la figura siguiente). En el caso de TEM (transitorios electromagnéticos), los gráficos representan las curvas de los valores medidos y calculados de la respuesta transitoria del campo.

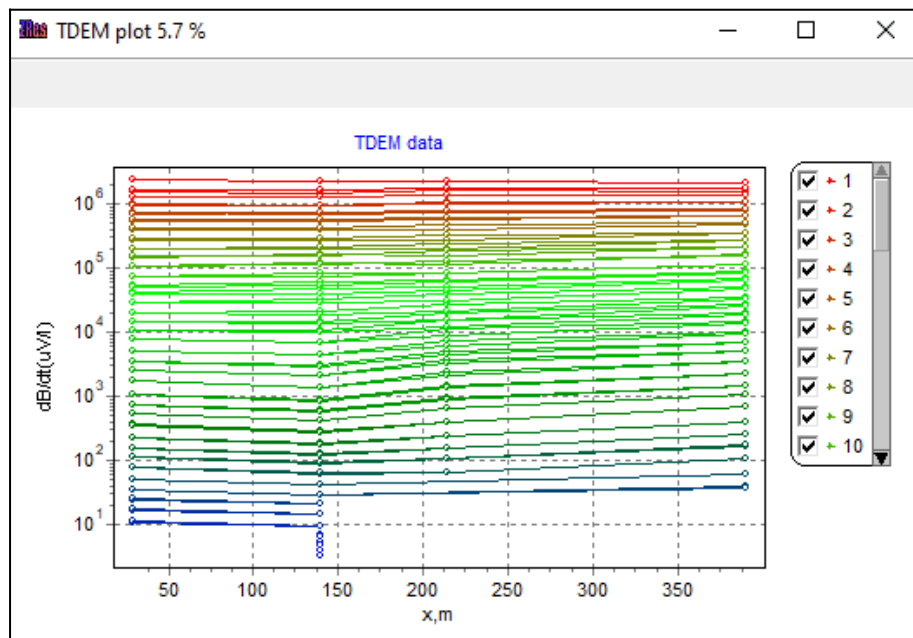


Fig. 58 Visualización de gráficos TEM (Opción Show TDEM data)

Inversión conjunta de datos de prospección sísmica

El trabajo con datos de prospección sísmica se realiza en la sección del menú **Options/Seismic data**.

La inversión conjunta se puede realizar en el modo de modelo de malla (cross-gradient) o de medio estratificado arbitrario.

Para importar los datos se utiliza un archivo de texto muy sencillo, que contiene tres columnas con los encabezados siguientes: «sx»: coordenada de la fuente (metros); «rx»: coordenada del receptor (metros); «fb»: primera llegada (milisegundos). Las coordenadas (distancias) deben estar en el mismo sistema que el modelo actual.

Ejemplo del inicio del archivo:

sx	rx	ft	!source x pos(m), receiver x pos(m), first time(msec)
0	1	19.8	
0	2	30.1	
0	3	41.8	
0	4	53.3	

La opción **Show SRT plot** muestra la ventana con los datos sísmicos. Si la inversión conjunta se ha realizado en el modo de modelo de malla, en la sección inferior de la ventana se muestra el modelo de velocidad (véase la figura siguiente).

Al hacer clic derecho en el botón de visualización de la sección en la ventana de datos sísmicos, se abre el menú: **Velocity**, **dVelocity**, **Start vel gradient**, **Gradient auto**, **Cut by rays**, **Save cutting to bln**.

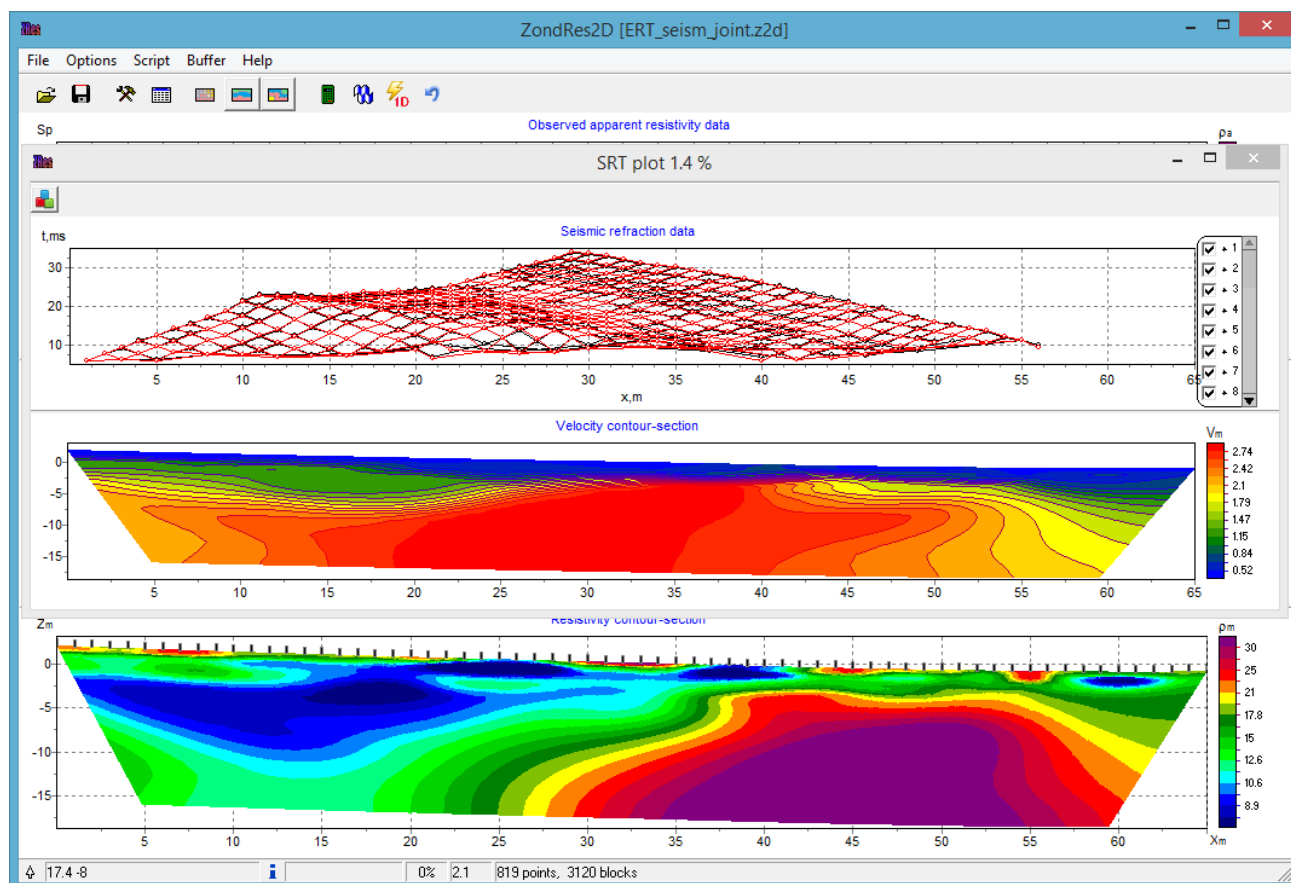


Fig. 59 Ventana con datos sísmicos (arriba, datos de sísmica de refracción; abajo, sección de velocidad) en el modo de modelo de malla

La opción **Invert SRT** data incorpora los datos sísmicos a la inversión conjunta con los datos de tomografía de resistividad eléctrica, en el modo de medio estratificado arbitrario. A continuación se muestra un ejemplo de un modelo estratificado arbitrario.

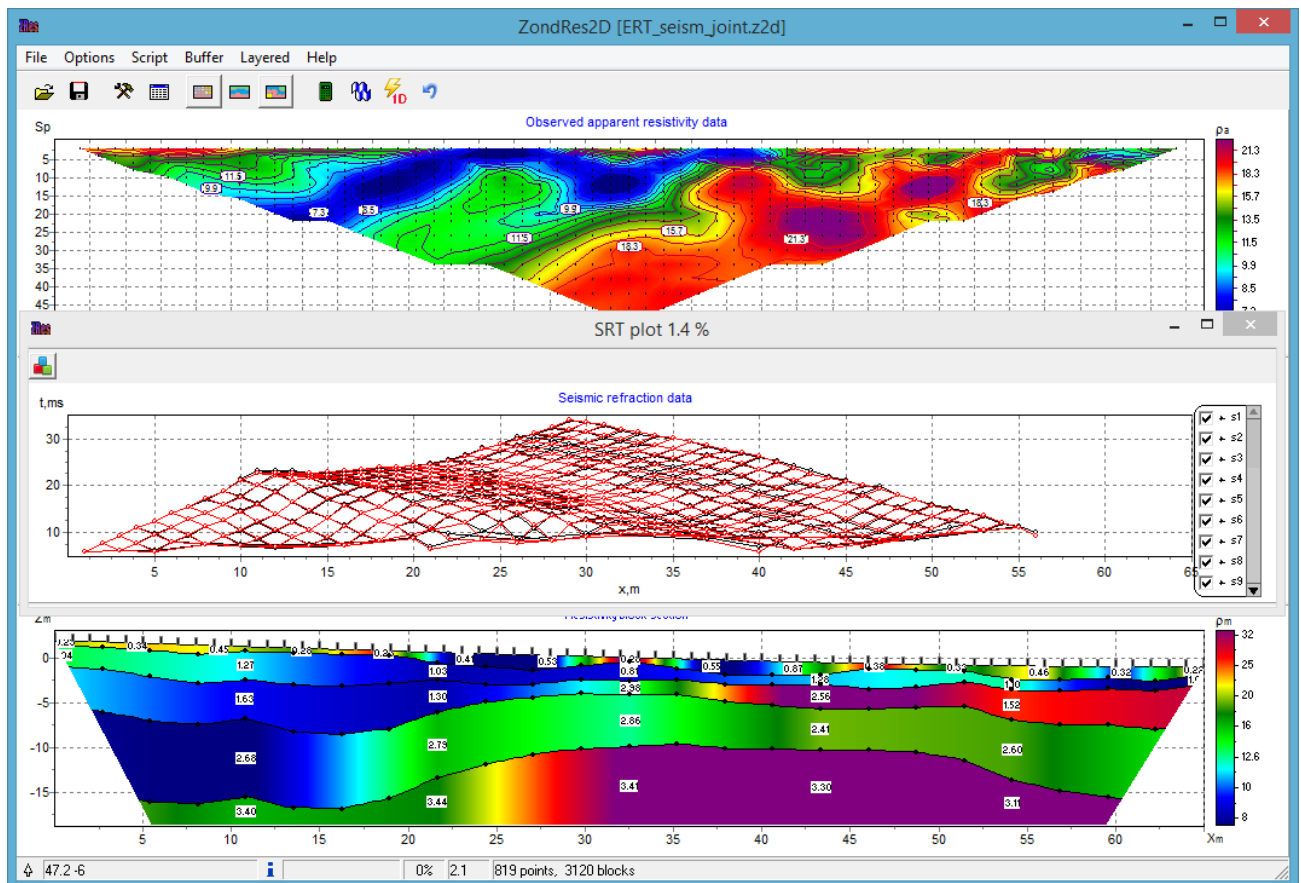


Fig. 60 Resultado de la inversión conjunta de datos ERT y de prospección sísmica. Ejemplo de un modelo estratificado arbitrario

El peso común para todos los datos sísmicos en la inversión conjunta se puede establecer mediante **Set weight of SRT**. El peso permite reducir o aumentar el error de ajuste relativo de la inversión.

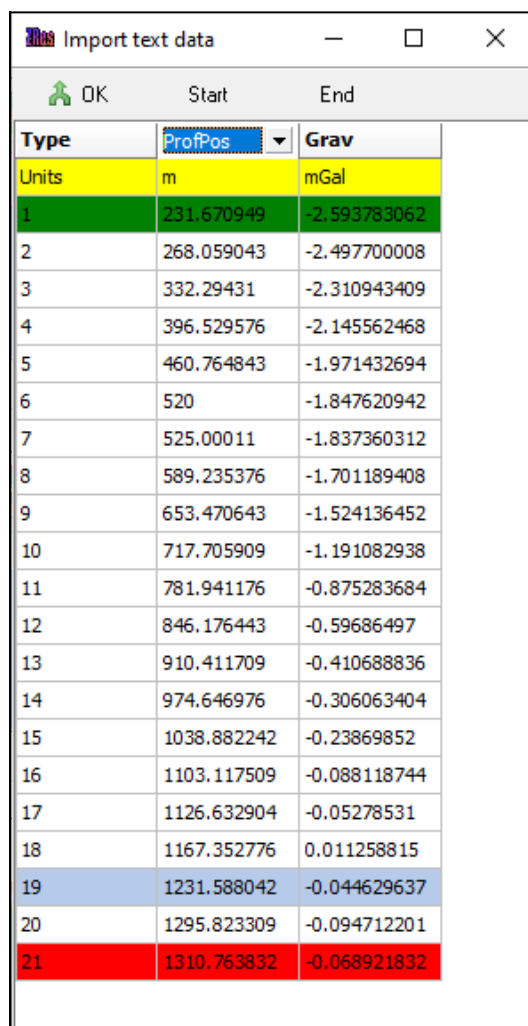
Inversión conjunta de datos de mediciones gravimétricas y magnéticas

En el programa **ZondRes2D**, es posible invertir datos gravimétricos y magnéticos en todos los modos.

Para el campo gravimétrico se pueden utilizar mediciones de la componente vertical del campo de gravedad y de su gradiente vertical; para el campo magnético, mediciones del vector total y del gradiente vertical.

Los datos de las mediciones gravimétricas y magnéticas se cargan en el programa desde un archivo de texto o un documento Excel que contiene columnas correspondientes a la distancia a lo largo del perfil de observación y al valor del campo. La importación de datos se realiza desde la

opción de menú **Options / GraviMagnetic / Load new data**. A continuación se muestra un ejemplo de carga de un archivo:



Type	ProfPos	Grav
Units	m	mGal
1	231.670949	-2.593783062
2	268.059043	-2.497700008
3	332.29431	-2.310943409
4	396.529576	-2.145562468
5	460.764843	-1.971432694
6	520	-1.847620942
7	525.00011	-1.837360312
8	589.235376	-1.701189408
9	653.470643	-1.524136452
10	717.705909	-1.191082938
11	781.941176	-0.875283684
12	846.176443	-0.59686497
13	910.411709	-0.410688836
14	974.646976	-0.306063404
15	1038.882242	-0.23869852
16	1103.117509	-0.088118744
17	1126.632904	-0.05278531
18	1167.352776	0.011258815
19	1231.588042	-0.044629637
20	1295.823309	-0.094712201
21	1310.763832	-0.068921832

Fig. 61 Ejemplo del cuadro de diálogo de carga de datos de un levantamiento gravimétrico terrestre

Si las mediciones están en archivos diferentes (por ejemplo, los datos del campo magnético en un archivo y los del campo gravitatorio en otro), para añadir datos se debe utilizar la opción de menú **Options / GraviMagnetic / Add new data**.

Al seleccionar el archivo, aparece la ventana de importación de datos. Mediante la lista desplegable de las celdas de las filas superiores de la tabla, se debe indicar qué datos contiene cada columna. La fila superior define las columnas que contienen la distancia a lo largo del perfil y el tipo de datos: gravimétricos o magnéticos. En la segunda fila se especifican las unidades de medida. Para el campo gravitatorio, miligal o microgal; para el campo magnético, nanotesla. Los botones **Start** y **End** de la parte superior de la ventana permiten definir las filas del archivo desde las que se iniciará y hasta las que se realizará la importación.

Al confirmar los cambios realizados (botón ) , aparece un cuadro de diálogo. El cuadro de diálogo para definir los parámetros de medición y los campos magnético y gravitatorio normales se puede abrir en cualquier momento mediante la opción de menú **Options / GraviMagnetic / Field settings** (véase la figura siguiente).

El botón del cuadro de diálogo **Observation settings** abre la ventana **Mag data** para obtener los parámetros del campo magnético normal según el modelo NOAA WMM: se especifican Latitude, Longitude y Year; el botón **Get** (se requiere acceso a Internet). La casilla de verificación del cuadro de diálogo añade el campo normal a los datos calculados. Tipos de datos: Mag T / GrZ, Gravity Gz / Grz.

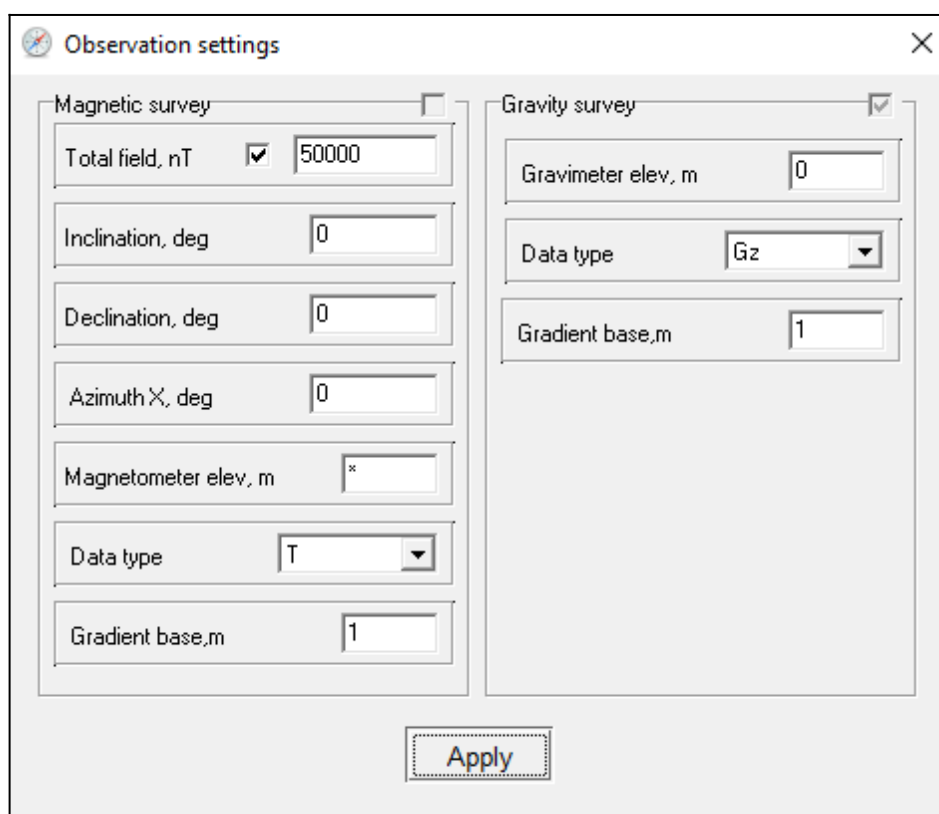


Fig. 62 Cuadro de diálogo Observation settings

Los parámetros correspondientes al campo gravitatorio son:

Gravimeter elev, m	Altura del gravímetro sobre la superficie del terreno, m.
Data type	Tipo de datos: componente vertical del campo gravitatorio o su gradiente vertical.
Gradient base, m	Para los datos del gradiente vertical, base de medición, m.

Los parámetros correspondientes al campo magnético son:

Total field, nT	Amplitud del campo normal, nT.
Inclination, deg	Inclinación magnética en el momento del levantamiento, grados.
Declination, deg	Declinación magnética en el momento del levantamiento, grados.
Azimuth, deg	Azimet del perfil, grados (medido en sentido horario desde el norte).
Magnetometer elev, m	Altura del sensor del magnetómetro sobre la superficie del terreno, m.
Data type	Tipo de datos: vector completo o gradiente vertical del campo.
Gradient base, m	Para los datos del gradiente vertical, base de medición, m (distancia entre los sensores).

Una vez definidos los parámetros y cerrado el cuadro de diálogo, aparece la ventana de datos gravimagnéticos (véase la figura siguiente). La ventana se puede cerrar y volver a abrir mediante la opción de menú **Options / GraviMagnetic / Diplay GM window**.

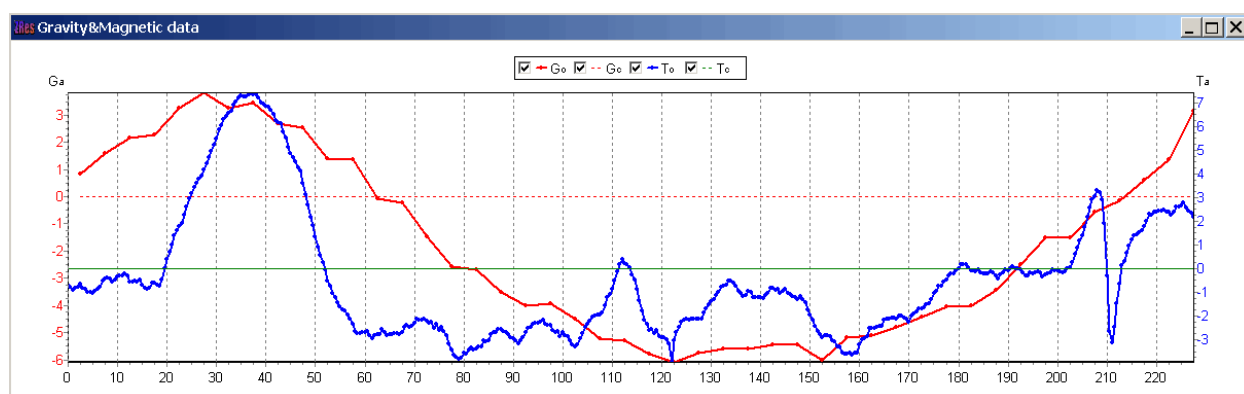


Fig. 63 Ventana de diálogo Gravity and magnetic data

Las opciones **Options / GraviMagnetic / Subtract median grav** y **Subtract median mag** permiten restar el valor mediano del campo observado, es decir, convertirlo a valores del campo anómalo.

Una vez creada la modelo en el editor, se puede calcular el problema directo de gravimetría o magnetometría (realizar la modelización en modo poligonal) o invertir los datos. Al hacer doble clic en la ventana de datos gravimagnéticos se recalcula el problema directo para el modelo poligonal definido. Al invertir los datos (**Options / GraviMagnetic / Inversion**), se estiman la densidad y/o la susceptibilidad magnética para el marco poligonal definido.

La densidad y/o la susceptibilidad magnética de los objetos poligonales se pueden definir en el cuadro de diálogo **Body parameters**.

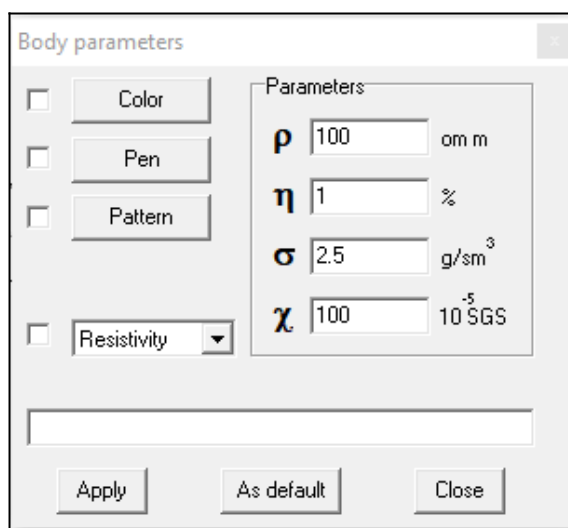


Fig. 64 Ventana «Body parameters» en modo de modelización poligonal

En un modelo de capas arbitrarias se puede definir la densidad (o la susceptibilidad magnética), tras seleccionar la función (**Menú principal/Layered/model constructor**) en la ventana de configuración: «Gravity» (o «Magnetic»), véase. la figura siguiente.

N	par	Pmin	Pmax	H	Hmin	Hmax
1	2	-2	2	23.2-62.4	23.2	92.8
2	2	-2	2	76.3-152.	58	232
3	2	-2	2	*	*	*

☐ for Z

Fig. 65 Configuración para visualizar la densidad en un modelo de capas arbitrarias

La inversión conjunta se puede realizar en 3 modos:

Modelo de bloques. Se realiza la inversión conjunta de los datos de métodos potenciales y de tomografía de resistividad eléctrica. Se utiliza la opción **Options / Inversion / Joint inversion**.

Modo de modelización poligonal. Se utiliza la opción **Options / GraviMagnetic / Inversion**. En este modo, la inversión de los datos de campos potenciales y de tomografía de resistividad eléctrica se realiza de forma independiente dentro del marco definido.

Modo de modelo de capas arbitrarias. Se utiliza la opción **Options / GraviMagnetic / Invert gravity** y (o bien **Options / GraviMagnetic / Invert magnetic**). En este modo, la inversión conjunta se realiza sobre la base de una geometría común de los límites.

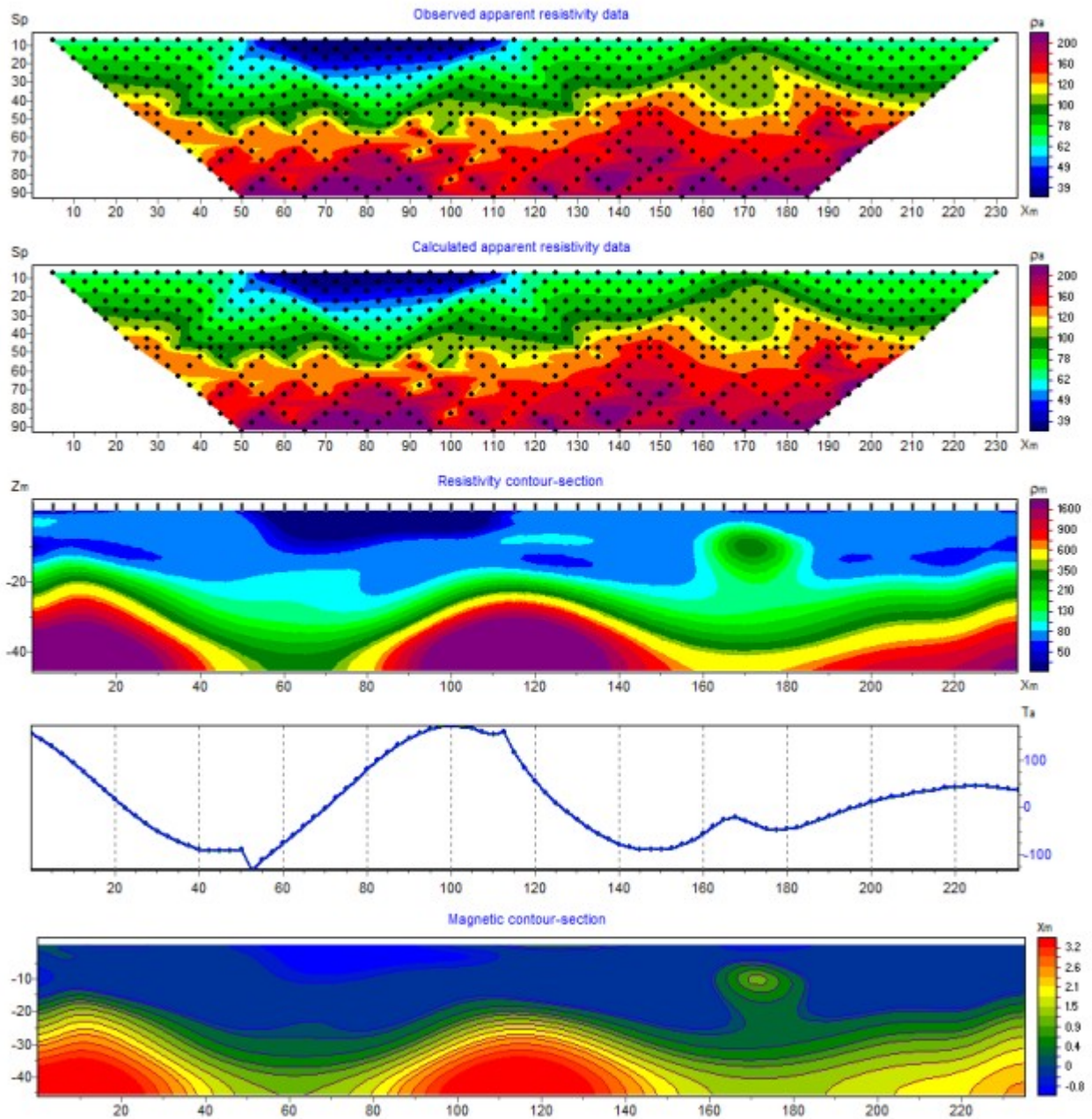


Fig. 66 Ejemplo de inversión conjunta de tomografía de resistividad eléctrica y datos magnetométricos para un modelo de malla (cross-gradient)

Interpretación de datos de potencial espontáneo (SP)

El programa **ZondRes2D** permite trabajar con datos del método de potencial espontáneo. El programa incorpora el cálculo del problema directo del método de potencial espontáneo a partir de su resistividad y de una ley dada de variación del potencial de oxidación-reducción con la profundidad, así como un algoritmo para recuperar fuentes volumétricas dentro de un polígono

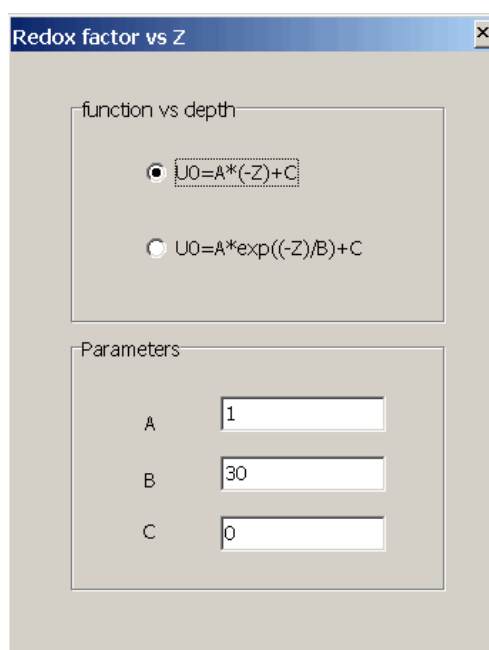
definido. Las opciones para trabajar con datos del método de potencial espontáneo están destinadas principalmente a la resolución de problemas de prospección de minerales y no son adecuadas para investigar potenciales de filtración. Recomendamos utilizar el programa **ZondSP2D** para interpretar datos de SP, que ofrece muchas más posibilidades.

El archivo de entrada de datos del método de potencial espontáneo consta de cuatro columnas: punto de registro (coordenada del perfil a la que corresponde la medición al representar el gráfico de observaciones, m), coordenada del electrodo M (m), coordenada del electrodo N (m), valor del campo (mV). Por tanto, el programa trabaja con datos del método de potencial espontáneo obtenidos tanto con el método de potencial como con el método de gradiente. El archivo se importa en el modo poligonal mediante la opción de menú **Options/Self potential/Load SP data**.

La opción de menú **Options /Self potential/Display SP window** abre la ventana que muestra los gráficos de potencial espontáneo observado y calculado. El gráfico calculado aparece una vez que se han seleccionado los parámetros de variación del potencial de oxidación-reducción con la profundidad (**Options/Self Potential/ Redox factor vs Z**, véase la figura siguiente) y se ha calculado el problema directo (pulsando la barra espaciadora o el botón .

Los parámetros que se pueden modificar del potencial de oxidación-reducción son la ley de variación del factor de oxidación-reducción con la profundidad (lineal o exponencial) y los coeficientes correspondientes.

En las propiedades de los polígonos, al trabajar con datos de SP, se puede especificar el tipo de conductividad del polígono: iónica o electrónica.



Redox factor vs Z

function vs depth

☒ $U0=A*(-Z)+C$

☐ $U0=A*\exp((-Z)/B)+C$

Parameters

A: 1

B: 30

C: 0

Evaluación del error de ajuste tras la inversión

Se puede obtener una evaluación rápida del resultado de la inversión a partir del error de ajuste relativo. Este parámetro se muestra en porcentaje en la parte central de la barra de estado del programa (quinta sección). En general, si los datos son de calidad satisfactoria, el valor no debería superar el 5%.

La convergencia entre los valores observados y calculados para cada medición se puede evaluar mostrando la pseudosección de errores de ajuste relativos mediante la opción **Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data misfit** (véase la figura siguiente, A).

El error de ajuste de cada electrodo se puede consultar mediante la opción **Options / Extra / Display on electrode / RMS** (véase la figura siguiente, B).

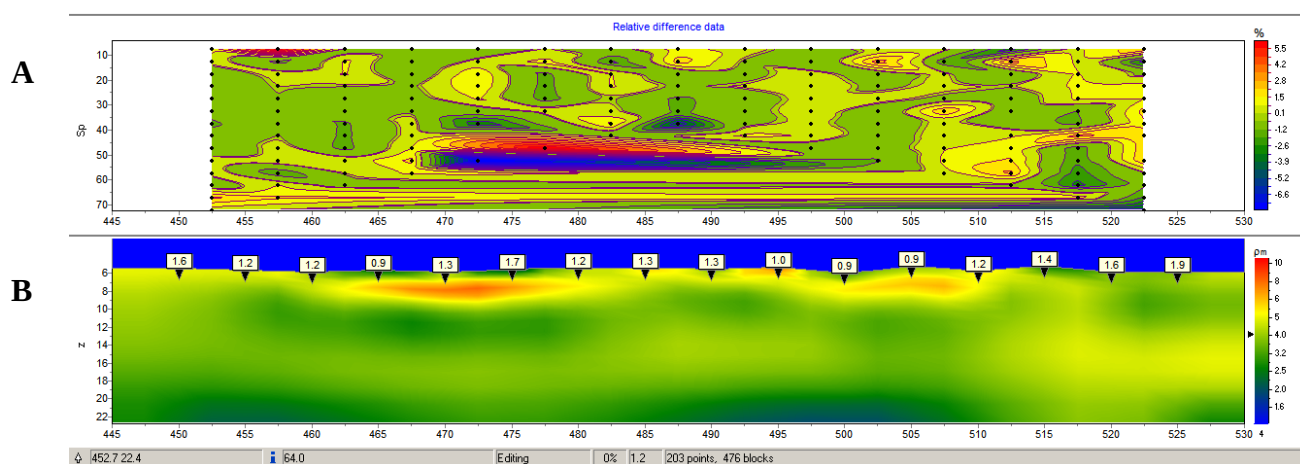


Fig. 68 Pseudosección de errores de ajuste relativos (A). Modelo con los errores de ajuste de cada electrodo mostrados (B)

La evaluación de los errores de ajuste permite volver a depurar los datos. Para excluir datos, se utiliza la opción **Options / Extra / Remove data with big misfit**.

La opción **Options / Inversion / Invert only visible data** puede resultar útil, ya que permite seleccionar los datos que no participarán en la inversión. Para ello, se debe cambiar al modo de visualización de datos en forma de gráficos y desactivar en la leyenda los que no se desea incluir en la inversión.

Información a priori

La inversión se puede realizar sin tener en cuenta información a priori o incluyéndola. La información a priori suele incorporarse en la inversión de dos maneras: definiendo un modelo inicial (la distribución supuesta de sus límites de variación en la sección) o indicando la posición de los límites contrastantes.

De forma predeterminada, el modelo inicial para la inversión en **ZondRes2D** es el modelo actual que se muestra en el editor de modelos. El programa lo modifica durante la inversión.

Como información a priori, se puede introducir la posición de límites contrastantes conocida a partir de datos de perforación o de otros métodos geofísicos.

El modo de definición de límites **Set boundaries** está disponible en el menú **Options/Inversion** y permite tener en cuenta información geológica a priori durante la inversión. Al seleccionar esta pestaña, aparece un menú con los botones siguientes:

	Enable/Disable editing boundaries mode	Activar/desactivar el modo de edición de límites
	Add new boundary	Añadir un límite nuevo
	Delete boundary	Eliminar todos los límites
	Save boundaries to file	Guardar los límites en un archivo
	Load boundaries from file	Cargar los límites desde un archivo

La incorporación de límites geológicos a priori al problema inverso es una técnica fundamental para mejorar la calidad de la interpretación. Por un lado, aumenta la estabilidad del problema y, por otro, reduce la región de equivalencia y permite obtener una estructura más coherente. En las zonas del modelo donde los parámetros son poco sensibles a los cambios en la sección, la incorporación de límites a priori es prácticamente la única forma de obtener un resultado aceptable.

Cuando se incorporan límites, es preferible utilizar el algoritmo Occam. Por lo general, se utilizan 1-2 límites; no se debe olvidar que los límites geológicos no siempre coinciden con los petrofísicos.

Antes de definir los límites, se recomienda realizar una inversión con el algoritmo **Occam** y, a continuación, añadir a la sección obtenida los datos de los pozos, si se dispone de ellos. Los límites se deben trazar sobre la sección obtenida teniendo en cuenta los datos de los pozos o las ideas

previas sobre la estructura de la zona estudiada. Para definir los límites, se utiliza el botón izquierdo del ratón con el modo de edición de límites activado. El límite se cierra con el botón derecho del ratón. Al trazar los límites, no se deben utilizar muchos nodos. Es preferible que sean lo más suaves posible y pasen cerca de los nodos de la malla de inversión. Una vez trazados los límites, se debe volver a ejecutar la inversión, que se realizará teniendo en cuenta los límites definidos.

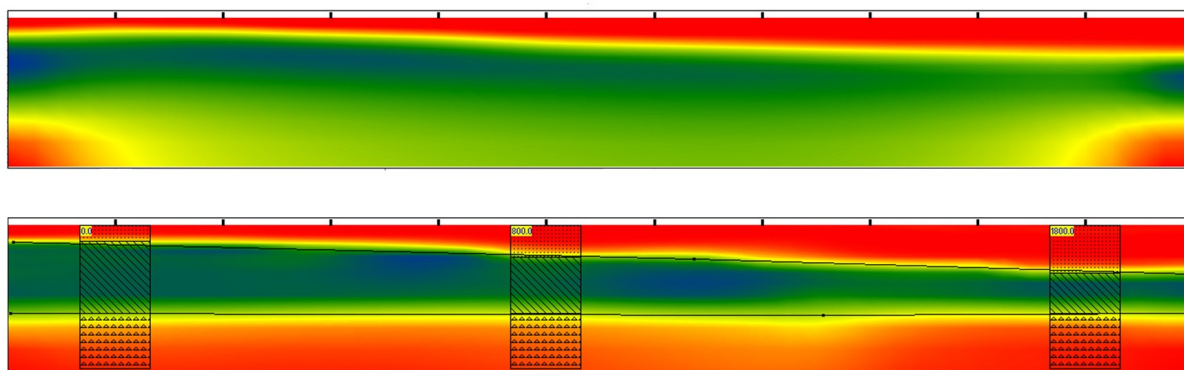


Fig. 69 Ejemplo de uso de la función de establecimiento de límites Set boundaries. La sección superior se obtuvo con el algoritmo Occam sin introducir límites; la sección inferior se obtuvo teniendo en cuenta los límites a priori

También cabe señalar las posibilidades del algoritmo Image guided inversion, que permite obtener modelos similares a una imagen gráfica (options/inversion/cross-gradient/BG image).

El programa ofrece varios métodos para visualizar la información a priori. Con la opción **Options/Import/Export** se puede cargar diversa información geológica y geofísica:

- columnas litológicas;
- datos de registros de pozo;
- mediciones de perfil en forma de gráficos;
- modelos de proyectos de otros programas del paquete **Zond**;
- imagen gráfica como fondo de la sección de velocidades (por ejemplo, una sección geológica o sísmica).

El uso de información a priori adicional permite realizar una interpretación integrada de los datos y aumenta la fiabilidad del resultado final de la interpretación.

Si se dispone de registros de pozo o columnas litológicas, se pueden cargar en la ventana del modelo mediante la opción **Options / Borehole / Load borehole data** (véase la figura siguiente) o crearse en el editor correspondiente.

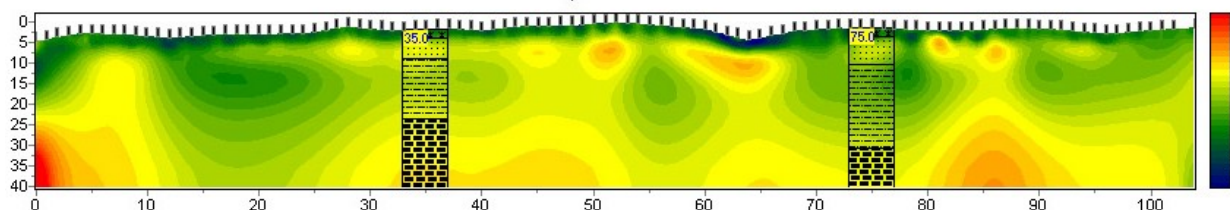


Fig. 70 Sección con columnas litológicas superpuestas

Options / Import/Export/Import model/data – esta opción permite cargar modelos del subsuelo de proyectos de programas del paquete **Zond** en ventanas independientes (véase la figura siguiente). Esta opción puede resultar útil para comparar los resultados de la interpretación de perfiles adyacentes o para la interpretación integrada de datos de distintos métodos.

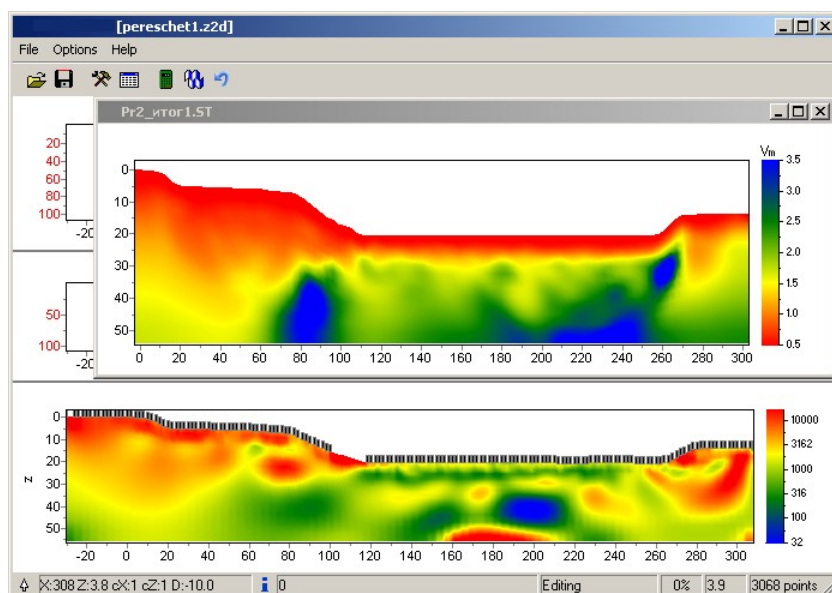


Fig. 71 Ventana de trabajo del programa con un modelo de velocidades importado

Al mover el cursor por el área del editor del modelo, este también se mostrará en todas las demás secciones importadas, de acuerdo con el tamaño de la celda cuando el modelo se visualiza en forma de bloques (véase la figura siguiente).

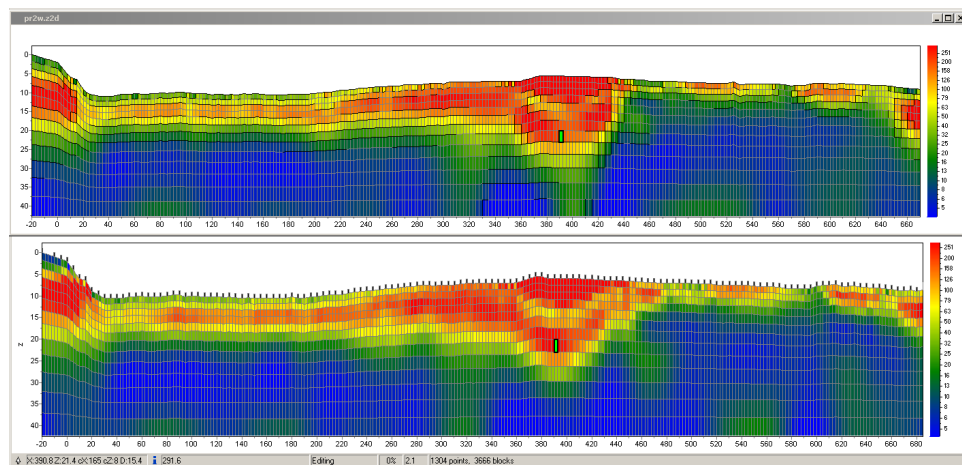


Fig. 72 Visualización en bloques de los modelos de resistividad eléctrica, tanto el modelo activo como el importado, con el cursor resaltado

Con la opción **Save/Load selection** se puede guardar o cargar un fragmento del modelo. Para guardar un fragmento, active el modo de visualización del modelo en forma de bloques (**Blocks-section**), utilice las opciones de la sección **Selection** para seleccionar el fragmento deseado y haga clic en **Save selection**.

Para cargar un fragmento del modelo, seleccione un área pequeña del modelo actual. El extremo superior izquierdo de la selección se tomará como el punto a partir del cual se insertará el fragmento. Inicie la opción **Load selection** y seleccione el nombre del archivo. Si no hay ninguna selección, el fragmento se insertará desde el extremo superior izquierdo del modelo.

Para guardar o cargar un perfil vertical del parámetro en una coordenada horizontal determinada, se puede utilizar la opción **Extract 1d log / Load 1d log**. Al guardar un perfil vertical, se debe especificar la coordenada X en el cuadro de diálogo. Al cargar un perfil vertical, se debe indicar el intervalo en el eje X. Esta opción puede utilizarse, por ejemplo, para incorporar datos de registros de pozo o para estudiar las zonas de intersección de perfiles.

Si se dispone de información a priori, se puede utilizar como imagen de fondo en el editor del modelo mediante la opción **Options/Import/Export/Background image**. Puede tratarse, por ejemplo, de una sección geológica o sísmica, o de una sección de un perfil adyacente. El programa admite dos formatos de imagen de fondo: archivo gráfico *.png, *.bmp, archivo *.sec, *.seg-y.

Después de seleccionar un archivo *.bmp, aparece un cuadro de diálogo para configurar las coordenadas de la imagen, donde se indican las coordenadas de sus límites en el sistema de coordenadas de la sección.

Para hacer transparente la imagen, en el cuadro de diálogo de configuración del modelo (se abre haciendo clic con el botón derecho junto al texto de la parte superior de la ventana del modelo; opción Setup) se selecciona Transparency.

El archivo *.sec contiene información sobre la georreferenciación de la imagen ([Ejemplo en el directorio – sample_with_exported_graphic](#)) y tiene la estructura siguiente:

- 1.^a línea: nombre del archivo de imagen, incluida la extensión;
- 2.^a línea: separadas por espacios, se indican en orden las cuatro coordenadas de las esquinas superior izquierda e inferior derecha de la imagen X1 Y1 X2 Y2.

Al seleccionar una imagen de fondo, aparece la ventana siguiente:

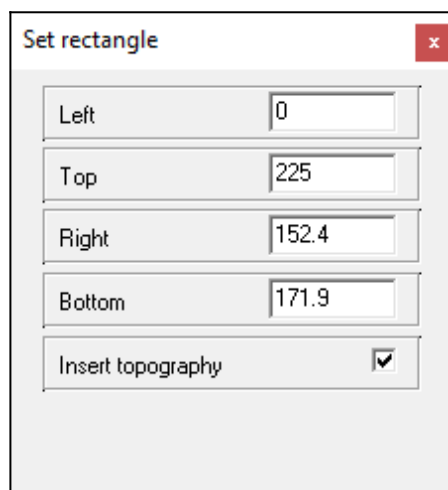


Fig. 73 Cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de la imagen de fondo

En esta ventana se pueden especificar manualmente las coordenadas de las esquinas superior izquierda e inferior derecha de la imagen.

Insert topography – permite modificar la imagen para tener en cuenta la topografía (el borde superior de la imagen seguirá la topografía del modelo).

En el modo **Blocks section** se mostrarán las celdas cuyos valores sean distintos de los del medio encajante. De este modo, es posible modelar objetos anómalos sobre la imagen de fondo (véase la figura siguiente).

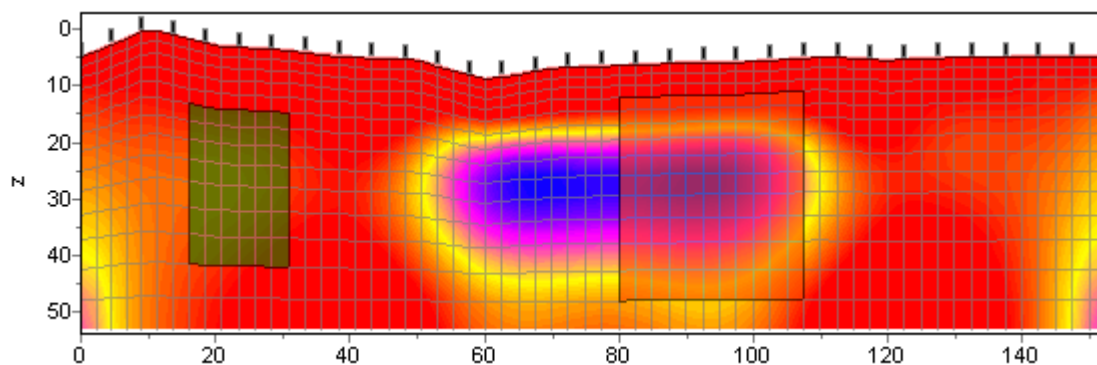


Fig. 74 Modelo en modo Block-section con imagen de fondo

En el modo **Smooth section** se mezclarán los colores de la imagen de fondo y del modelo actual, lo que permitirá observar simultáneamente las características de ambas secciones (véase la figura siguiente).

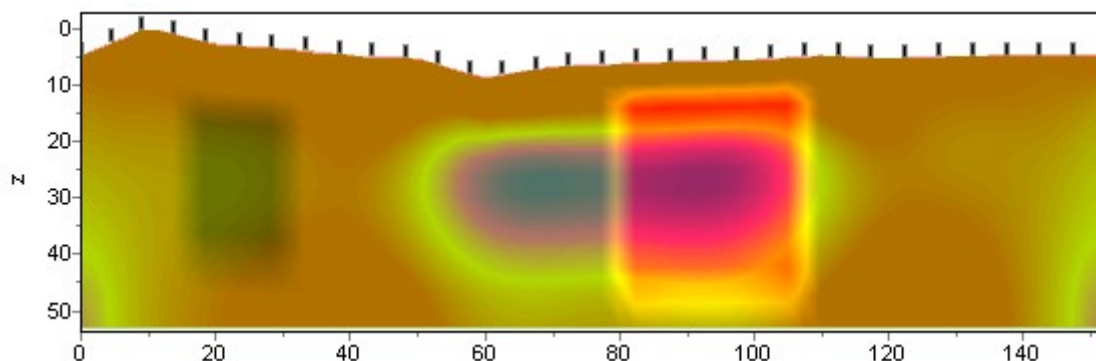


Fig. 75 Modelo en modo Smooth-section con imagen de fondo

El uso de una imagen de fondo permite tener en cuenta los resultados de otros métodos de investigación durante la interpretación. Por ejemplo, se pueden establecer límites al crear un modelo a priori (inicial) para la inversión de datos de tomografía de resistividad eléctrica utilizando datos de sísmica, georradar o una sección geológica disponible. La figura siguiente muestra un ejemplo en el que se utiliza un radargrama como imagen de fondo del modelo geoelectrico.

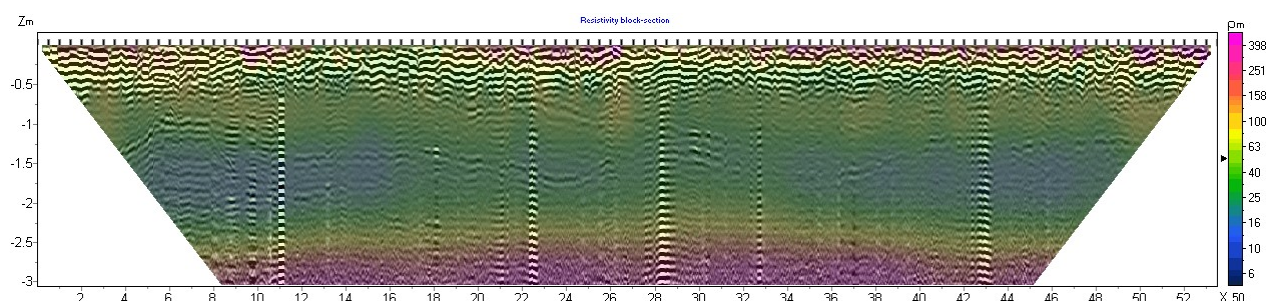


Fig. 76 Modelo en modo Smooth-section con imagen de fondo: datos de georradar

El archivo del modelo se puede exportar a los formatos más populares de los programas: AutoCAD, GeoSoft y SEG-Y. El modelo se puede guardar como una imagen ráster con la resolución y el tamaño especificados mediante el cuadro de diálogo **Picture settings** del menú **Options/Graphics/Bitmap output settings**.

La opción **Options / Import/Export / Background image / Editor** abre la ventana **Background editor** para procesar la imagen de fondo (en escala de grises). Pestañas: **Contrast** – mejora del contraste; **MCP filter** (Num comps); **Clustering** (Num clusters, Bounded); **Smoothing** (dirección

X and Y / X / Y / Anisotropic, **Numb cycles**); **Trunc** (Negative / Positive); **AGC**; **Windowing** (**Suppress <**); **Replace** (modos Replace / Remove / Draw, color **Color**; el clic derecho en la imagen selecciona el color y el clic izquierdo rellena el área); **Model**. Los campos **winx/2** y **winy/2** especifican la mitad del tamaño de la ventana para los filtros MCP, AGC y Windowing. Botones: **Preview** – vista previa del resultado; **Save** – aceptar el resultado para el siguiente paso de procesamiento; **Original** – restaurar la imagen original; **Cancel** – cancelar la última vista previa; **Apply&close** – aplicar el resultado a la imagen de fondo y cerrar la ventana.

Creación de datos de pozo

La incorporación de datos de registros de pozo y litología se realiza en el módulo especial **Options / Borehole / Create / Edit borehole data** (véase la figura siguiente). El módulo permite crear, editar y visualizar columnas litológicas y datos de registros de pozo a lo largo del perfil de observación.

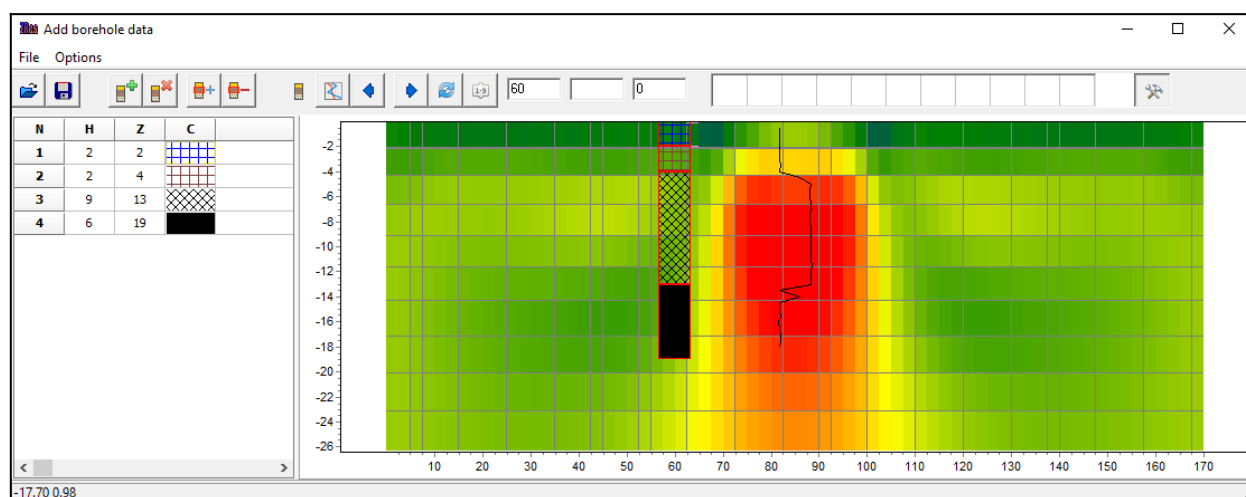


Fig. 77 Módulo para añadir datos de registros de pozo y litología

La barra de herramientas del cuadro de diálogo contiene los siguientes botones:

	Abrir archivo de litología
	Guardar archivo de litología
	Crear un pozo nuevo
	Eliminar pozo

	Añadir una capa al pozo
	Eliminar una capa del pozo
	Modo de columnas litológicas
	Modo de datos de registros de pozo
	Ir al pozo anterior
	Ir al pozo siguiente
	Actualizar la ventana de representación de datos
	Ordenar los pozos por coordenada
	Establece la coordenada horizontal (a lo largo del perfil)
	Etiqueta del pozo (máximo 5 caracteres)
	Ángulo de inclinación del pozo en el plano XZ.
	Opciones adicionales

El módulo contiene dos ventanas principales. A la izquierda se encuentra la **Ventana de datos**, que contiene una tabla con las siguientes columnas: **N** – número de orden de la capa, **H** – espesor de la capa en metros, **Z** – profundidad de la base de la capa en kilómetros, **C** – tipo de relleno. En la ventana de la derecha, los datos de los pozos se muestran gráficamente.

Para empezar a crear el archivo de litología, se debe pulsar el botón  de la barra de herramientas. A continuación, aparecerá una tabla nueva en la sección de la izquierda. Con el botón  se debe establecer el número de capas necesario. Después, se debe editar la tabla, especificando el espesor o la profundidad de la base de cada capa y seleccionando el tipo de relleno correspondiente a la litología. El cuadro de diálogo de configuración del relleno **Pattern Color Editor** se abre haciendo doble clic con el botón izquierdo del ratón en la columna **C** de la ventana de datos (Fig. 36). El programa ofrece una amplia selección de rellenos litológicos. En la opción **Color** se puede seleccionar el color del relleno.



Fig. 78 Ventana del editor de relleno

Una vez introducidos los datos del pozo, se debe pulsar el botón  y el pozo aparecerá en la ventana gráfica. A continuación, se deben especificar las coordenadas horizontal y vertical del pozo en la barra de herramientas, en kilómetros; entonces, el pozo se mostrará según sus coordenadas. En la ventana gráfica, el pozo activo aparece en rojo.

Para facilitar el trabajo con un gran número de pozos, el programa permite crear una paleta. Para crearla, se debe seleccionar el relleno deseado en la columna de rellenos de la **Ventana de datos**, y hacer clic derecho en el área de rellenos del panel principal del programa. De este modo se puede crear un conjunto de rellenos que, posteriormente, se puede guardar. Para ello, se debe pulsar el botón  y seleccionar **Save default palette**. El conjunto de rellenos guardado se puede utilizar al crear un archivo nuevo de datos de litología y registros de pozo ( - **Load default palette**).

Set borehole width, disponible al pulsar el botón  establece la anchura de los pozos como porcentaje de la longitud del perfil.

El clic derecho en una celda de la columna **C** abre el menú **Exchange P&C / Exchange P / Exchange C** – sustituye el tramado o el color, o ambos, en todas las capas de todos los pozos que tengan el mismo relleno. Un botón independiente de la barra establece el color de fondo de la ventana gráfica; la opción **Options / Show background** muestra la imagen de fondo.

Al guardar el archivo de datos, se crearán varios archivos: ***.crt** – el proyecto del módulo, que se puede cargar en el programa **ZondRes2D** y ***.txt** – un archivo para cada pozo, cuyos nombres corresponden a las coordenadas horizontal y vertical

Los datos de registros de pozo se pueden cargar mediante la herramienta . Para crear el archivo de datos de registros de pozo se utilizan los formatos ***.txt** y ***.las**.

Estructura del archivo *.txt: la primera columna contiene la profundidad del punto de registro (desde la superficie del terreno) y la segunda, las mediciones del registro de pozo. La tercera y la cuarta columnas contienen ceros. El separador entre columnas es la tecla TAB.

A continuación se muestra un ejemplo de archivo de datos de registros de pozo que se representan en la sección como gráficos (véase la figura siguiente):

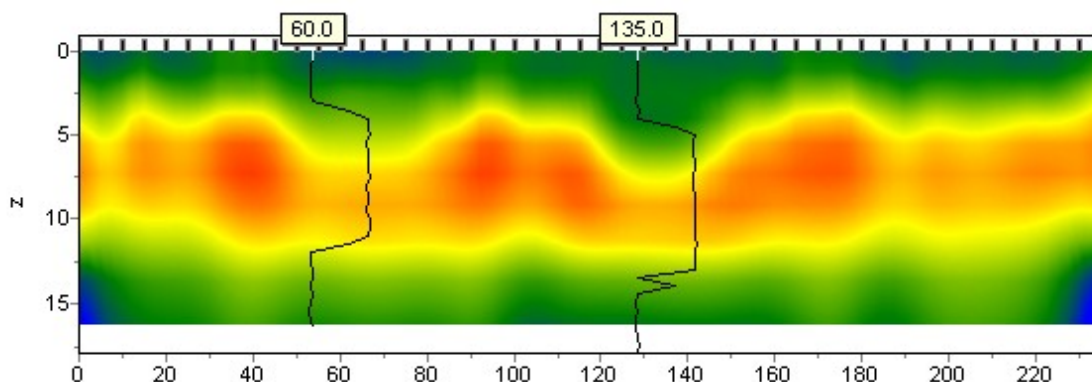


Fig. 79 **Modelo con diagráfias superpuestas**

Para crear un archivo con información litológica se utiliza la siguiente estructura: la primera columna contiene la profundidad (desde la superficie del terreno) del horizonte litológico; la segunda columna se debe rellenar con ceros; la tercera columna contiene el color de la capa en la columna litológica, y la cuarta, el tipo de trama de la columna litológica. Las columnas se separan con espacios. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de modelo con columnas litológicas superpuestas.

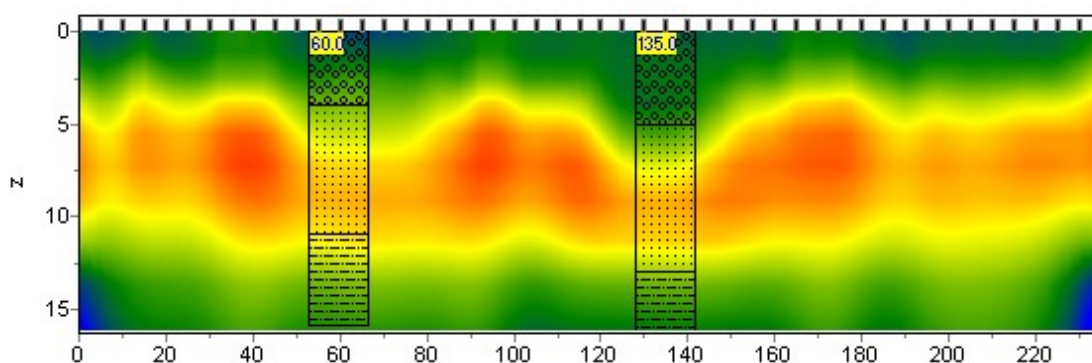


Fig. 80 **Modelo con columnas litológicas superpuestas**

A continuación se muestra la lista de los primeros 23 patrones que se pueden utilizar para crear una columna litológica.

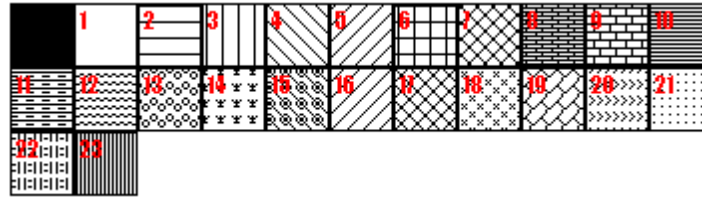


Fig. 81 Variantes de tramado de la columna litológica

Además del formato txt, este módulo permite cargar archivos crt. A continuación se describe la estructura del archivo CRT para mostrar datos litológicos o de registros de pozo correspondientes a cualquier número de pozos.

2280.txt La primera línea contiene el nombre del archivo con los datos de registros de pozo o de litología.

skv2280 La segunda línea contiene la etiqueta del pozo (se mostrará en el pozo).

18 2 2 1 0 1 0 0 La tercera línea contiene los parámetros de control:

Registro **18** – coordenada del pozo en el perfil;

2 - anchura de la imagen (como porcentaje de la longitud del perfil; normalmente, 1 - 20);

2 - tipo de visualización de los datos, de 0 a 3;

[**0** - datos de registros de pozo (como gráfico);

1 - datos de registros de pozo (columna de color interpolada); para mostrar los datos se utiliza la escala de colores de la sección;

2 - columna litológica;

3 - datos de registros de pozo (columna de color); los colores de los datos mostrados corresponden a la escala del modelo; el color de la columna se selecciona según el valor de la escala de colores del modelo.]

1 - Parámetro de normalización de los datos de los registros de pozo, de 0 a 2.

[**0,1** – se utiliza el mismo mínimo y máximo para todos los datos;

1,2 - se resta el valor medio de cada registro de pozo.]

0 - Índice del método de registro de pozo (si es necesario mostrar simultáneamente varios tipos de registros, se debe introducir un índice para cada método), de 0 a n-1, donde n es el número de métodos.

1 - Color del gráfico.

0 - Escala de los datos: logarítmica 0, lineal 1.

0 – Desplazamiento vertical del pozo respecto a la superficie del terreno.

Los botones de la barra de herramientas del módulo para introducir datos litológicos también están disponibles en el menú **Options**. Este menú también incluye la función **Remove background**, que permite quitar la imagen de fondo – el modelo de velocidades – al introducir datos de pozo.

Al crear o editar datos de pozo con el módulo descrito, el programa guarda el resultado en un archivo de formato interno con la extensión *.crt o *.bmp.

Diálogo Model smooth/raster

Después de editar o invertir un modelo de malla, se pueden aplicar varias operaciones útiles.

La opción **Model operations (Options / Extra / Model smooth / raster)** permite suavizar el modelo actual o dividirlo en clústeres (véase la figura siguiente). El modelo de clústeres se puede utilizar en una inversión de tipo **Blocks**. En ese caso, se ajusta un parámetro para cada bloque. Antes de dividir el modelo en clústeres, se recomienda realizar una inversión enfocada.

En el modo **Clusters**, las celdas del modelo se agrupan mediante el método de k-medias en el número de clústeres especificado (**Num clusters**). La opción **Start layer** establece la primera fila del intervalo al que se aplicará la operación. La casilla **with joint** realiza una clasificación conjunta con el modelo del segundo método de inversión conjunta.

En el modo **Smooth** se promedian los parámetros de las celdas del modelo; **Smooth factor** establece el número de pasadas de suavizado (2–200). La opción **End layer** establece la última fila del intervalo al que se aplicará la operación.

El botón  copia el modelo obtenido en el editor de modelos.

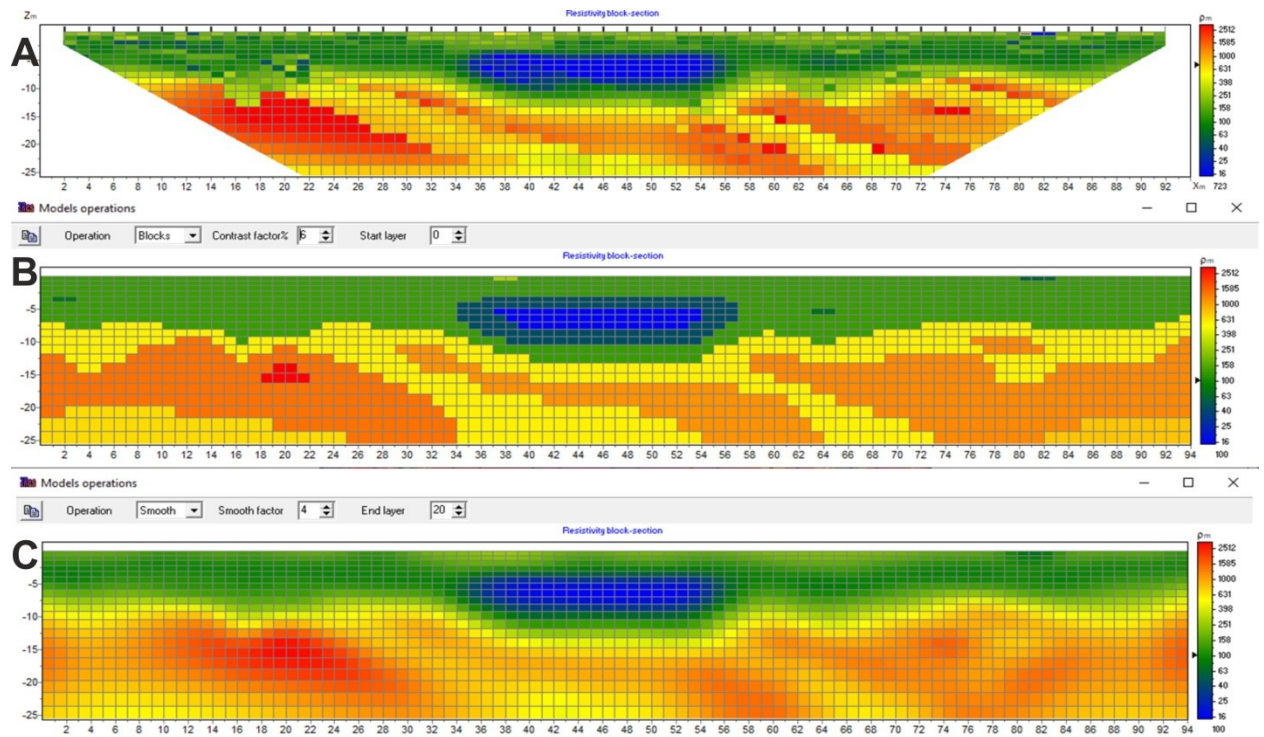


Fig. 82 Uso del diálogo Models operations. Modelo geoelectrico inicial (A). Ejemplo de aplicación del procedimiento de división en bloques (B) y suavizado (C)

Resultados de la interpretación

Visualización del modelo

El modelo en modo de malla se puede mostrar en forma de celdas **Options/Model/Block-section** (véase la figura siguiente, A), con una paleta de interpolación suave **Options/Model/Smooth-section** (véase la figura siguiente, B) y como una sección de contornos **Options/Model/Contour-section** (véase la figura siguiente, C).

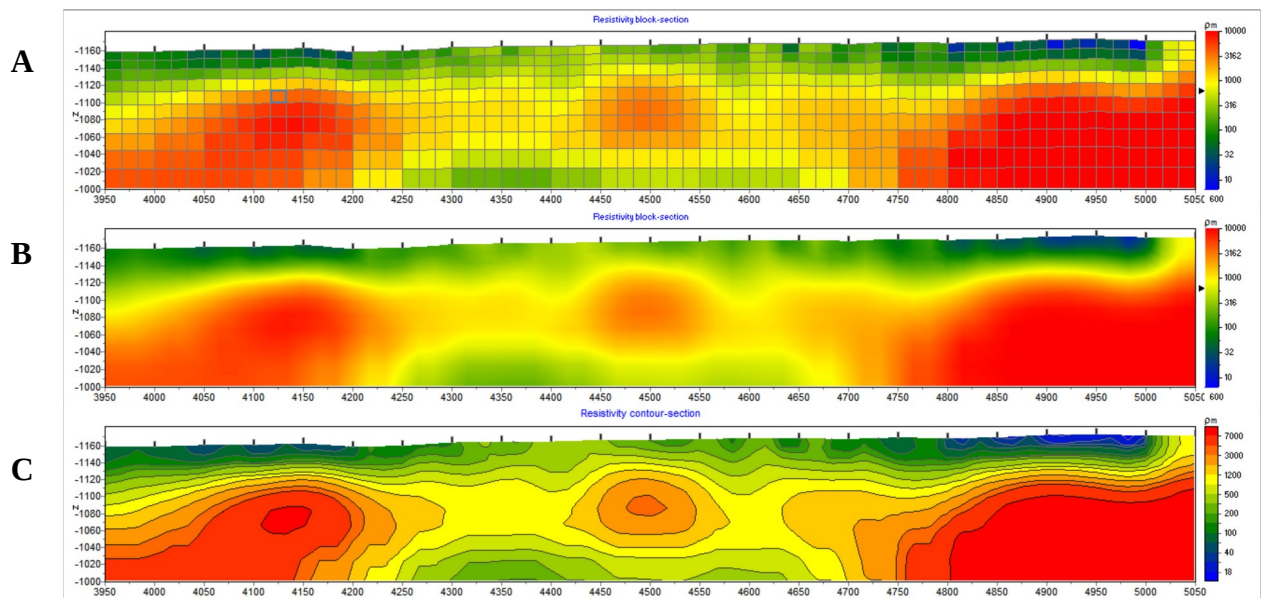


Fig. 83 Opciones de visualización del modelo: Block-section (A), Smooth-section (B), Contour-section (C)

Además, se pueden superponer a la imagen del modelo:

- Dos parámetros simultáneamente – *resistividad* y *cargabilidad*. Sobre la imagen del modelo representada mediante curvas de nivel (funciona en el modo **Contour-section**), se superponen las curvas de nivel del segundo parámetro (véase la figura siguiente). Se activa mediante la opción del menú principal del programa **Options/Extra/Display Rho&IP together**. Para configurar las curvas de nivel del segundo parámetro, se utiliza el cuadro de diálogo que se abre con **Options/Extra/Extra isolines color settings**.

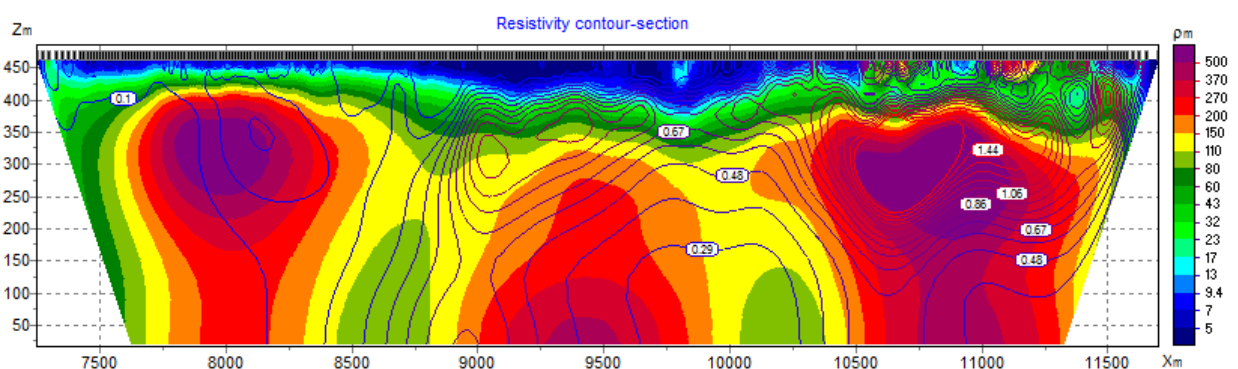


Fig. 84 Superposición de las curvas de nivel de cargabilidad sobre el modelo de resistividad

El análisis de la distribución del potencial o de la sensibilidad en el medio permite comprender mejor los principios de funcionamiento de la tomografía de resistividad eléctrica.

- *Distribución del potencial* – visualización de las curvas de nivel de potencial superpuestas a la sección para una fuente determinada (véase la figura siguiente, A). La posición de la fuente se selecciona en la tabla del editor de datos. Esta opción funciona en los modos **Block** o **Smooth section**. Se activa mediante la opción del menú principal del programa **Options/Extra/Potential & sensitivity in model/ Potential isolines**. Para configurar los parámetros de las curvas de nivel, se utiliza el cuadro de diálogo que se abre con el botón  en el editor de datos. El cuadro de diálogo es similar al de configuración de los parámetros de la pseudosección.
- *Distribución de la función de sensibilidad* – visualización de las curvas de nivel de sensibilidad superpuestas a la sección para la medición actual (véase la figura siguiente, B). La medición se selecciona en la tabla del editor de datos. Esta opción funciona en los modos **Block** o **Smooth section**. Se activa mediante la opción del menú principal del programa **Options / Extra / Potential & sensitivity in model / Sensitivity isolines**. Para configurar los parámetros de las curvas de nivel, se utiliza el cuadro de diálogo que se abre con el botón  en el editor de datos (**Options / Data editor**). El cuadro de diálogo es similar al de configuración de los parámetros de la pseudosección.

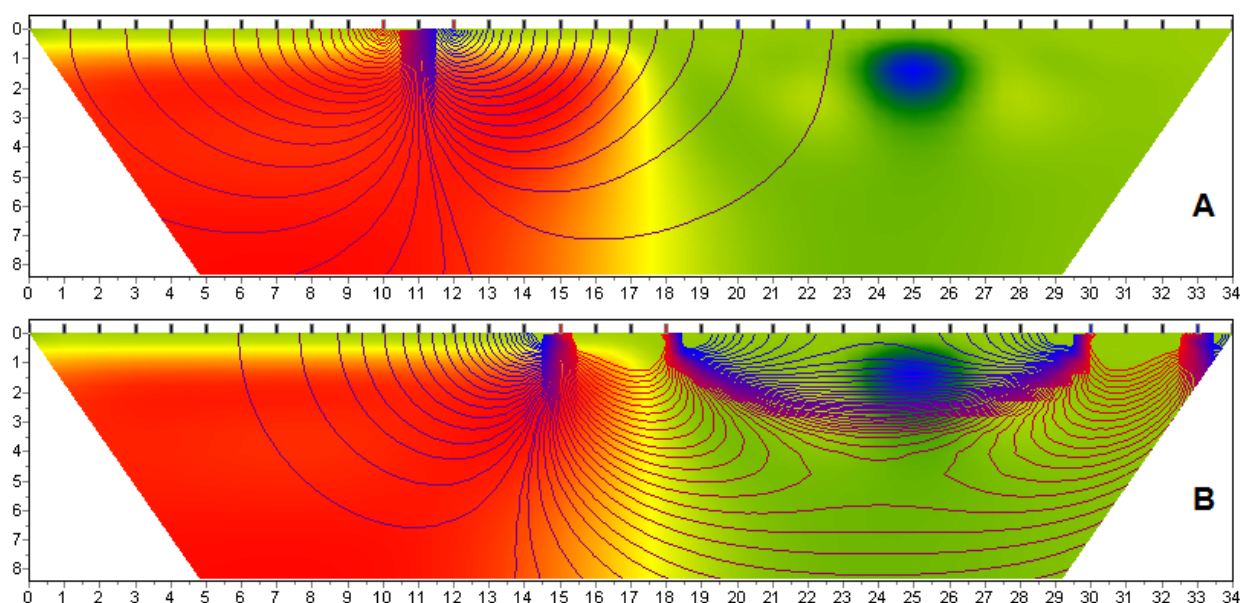


Fig. 85 **A. Sección de resistividad eléctrica con las curvas de nivel de la función de potencial superpuestas. B. Sección de resistividad eléctrica con las curvas de nivel de la función de sensibilidad superpuestas**

Trabajo con varios modelos en un mismo proyecto

A menudo es necesario almacenar varios modelos en un mismo proyecto y visualizarlos simultáneamente para compararlos. Por ejemplo, para determinar los parámetros óptimos de inversión, resulta más práctico no crear un proyecto distinto para cada conjunto de parámetros, sino guardar en un mismo proyecto todos los modelos obtenidos tras la inversión y poder compararlos en una misma ventana. Asimismo, en el modo de modelización, al calcular el problema directo para varios modelos relacionados entre sí, resulta más práctico almacenarlos y compararlos en un mismo proyecto.

En el programa **ZondRes2D** estas funciones se implementan mediante la sección **Buffer** del menú principal del programa. Los botones **Model 1 – Model 5** corresponden a cinco modelos de búfer que se pueden almacenar en un mismo proyecto.

Para guardar el modelo actual en el búfer, se debe hacer clic en uno de los botones correspondientes a los modelos de búfer. Si el modelo de búfer seleccionado está vacío, se guardará en él el modelo actual. El cuadro de diálogo que aparece permite introducir el nombre del modelo de búfer, que luego se mostrará en el botón correspondiente de la lista **Buffer** y como título al visualizar el modelo.

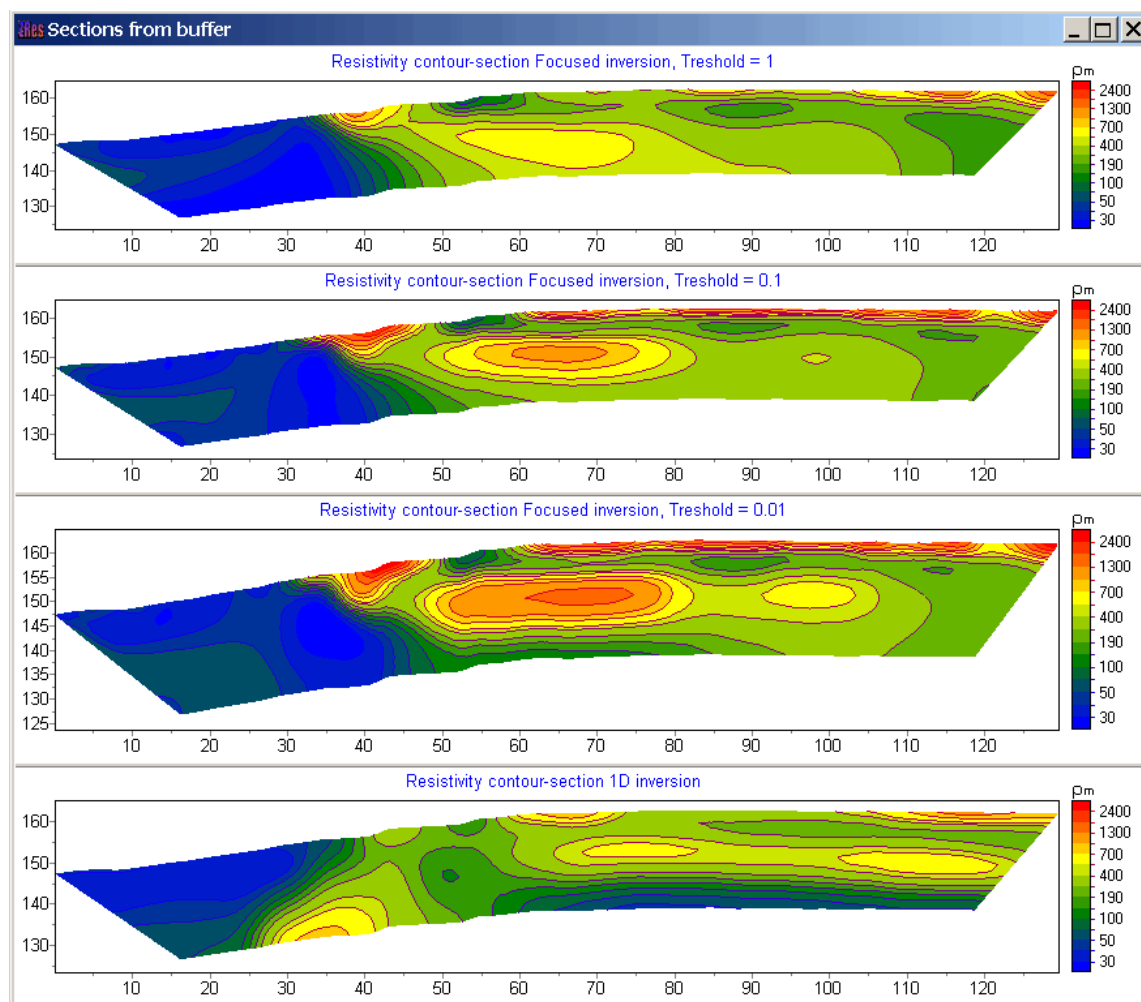


Fig. 86 Ventana para ver varios modelos (Buffer / Open). Ejemplo de inversión de los mismos datos con distintos parámetros

Una vez definido el primer modelo de búfer, se puede borrar el modelo actual en el editor de modelos y crear el siguiente para guardarlo en el siguiente modelo de búfer.

Si el modelo de búfer seleccionado no está vacío, el programa preguntará si se desea abrir ese modelo de búfer (**From Buffer**) o guardar en su lugar el modelo actual (**To buffer**). Si se selecciona **From Buffer**, el modelo del búfer sustituirá al modelo activo actual en el editor de secciones.

El botón **Buffer/Open** permite ver en una misma ventana todos los modelos creados, lo que resulta práctico para compararlos.

Ventana de construcción del modelo geológico-geofísico

Para construir un modelo geológico-geofísico (realizar la interpretación geológica), se utiliza la ventana del editor de modelos geológicos **Geological editor**, que se abre desde el menú **Options / Geological editor**. El editor permite crear interactivamente un modelo geológico a partir del modelo

actual del proyecto, los datos de pozos, los datos de otros programas del paquete **Zond** y la información ráster de fondo; imprimir las secciones obtenidas a la escala especificada, y guardar y exportar los resultados de la interpretación.

Los resultados de la interpretación geofísica sirven como una imagen de fondo en color sobre la que se construye el modelo geológico. Durante la creación del modelo se delimitan objetos locales y capas, a los que luego se aplica la simbología geológica seleccionada por el intérprete. El módulo también permite mostrar datos de pozos, lo que simplifica considerablemente el proceso de construcción del modelo.

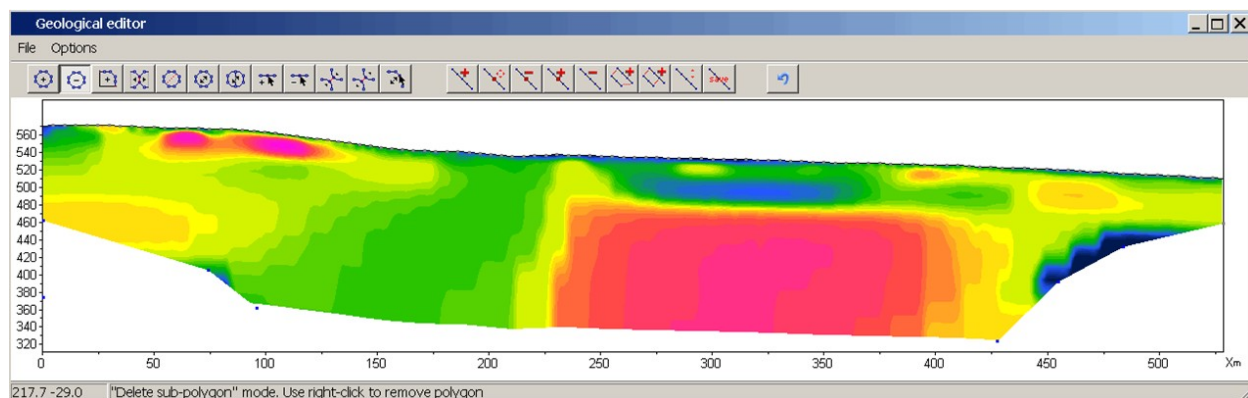


Fig. 87 Ventana del editor de modelos antes de comenzar a trabajar

Así, la tarea principal del módulo consiste en construir rápidamente secciones geológicas a partir de los resultados geofísicos y exportarlas posteriormente a un informe.

Antes de comenzar a trabajar, es necesario seleccionar con mucho cuidado el tipo de sección y sus ajustes gráficos. La mejor opción es representar la sección mediante isolíneas.

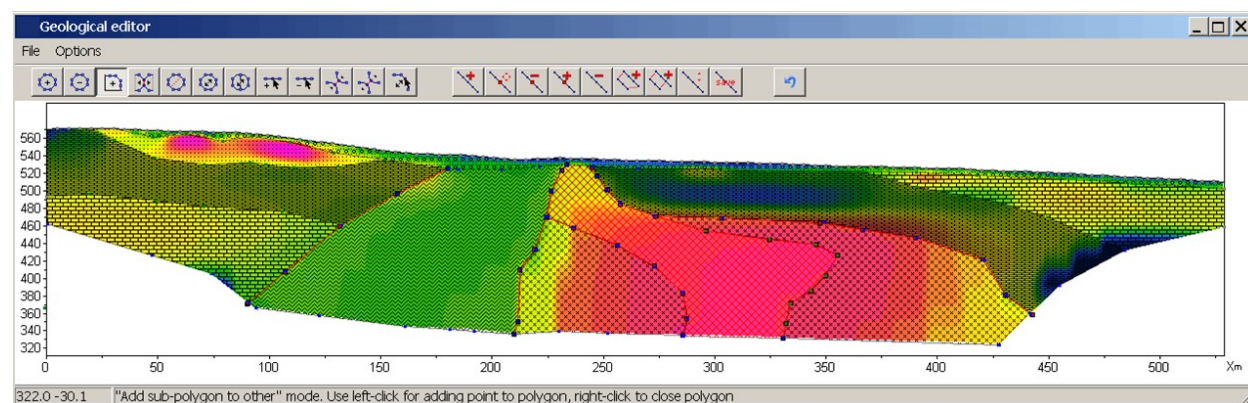


Fig. 88 Ventana del editor de modelos: sección de velocidades e interpretación geológica.

A continuación, se inicia la opción **Geological editor**, tras lo cual comienza el trabajo con la sección. Se definen cuerpos y capas en forma de polígonos cerrados y abiertos, y se les asignan colores y tramas.

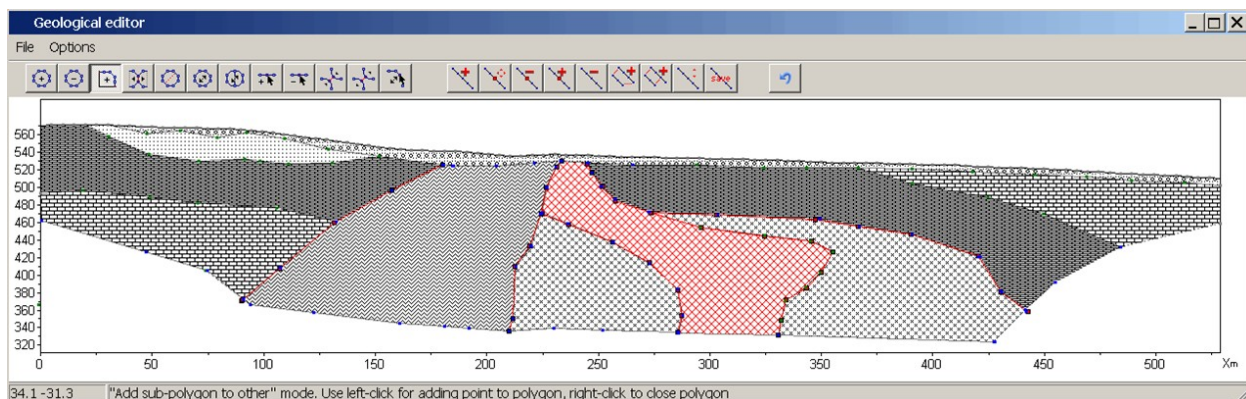


Fig. 89 Ventana del editor de modelos: sección geológica-geofísica obtenida a partir de los resultados de la interpretación

La barra de herramientas de la ventana **Geological editor** contiene botones para editar polígonos y líneas:

Herramienta	Opción
	Crear un polígono. Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón se añade un nuevo nodo a la polilínea, que constituye el límite del polígono. El límite se completa haciendo clic con el botón derecho del ratón; a continuación, la polilínea se cierra automáticamente.
	Eliminación de un polígono. Tras seleccionar la herramienta, se hace clic derecho en el polígono que se desea eliminar.
	Crear un polígono adyacente a un polígono existente o al límite del área de modelización. Después de seleccionar esta herramienta, se debe definir el límite que no sea adyacente al polígono existente. El primer y el último punto del límite definido deben pertenecer al límite de un cuerpo adyacente o al límite del área de modelización. El límite se completa haciendo clic con el

	botón derecho del ratón. El programa seleccionará automáticamente el límite adyacente o propondrá seleccionarlo mediante un cuadro de diálogo.
	Separar polígonos adyacentes. Si con la herramienta anterior se ha creado un modelo que contiene polígonos adyacentes, esta herramienta permite separarlos para poder modificar sus límites de forma independiente, moverlos o eliminarlos. Tras seleccionar la herramienta, se selecciona con el botón izquierdo del ratón el polígono que se desea separar (basta con hacer clic una vez en cualquier punto del polígono; sus límites cambiarán de color). El procedimiento de separación finaliza al hacer clic con el botón derecho.
	Dividir un polígono mediante una línea recta (crear dos polígonos a partir de uno). Se indica el primer punto de la línea con el botón izquierdo del ratón y, a continuación, el segundo con el botón derecho. Ambos puntos deben encontrarse en el límite del polígono que se va a dividir.
	Mover un polígono. El polígono se selecciona haciendo clic con el botón izquierdo del ratón. Al mover el ratón, el polígono se desplaza. La posición del polígono se fija haciendo clic con el botón derecho.
	Mover una parte del polígono
	Añadir un nodo. Para ello, se hace clic con el botón derecho del ratón en el punto del límite donde se desea añadir el nodo.
	Eliminar un nodo. Para ello, se hace clic con el botón derecho del ratón en el nodo que se desea eliminar.
	Vincular dos nodos (unificarlos en un único nodo común).
	Mover un nodo. El nodo se selecciona haciendo clic con el botón izquierdo del ratón; se mueve desplazando el ratón y el movimiento finaliza haciendo clic con el botón derecho.

	Desvincular puntos conectados. Este modo sirve para desvincular puntos conectados. Para desvincular puntos de un polígono conectado, se hace clic con el botón derecho del ratón en el punto. Como resultado de esta operación, un punto conectado se sustituye por varios puntos no conectados, cada uno perteneciente a su propio polígono. Los puntos de los polígonos cambian a color rojo cuando el cursor se acerca.
	Mover un punto. Este modo sirve para mover un punto del polígono. Para seleccionar el punto que se desea mover, se hace clic con el botón izquierdo del ratón; a continuación, el punto del polígono se desplaza siguiendo el cursor. Para fijar la nueva posición del punto, se hace clic con el botón derecho del ratón. Si la operación no es posible (es decir, si se cruzan algunos segmentos), el programa impide mover el punto y lo devuelve a su posición original. Los puntos situados en el límite del modelo solo se desplazan a lo largo de los bordes correspondientes. Los puntos del polígono cambian a color rojo cuando el cursor se acerca.

El cuadro de diálogo para configurar los parámetros gráficos del polígono se abre haciendo doble clic en su centro.

La barra de herramientas también contiene botones para crear y editar líneas:

	Añadir línea
	Mover nodo
	Eliminar nodo
	Añadir nodo
	Eliminar línea
	Mover línea
	Guardar los parámetros de la línea actual como parámetros predeterminados
	Deshacer la última acción

El menú **File** de la ventana **Geological editor** contiene las siguientes funciones:

File/Load polygons – cargar polígonos desde un archivo

File/Save polygons – guardar los polígonos del modelo actual en un archivo

File/Show background – mostrar la imagen de fondo

File/Remove background – ocultar la imagen de fondo del editor.

File/Print preview – abrir el cuadro de diálogo de impresión de la imagen.

Options / Get from modeling – cargar polígonos desde el modo de modelización poligonal

Options / Set model size – abrir el cuadro de diálogo para configurar las dimensiones del área del modelo

Options/Load borehole data – cargar datos de pozos desde un archivo

Options/Remove borehole data – eliminar del editor los datos de pozos

Options/Remove all polygons – eliminar todos los polígonos

Options / Draw cutted – recortar la imagen según el contorno de recorte del modelo

Options / Add interm nodes – añadir nodos intermedios a los límites de los polígonos

Options / Average in pols – asignar a los polígonos los valores medios de los parámetros de las celdas del modelo que se encuentran dentro de ellos

Options / Create apriori boundaries – crear límites a priori de inversión (Set boundaries) a partir de los límites de los polígonos

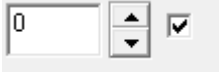
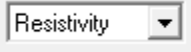
3D de modelos geoeléctricos a partir de varios perfiles

Si en el área de estudio se han realizado mediciones en varios perfiles próximos entre sí, conviene interpretarlos conjuntamente. Esto permite estudiar la distribución espacial de las estructuras identificadas y facilita la interpretación de cada perfil por separado, lo que ayuda a identificar los elementos más consistentes del modelo.

En el programa **ZondRes2D**, el módulo **3D section viewer**, que se abre mediante la opción de menú **Options/3D fence diagram**, permite visualizar conjuntamente los modelos de resistividad o cargabilidad obtenidos a partir de varios perfiles. Este módulo permite representar los modelos en el espacio (teniendo en cuenta la topografía) y generar mapas de distribución del parámetro seleccionado para una profundidad o cota absoluta especificada por el usuario.

La ventana de visualización tridimensional consta de tres pestañas: *Lines* (para definir las coordenadas de los perfiles; véase la figura siguiente), *3D View* (ventana de visualización del modelo) y *Options* (ajustes de visualización), así como una barra de herramientas (que proporciona acceso a parámetros adicionales y a las opciones para cargar, guardar y exportar el modelo tridimensional creado).

La ventana contiene los siguientes botones:

	Carga el mapa de la zona desde Internet. Para ello, las coordenadas de las estaciones deben especificarse en coordenadas UTM. Si se producen problemas de carga, introduzca una clave actualizada en el campo Bing maps api_key
	Construir secciones horizontales en Surfer.
	Vista preliminar de impresión
	Abrir el cuadro de diálogo para configurar los parámetros del modelo 3D
	Configuración de los parámetros de los ejes (véase la sección «Editor de ejes»)
	Rotar el modelo 3D
	Mostrar el plano horizontal. La profundidad del plano desde la superficie se establece en kilómetros en la ventana de la derecha 
	Al pulsar este botón, se establece la misma escala para todos los ejes. A la derecha aparece una ventana que permite definir la relación entre las escalas de cada eje.
	Definir el parámetro que se representará (resistividad o cargabilidad)

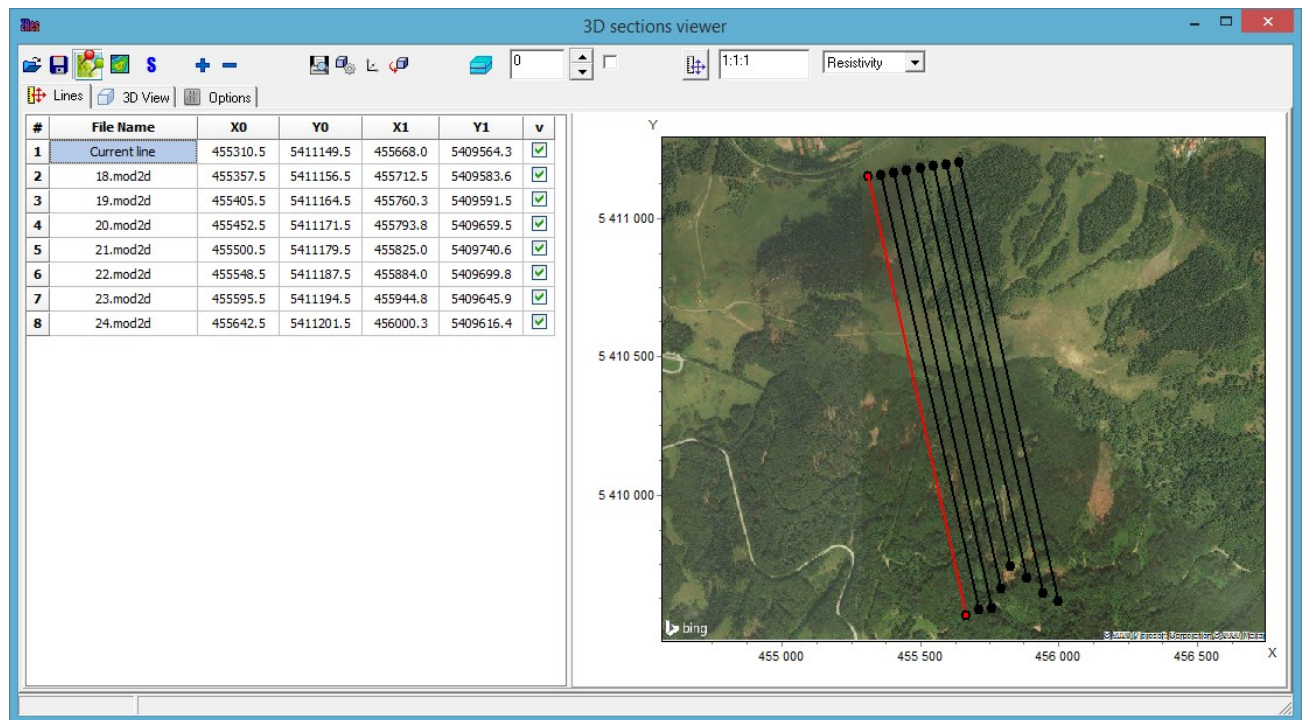
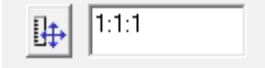


Fig. 90 Pestaña Lines de la ventana 3D sections viewer

La pestaña **Lines**, permite añadir perfiles e introducir sus coordenadas. Cada perfil ocupa una fila de la tabla. Para añadir un perfil a la tabla, haga clic con el botón derecho en una celda vacía de la primera columna y seleccione el archivo correspondiente. Para la visualización tridimensional, el programa utiliza archivos con la extensión *.mod2d, que se crean automáticamente al guardar el proyecto en formato **ZondRes2D**. Se puede añadir una fila vacía a la tabla o eliminar de ella un archivo innecesario mediante los botones  y  de la barra de herramientas. Las columnas X0, Y0, X1, Y1 de la tabla contienen las coordenadas rectangulares del inicio y del final del perfil correspondiente (los perfiles curvilíneos se pueden definir mediante la opción XY/Edit topo). Cabe señalar que los perfiles pueden tener cualquier orientación relativa: pueden ser paralelos, no paralelos, cruzarse o no cruzarse. El plano de los perfiles se muestra en la parte derecha de la pestaña Lines a medida que se introducen las coordenadas. La última columna de la tabla permite ocultar los perfiles seleccionados cuando sea necesario.

La pestaña Options permite configurar los parámetros de visualización: la escala de colores y las escalas de cada eje. La relación entre las escalas también se puede establecer mediante el campo  de la barra de herramientas. El campo de valores contiene las escalas de visualización de cada eje. Al pulsar el botón  se activa el modo de configuración personalizada de las escalas de los ejes.

El modelo tridimensional se muestra en la pestaña **3D View** (véase la figura siguiente).

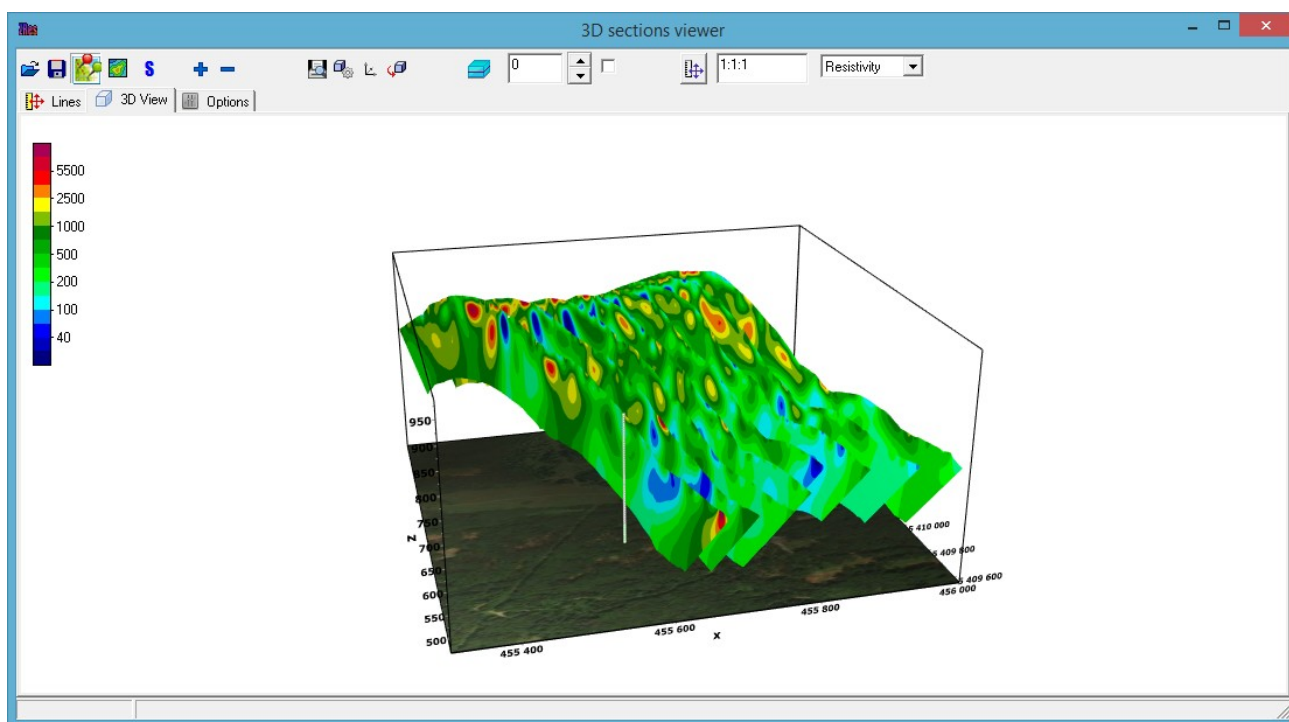


Fig. 91 Pestaña 3D View de la ventana 3D section viewer. Visualización tridimensional

La configuración de cada eje por separado se realiza mediante los cuadros de diálogo que se abren con el botón  de la barra de herramientas. El cuadro de diálogo correspondiente permite cambiar las propiedades de las etiquetas de los ejes, configurar la visualización de la cuadrícula, establecer los títulos de los ejes, etc.

Se accede a los ajustes relacionados con la imagen tridimensional del modelo (tipos de proyección, escalas, ángulo de rotación, desplazamiento de todo el modelo en coordenadas de pantalla, etc.) mediante el botón .

También se puede manipular el modelo con el ratón: manteniendo pulsado el botón izquierdo, se puede girar libremente. La rueda del ratón ajusta la escala. Al pulsar el botón , el modelo gira automáticamente alrededor de su centro geométrico.

Una opción útil es la posibilidad de construir una sección horizontal. Se accede a esta opción mediante el conjunto de herramientas  50   de la barra de herramientas. La opción de selección situada a la derecha del campo de entrada indica si, al construir la sección, se utilizará una cota de altura absoluta o una profundidad desde la superficie. Se muestra un ejemplo en la figura siguiente.

El botón **3D options** abre el menú: **Axes settings** (X-Axis, Y-Axis, Z-Axis); **Type plotting** (Fence diagram, XY planes, Isosurfaces); **Set isoplanes** y **Set isosurfaces** (Smoothness, Z

detailization); **3D options**; **Transparency** – transparencia en función del valor del parámetro (ventana **Opacity vs parameter value**); **Rotate plot**; **Create video** (ventana **Record video**: inicio y detención de la grabación y la rotación); **Copy slice to map**; **Remove slice**. El botón **Multi sections** muestra las secciones de todos los perfiles en una sola ventana.

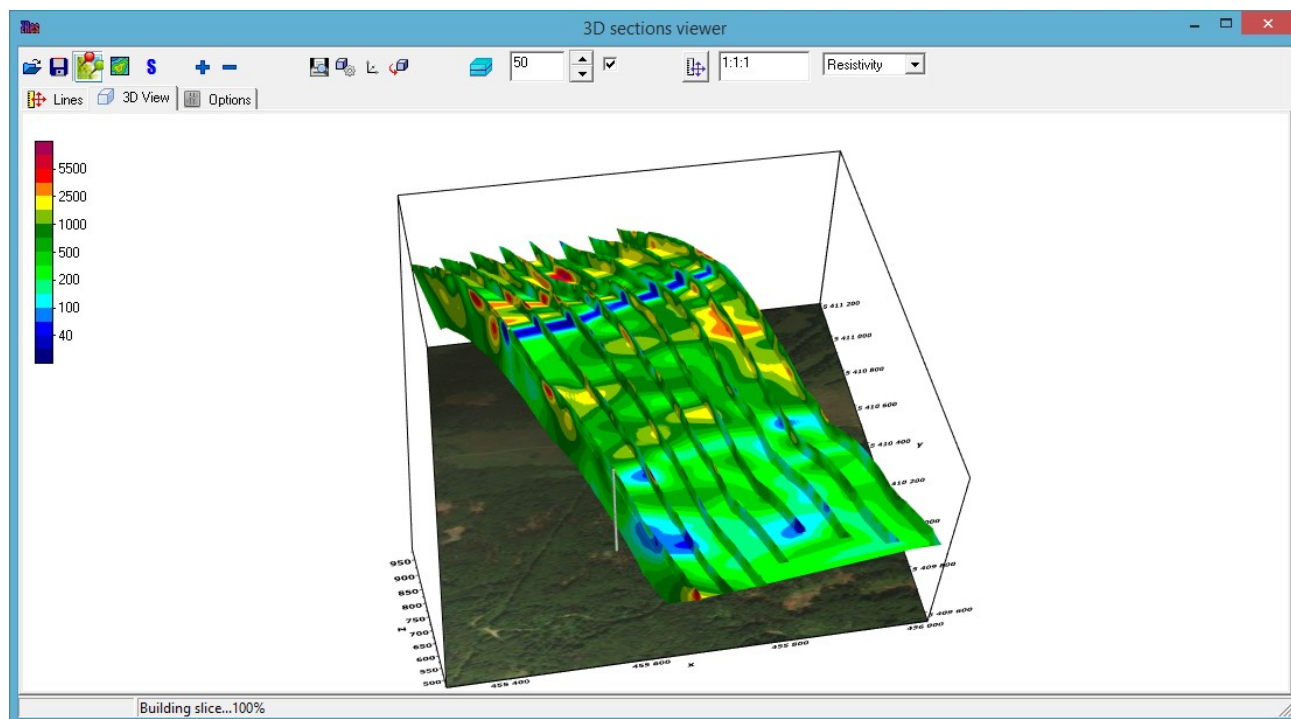


Fig. 92 Pestaña 3D View de la ventana 3D sections viewer. Mapa de resistividad a una profundidad determinada desde la superficie



- construir una sección XY para la profundidad especificada.



El botón permite cargar una imagen de fondo de Bing (servicio cartográfico Bing); en este caso, las coordenadas deben estar en formato UTM.



El botón permite construir secciones XY para una profundidad determinada y exportarlas a Surfer.

El conjunto de modelos de 3D section viewer se puede guardar y volver a abrir posteriormente mediante los botones  y . Si en el cuadro de diálogo de guardado se selecciona XY plane, el programa crea un archivo de texto *.dat para la sección de profundidad actual. Este archivo se puede utilizar en programas externos, como Surfer. Al guardar en formato Voxler 3d grid, el programa crea un archivo de texto *.dat que contiene los datos de todo el modelo.

La impresión de la ventana del modelo se realiza haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas.

La pestaña **Options** de la ventana **3D sections viewer** permite configurar la escala de colores del modelo 3D, la relación de escalas X, Y, Z, la visualización de los pozos (**Boreholes**) y la profundidad máxima de las secciones desde la superficie (**Maximal depth for sections**).

Guardado de resultados

El resultado de la interpretación del perfil de datos se almacena en un archivo binario con formato **ZondRes2D** (extensión *.z2d). En este archivo se guardan los datos de campo, los valores de los pesos relativos de las mediciones, el modelo actual del medio y mucho más. Al volver a cargarlo, se utilizan los datos del archivo para crear el modelo del medio.

Para guardar el resultado de la interpretación, se puede hacer clic en el botón  de la barra de herramientas o seleccionar la opción de menú correspondiente **File / Save file**. En el cuadro de diálogo que aparece también se puede seleccionar el formato de datos para guardar los valores observados (*Observed*) o calculados (*Calculated*) de resistividad aparente y cargabilidad para el modelo actual, así como las imágenes (*Model, WorkSheet*) en formato *.BMP con la escala deseada. La escala de la imagen se puede configurar mediante el cuadro de diálogo **Picture settings** del menú **Options / Graphics / Bitmap output settings**.

El cuadro de diálogo **Picture settings** permite configurar la escala vertical **Vertical scale** (en metros por centímetro), la escala horizontal **Horizontal scale** (en metros por centímetro), la resolución de la imagen exportada **Print resolution** (en DPI) y el tamaño de fuente **Font size**. Estos ajustes se aplican al modelo (BMP) guardado en formato Model, si la opción **Automatic** está desactivada. De lo contrario, la imagen se guarda tal como aparece en la pantalla.

En la tabla se muestran los formatos de archivo disponibles para guardar:

Zond project data	Guardar los valores medidos, el modelo actual y todos los ajustes en un archivo de proyecto.
Zond calculated data	Guardar los valores calculados en un archivo de datos de texto.
Zond observed data	Guardar los valores observados en un archivo de datos de texto.
Zond model with calculated	Guardar los valores medidos, el modelo actual del medio y todos los ajustes en un archivo de proyecto. En este modo, los valores

	observados se sustituyen por los calculados. Esto resulta muy útil para probar la inversión con distintos modelos.
ProfileR observed data	Guardar los valores medidos en el formato del programa ProfileR.
ProfileR calculated data	Guardar los valores calculados en el formato del programa ProfileR.
Res2dInv observed data	Guardar los valores medidos en el formato del programa Res2dInv.
Res2dInv calculated data	Guardar los valores calculados en el formato del programa Res2dInv.
Worksheet	Guardar las tres secciones gráficas de la ventana en formato BMP.
Model	Guardar la sección gráfica inferior de la ventana en formato BMP. Para configurar la escala de la imagen, se debe utilizar el cuadro de diálogo Picture settings .
Program configuration	Guardar los parámetros de inversión del programa.
Grid file	Guardar los datos del modelo para el programa Surfer: valores en un archivo de texto *.dat (resistividades y logaritmos de resistividades, cargabilidad), el contorno de recorte (archivo *.bln) y la escala de colores (archivo *.lvl).
Section file	Guardar el modelo actual en el formato gráfico del programa, con georreferenciación basada en las coordenadas de las esquinas de la imagen, no en coordenadas geográficas.

Al guardar el proyecto, se crea automáticamente un archivo c con extensión *.mod2d, que contiene la descripción del modelo. Este archivo se utiliza para importar el modelo en otros proyectos de **ZondRes2D** (**Options / Import/Export / Import model/data**) o en otros programas del paquete **Zond**.

Funciones adicionales de exportación a Excel

En esta sección se muestran funciones adicionales de importación y exportación de archivos tabulares, y se describe detalladamente la opción para añadir datos de registros de pozo y litología a la sección.

Exportación de datos observados a un archivo tabular de Excel

La exportación de datos observados a un archivo tabular de Excel se realiza mediante la opción de menú **Options / Import/Export / Export to Excel / Data levels**. Los datos se agrupan por coeficiente de dispositivo. Los datos de cada uno se describen en tres filas: la fila que comienza con «Level (K, 1/m)» contiene el valor del coeficiente de dispositivo; la fila que comienza con «X, m» describe las distancias a lo largo del perfil para cada punto de exportación (coordenadas de los puntos de registro); la fila que comienza con «appres» contiene los valores de resistividad aparente correspondientes al coeficiente de dispositivo y a los puntos de registro indicados.

Exportación del modelo geoelectrico a un archivo tabular de Excel

La exportación del modelo geoelectrico a un archivo tabular de Excel se realiza mediante la opción **Options / Import/Export / Export to Excel / Model**. En el archivo de Excel creado, el modelo geoelectrico se representa como una matriz cuyas filas corresponden a las coordenadas horizontales de las celdas y cuyas columnas corresponden a las coordenadas verticales (véase la figura siguiente).

La columna izquierda contiene los valores de los niveles (centros) de los bloques en vertical; la fila que comienza con la celda «X» contiene las coordenadas horizontales de los centros de las celdas; la fila que comienza con la celda «Elev» contiene los valores de la topografía en los puntos correspondientes.

Configuración de los parámetros gráficos

Cuadro de diálogo para configurar la imagen exportada

El cuadro de diálogo *Picture settings*, con la opción *Automatic* desactivada, permite configurar la escala vertical *Vertical scale*, la escala horizontal *Horizontal scale*, la resolución de la imagen exportada *Print resolution* en dpi y el aumento del tamaño de fuente *Font size*; las escalas se expresan como 1:N (metros por centímetro de imagen).

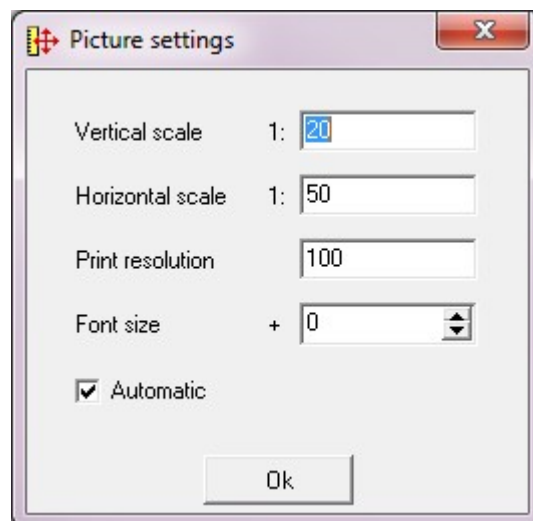


Fig. 93 Cuadro de diálogo Picture settings.

Cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la sección de contornos y la pseudosección

El cuadro de diálogo se abre desde el menú contextual (**Setup**) del área de la sección de contornos.

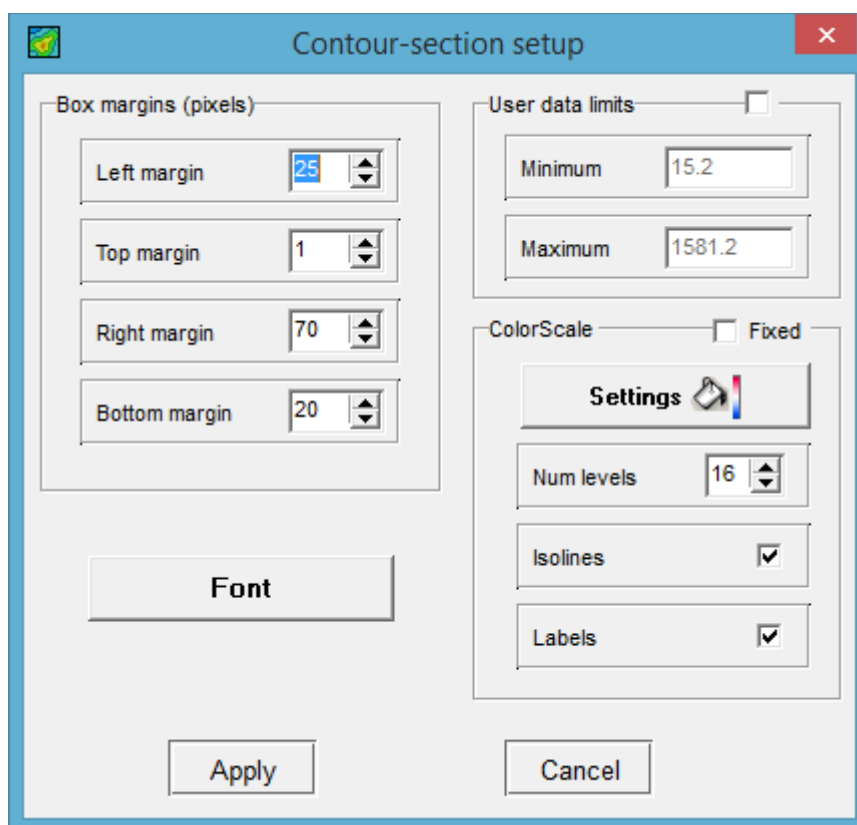


Fig. 94 Cuadro de diálogo «Contour-section setup»

El cuadro de diálogo sirve para configurar los parámetros de la sección de contornos y del mapa de isolíneas.

Área *Box margins*:

El campo **Left margin** establece el margen (en píxeles) entre la imagen y el borde izquierdo de la ventana.

El campo **Right margin** establece el margen (en píxeles) entre la imagen y el borde derecho de la ventana.

El campo **Top margin** establece el margen (en píxeles) entre la imagen y el borde superior de la ventana.

El campo **Bottom margin** establece el margen (en píxeles) entre la imagen y el borde inferior de la ventana.

La opción **User data limits** indica al programa si debe utilizar los valores mínimo y máximo de los datos o los valores de los campos Minimum y Maximum al definir los intervalos de las isolíneas.

El campo **Minimum** establece el valor mínimo al definir los intervalos de las isolíneas.

El campo **Maximum** establece el valor máximo al definir los intervalos de las isolíneas.

Área *ColorScale*:

Settings establece la paleta de colores (véase la figura siguiente):

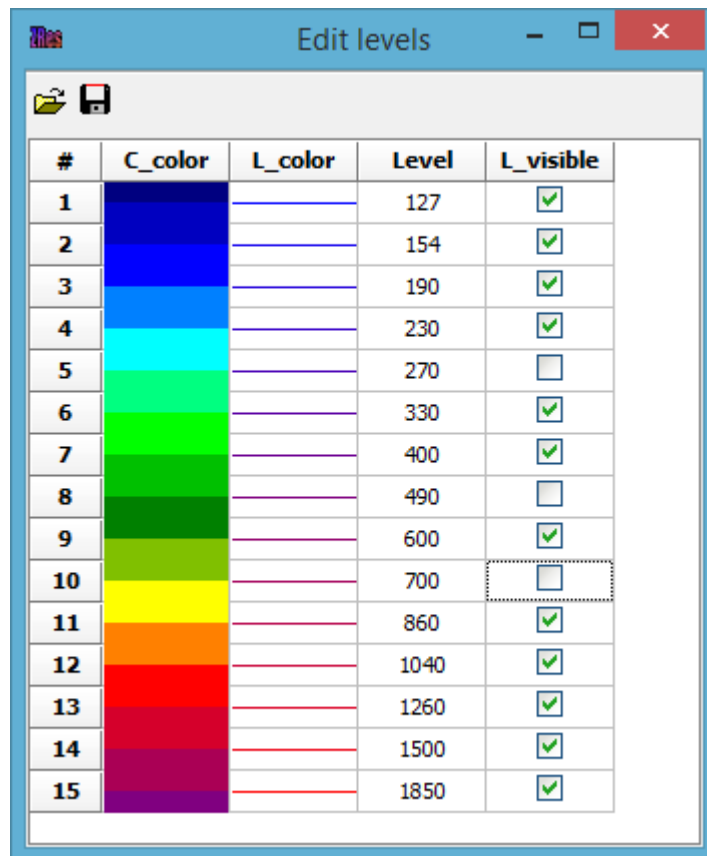


Fig. 95 Cuadro de diálogo «Edit levels»

Al hacer clic derecho en los encabezados de la tabla, se abre un menú adicional:

C_color abre la ventana para editar el color de la escala de valores.

L_color abre la ventana para editar el color de las marcas de la escala de colores.

Level abre la ventana para editar los límites de la escala de colores.

El cuadro de diálogo permite editar los colores, los parámetros de las isolíneas, los valores de los parámetros y la visualización de un color concreto. Es posible cargar y guardar paletas de colores en formato *.clr de Surfer.

El campo **Num levels** define el número de intervalos de isolíneas. Los intervalos se establecen con un paso lineal o logarítmico uniforme, según el tipo de datos.

La opción **Isolines** indica al programa si debe dibujar isolíneas.

La opción **Labels** indica al programa si debe dibujar etiquetas para las isolíneas.

La opción **Fixed** fija la configuración de la escala de colores.

La opción **Options / Graphics / Set user isolines** abre la ventana **Set isolines** con un histograma de los valores del modelo: el clic izquierdo añade una isolínea y el clic derecho la elimina. Botones: **Equidistance between lines** establece un espaciado uniforme, **Remove all isolines** las elimina todas, **Apply** hace que en la sección de contornos se dibujen únicamente las isolíneas seleccionadas.

El botón **Font** abre el cuadro de diálogo para configurar la fuente de la leyenda.

Cuadro de diálogo para configurar la paleta

El cuadro de diálogo sirve para configurar la paleta del objeto del programa y se abre mediante el botón **Palette**. Permite seleccionar una de las paletas predeterminadas (Rainbow, Inverse rainbow, Gray scale, R-W-B, B-W-R, Standard, Res2dinv, WinGlink) o crear una escala personalizada. Para añadir un deslizador a la escala, haga clic con la tecla Ctrl pulsada; para eliminarlo, haga clic sobre el deslizador con Ctrl pulsada o pulse Delete. Si se desactiva la opción **Continuous**, la paleta se muestra en tramos; el número de tramos se establece en el campo **N step** (4–50). También es posible guardar una paleta personalizada con el botón  o cargar una existente con el botón .

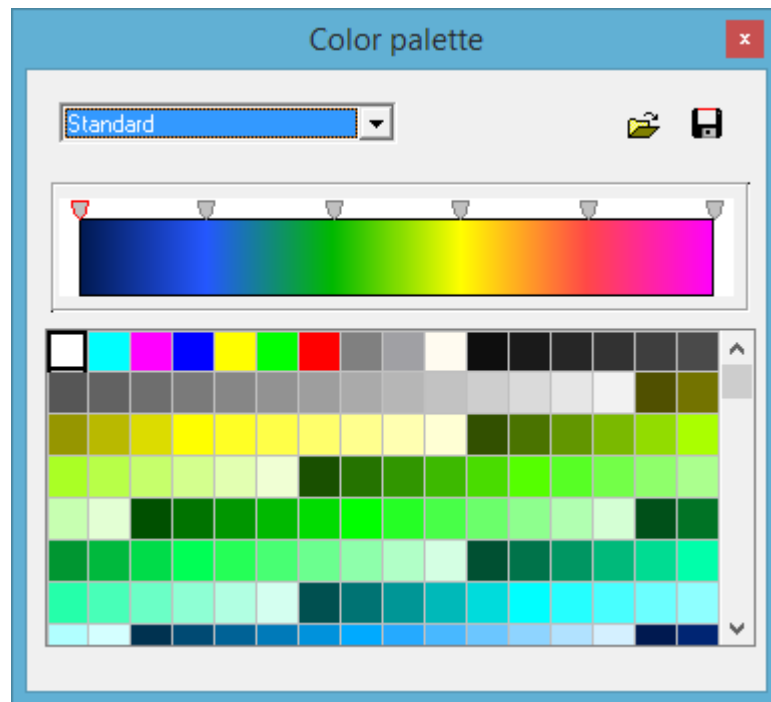


Fig. 96 Cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la paleta

La paleta se puede cambiar, editar, cargar desde un archivo y guardar en un archivo en formato *.clr de Surfer.

Editor del conjunto de gráficos

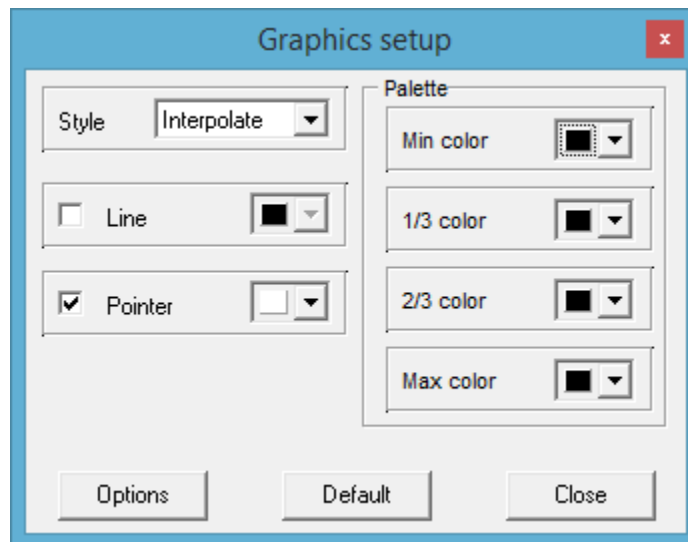


Fig. 97 Editor del conjunto de gráficos

El editor sirve para configurar la secuencia de colores de un conjunto de gráficos.

La opción *Style* establece el algoritmo para asignar la paleta de colores a los gráficos.

Al seleccionar el valor *Interpolate*, se utiliza una paleta de interpolación creada a partir de los colores especificados en las opciones: *min color*, *1/3 color*, *2/3 color* y *max color*. El valor *const* establece el mismo color (opción *color*) para todos los gráficos. El valor *random* asigna colores aleatorios a todos los gráficos

La opción *Line* permite establecer un color específico para las líneas que conectan los gráficos. Si la opción está desactivada, se utiliza el color de la paleta; de lo contrario, se utiliza el color especificado en *Line*.

La opción *Pointer* permite establecer un color específico para el relleno de los marcadores de los gráficos. Si la opción está desactivada, se utiliza el color de la paleta; de lo contrario, se utiliza el color especificado en *Pointer*.

La opción **Stepped** activa una paleta escalonada para los gráficos; el número de niveles se establece en el campo **Numb steps** (2–20).

El botón [Options] abre el cuadro de diálogo de configuración del gráfico.

El botón [Default] restablece la configuración de los gráficos a los valores predeterminados.

Editor de gráficos

El editor permite configurar el aspecto del gráfico. Se puede abrir haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el gráfico mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT.

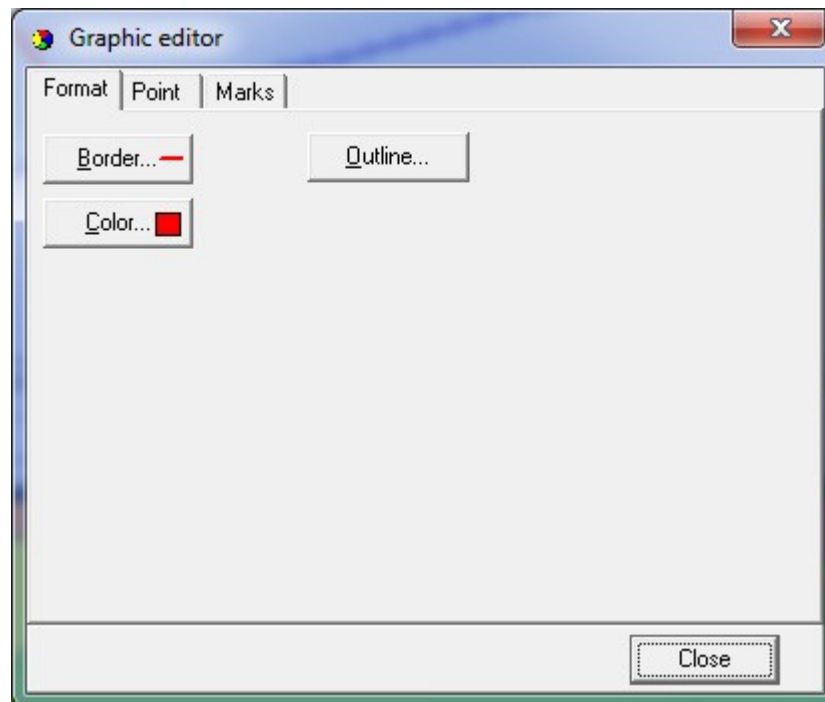


Fig. 98 **Cuadro de diálogo del editor de configuración de gráficos**

La pestaña **Format** contiene la configuración de las líneas que conectan los puntos del gráfico.

El botón **Border** abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de las líneas que conectan los puntos del gráfico.

El botón **Color** abre el cuadro de diálogo para seleccionar el color del gráfico.

El botón **Outline** abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros del contorno de las líneas que conectan los puntos del gráfico.

La pestaña **Point** contiene la configuración de los marcadores del gráfico.

La opción **Visible** permite mostrar u ocultar los marcadores del gráfico.

La opción **Error gates** permite mostrar u ocultar el intervalo de confianza.

La opción **Style** establece la forma del marcador.

La opción **Width** establece el ancho del marcador en unidades de pantalla.

La opción **Height** establece la altura del marcador en unidades de pantalla.

El botón **Pattern** abre el cuadro de diálogo para seleccionar los parámetros de relleno del marcador.

El botón **Border** abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la línea del contorno del marcador.

La pestaña **Marks** contiene la configuración de las etiquetas de los marcadores del gráfico.

La pestaña **Style**:

La opción **Visible** permite mostrar u ocultar las etiquetas de los marcadores del gráfico.

La opción **Draw every** permite dibujar una de cada dos, tres, etc., etiquetas, en función del valor seleccionado.

La opción **Angle** determina el ángulo de rotación del texto de las etiquetas de los marcadores.

La opción **Clipped** establece si se debe dibujar la etiqueta de un marcador cuando queda fuera del área del gráfico.

La pestaña **Arrows** permite configurar el aspecto de la flecha que va desde la etiqueta hasta el marcador.

El botón **Border** abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la línea de la flecha.

La opción **Length** establece la longitud de la flecha.

La opción **Distance** establece la distancia entre la punta de la flecha y el marcador del gráfico.

La pestaña **Format** contiene la configuración gráfica del marco alrededor de la etiqueta del marcador.

El botón **Color** abre el cuadro de diálogo para seleccionar el color de fondo del marco.

El botón **Frame** abre el cuadro de diálogo para configurar la línea del marco.

La opción **Round Frame** permite mostrar el marco con las esquinas redondeadas.

La opción **Transparent** establece el grado de transparencia del marco.

La pestaña **Text**:

El botón **Font** abre el cuadro de diálogo para configurar la fuente de las etiquetas de los marcadores.

El botón **Outline** abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de contorno de las letras de las etiquetas de los marcadores.

Editor de ejes

Muchos objetos del programa contienen ejes de coordenadas. Para configurar su aspecto y escala se utiliza el editor de ejes. Se puede abrir haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el eje deseado mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT (véase la figura siguiente).

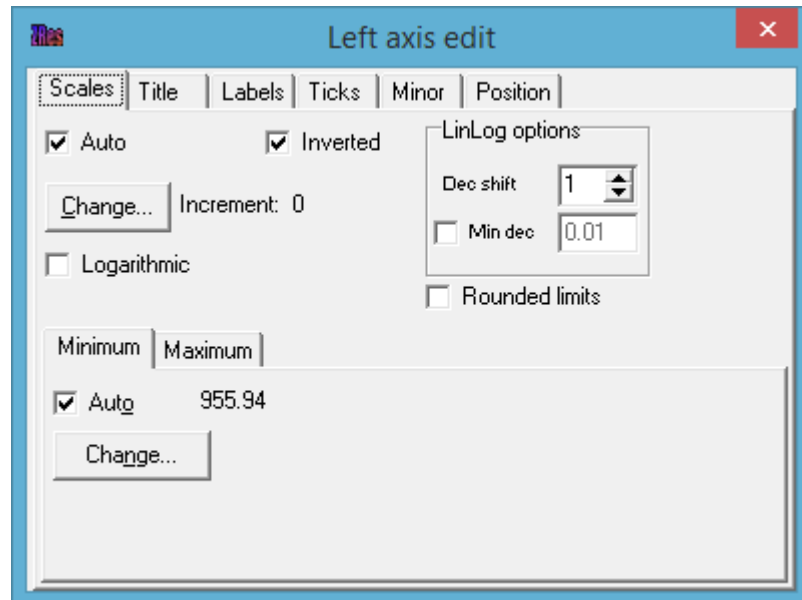


Fig. 99 Ejemplo del cuadro de diálogo del editor del eje izquierdo

Se muestra entonces un menú contextual con tres opciones: *options*, *default* y *fix range*. La primera abre el cuadro de diálogo y la segunda restablece los valores predeterminados.

La primera pestaña del cuadro de diálogo, **Scales**, contiene opciones relacionadas con la configuración de la escala del eje.

La opción **Auto** indica al programa cómo determinar los valores mínimo y máximo del eje. Si está activada, los límites del eje se calculan automáticamente; de lo contrario, se especifican en los campos **Minimum** y **Maximum**.

La opción **Inverted** determina la orientación del eje.

El botón **Increment change** abre el cuadro de diálogo para especificar el intervalo entre las marcas del eje.

La opción **Logarithmic** establece la escala del eje como logarítmica o lineal. En el caso de un eje con valores de ambos signos, también se deben utilizar las opciones del área **Lin Log options**.

El área **Lin Log options** contiene opciones para configurar un eje lineal-logarítmico. La escala lineal-logarítmica permite representar datos con valores de ambos signos o que incluyen el cero en una escala logarítmica.

La opción **Dec Shift** establece el desplazamiento (en décadas logarítmicas) desde el límite del eje de mayor valor absoluto hasta el cero. La década mínima (anterior al cero) tiene una escala lineal; las demás, una escala logarítmica.

La opción **Min dec** establece y fija el valor de la década mínima (anterior al cero) cuando está activada.

La opción **Rounded limits** indica al programa si debe redondear los valores mínimo y máximo del eje.

Los campos **Minimum** y **Maximum** contienen un conjunto de opciones para configurar los límites de los ejes.

La opción **Auto** determina cómo se establece el límite del eje: automáticamente o mediante el botón **Change**.

La pestaña **Title** contiene opciones relacionadas con la configuración del título del eje.

La pestaña **Style**:

La opción **Title** define el texto del título del eje.

La opción **Angle** define el ángulo de rotación del texto del título del eje.

La opción **Size** define el desplazamiento del texto del título del eje. Si se establece en 0, el desplazamiento se determina automáticamente.

La opción **Visible** permite mostrar u ocultar el título del eje.

La pestaña **Text**:

El botón **Font** abre el cuadro de diálogo para configurar la fuente del título del eje.

El botón **Outline** abre el cuadro de diálogo para configurar los contornos de las letras del título del eje.

La pestaña **Labels** contiene opciones relacionadas con la configuración de las etiquetas del eje.

La pestaña **Style**:

La opción **Visible** permite mostrar u ocultar las etiquetas del eje.

La opción **Offset** define el desplazamiento de las etiquetas del eje. Si se establece en 0, el desplazamiento se determina automáticamente.

La opción **Angle** define el ángulo de rotación del texto de las etiquetas del eje.

La opción **Min separation%** establece la distancia mínima porcentual entre las etiquetas.

La pestaña **Text**:

El botón **Font** abre el cuadro de diálogo para configurar la fuente de las etiquetas del eje.

El botón **Outline** abre el cuadro de diálogo para configurar los contornos de las letras de las etiquetas del eje.

La pestaña **Ticks** contiene opciones relacionadas con la configuración de las marcas principales del eje.

El botón **Axis** abre el cuadro de diálogo para configurar la línea del eje.

El botón **Grid** abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de la cuadrícula de las marcas principales del eje.

El botón **Ticks** abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de las marcas principales exteriores del eje. La opción **Len** establece su longitud.

El botón **Inner** abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de las marcas principales interiores del eje. La opción **Len** establece su longitud.

La opción **At labels only** indica al programa que dibuje las marcas principales solo cuando haya una etiqueta en el eje.

La pestaña **Minor** contiene opciones relacionadas con la configuración de las marcas secundarias del eje.

El botón **Grid** abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de la cuadrícula de las marcas secundarias del eje.

El botón **Ticks** abre el cuadro de diálogo para configurar las líneas de las marcas secundarias exteriores del eje. La opción **Length** establece su longitud.

La opción **Count** establece el número de marcas secundarias entre las principales.

La pestaña **Position** contiene opciones que definen las dimensiones y la posición del eje.

La opción **Position%** establece el desplazamiento del eje en el gráfico respecto a su posición estándar (como porcentaje del tamaño del gráfico o en unidades de pantalla, según el valor seleccionado en la opción Units).

La opción **Start%** establece el desplazamiento del inicio del eje en el gráfico respecto a su posición estándar (como porcentaje del tamaño del gráfico).

La opción **End%** establece el desplazamiento del final del eje en el gráfico respecto a su posición estándar (como porcentaje del tamaño del gráfico).

Cuadro de diálogo para configurar los parámetros de visualización del modelo

El cuadro de diálogo para configurar los parámetros de visualización del modelo se abre al seleccionar **Setup** con el botón derecho del ratón en la parte superior de la ventana del modelo. La pestaña **Options** (véase la figura siguiente).

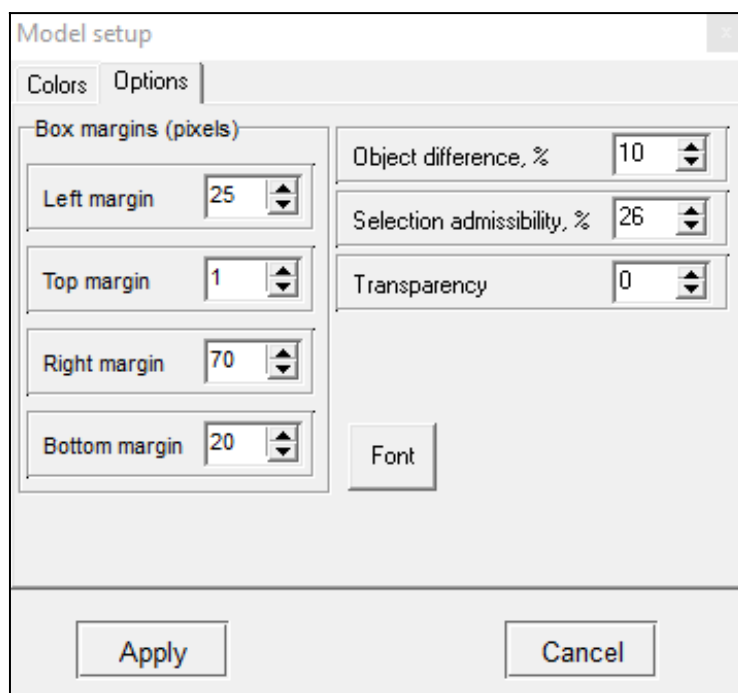


Fig. 100 Cuadro de diálogo «Model setup», pestaña Options

Área *Box margins*:

Campo **Left margin**– establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde izquierdo de la ventana.

Campo **Right margin**– establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde derecho de la ventana.

Campo **Top margin** – establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde superior de la ventana.

Campo **Bottom margin**– establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde inferior de la ventana.

Área **Object difference, %** - establece el valor máximo de la relación entre los parámetros de celdas adyacentes; si se supera, se dibuja un límite entre ellas.

Área **Selection admissibility, %** - establece el nivel admisible de diferencia entre los parámetros de celdas adyacentes para que se consideren un único objeto y se seleccionen conjuntamente (en el modo de selección MagicWand).

Área **Transparency** establece la transparencia.

El botón **Font** abre el cuadro de diálogo para configurar la fuente.

La pestaña **Colors** (véase la figura siguiente).

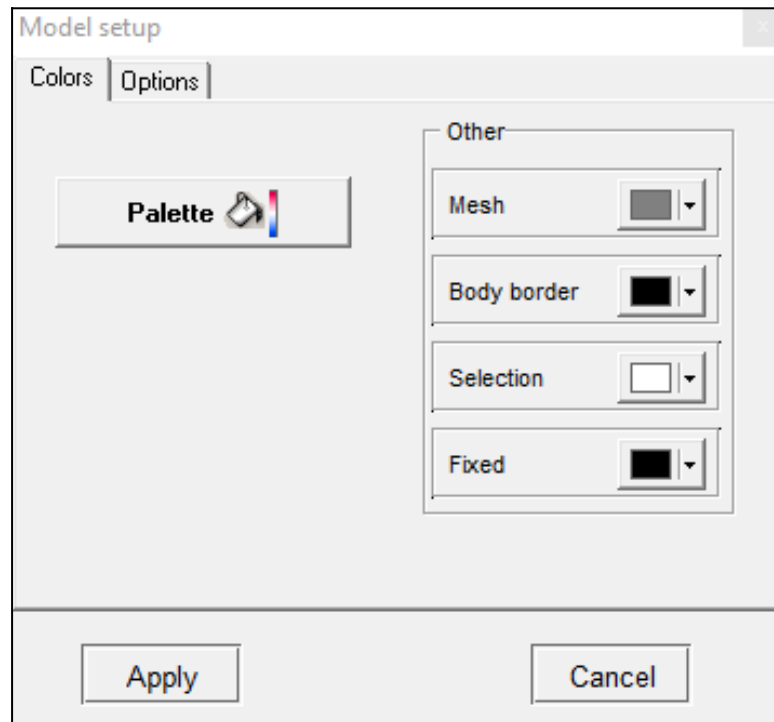


Fig. 101 Cuadro de diálogo «Model setup», pestaña Colors

El botón **Palette** – establece la paleta de colores.

Área **Other**:

Body border– permite definir el color del límite entre celdas adyacentes.

Mesh – establece el color de la malla.

Selection – establece el color de la marca de la celda seleccionada.

Fixed – establece el color de la marca de la celda fijada.

Cuadro de diálogo de vista previa de impresión (Print preview)

La vista previa de impresión se puede abrir desde el menú principal del programa mediante **File/Print preview**.

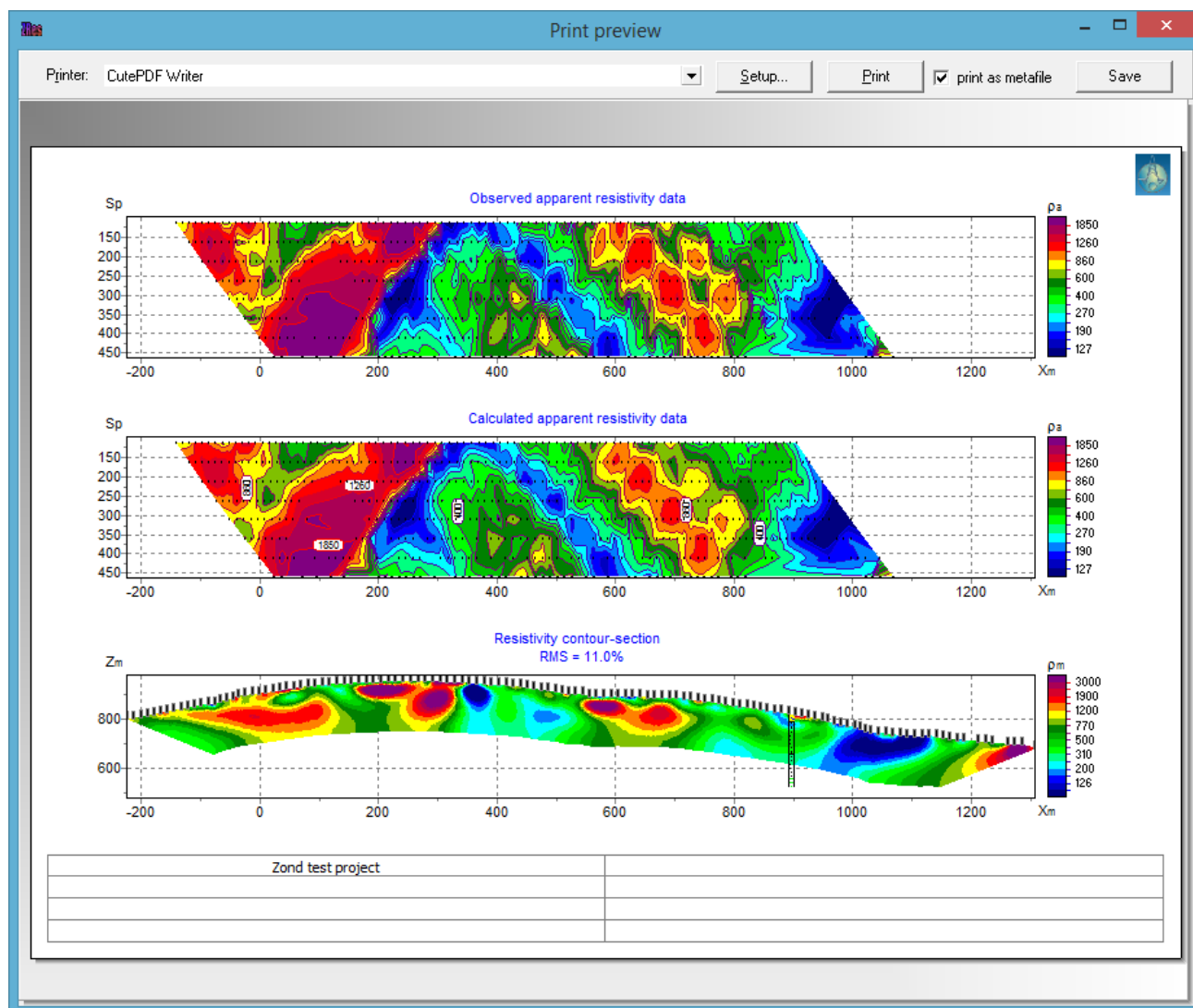


Fig. 102 Ventana Print preview

Para desplazar el objeto de impresión por la página, utilice el botón izquierdo del ratón.

En el menú principal de la ventana **Print Preview** se encuentran los siguientes botones

Printer: CutePDF Writer

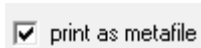
- selección de impresora para imprimir. En el menú desplegable se puede seleccionar una de las impresoras configuradas.

Setup...

- botón de configuración de impresión. En la ventana que se abre se pueden seleccionar el tamaño y la orientación del papel, las propiedades de impresión, el número de páginas por hoja y otros parámetros.



- con este botón, una vez modificados los parámetros necesarios, se puede enviar el dibujo a imprimir.



- enviar a imprimir o guardar la imagen en formato vectorial.



- guardar en bitmap files.

Los cuadrados de la parte superior de la hoja están destinados a sellos, timbres o emblemas de la empresa. Haga clic con el botón derecho en un cuadrado y, en la ventana que aparece, seleccione la imagen rasterizada que desea insertar. El tamaño de los cuadrados se puede modificar con el ratón.

En la parte inferior de la hoja hay una tabla editable. Para añadir texto, haga clic con el botón derecho en el área de la tabla y escriba el texto necesario en la ventana que aparece. También se pueden guardar todos los comentarios en table files haciendo clic en el botón , o cargar rótulos guardados anteriormente haciendo clic en el botón .

Referencias

1. Dey, A. and Morrison, H.F. [1979] Resistivity modeling for arbitrary shaped two-dimensional structures. *Geophysical Prospecting* 27, 106-136.
2. Lowry, T., Allen, M.B. and Shive, P.N. [1989] Singularity removal: A refinement of resistivity modeling techniques. *Geophysics*, 54(6), 766-774
3. Xu, S.Z., Duan, B. and Zhang D. [2000] Selection of the wave numbers k using an optimization method for the inverse Fourier transform in 2.5D electrical modeling. *Geophysical Prospecting*, 48, 789-796.
4. Tsourles, P.I., Symanski, J.E. and Toskas, G.N. [1999] The effect of terrain topography on commonly used resistivity arrays. *Geophysics*, 64, 1357-1363.
5. Loke, M.H. [2000] Topographic modeling in resistivity imaging inversion. 62nd EAGE Conference & Technical Exhibition Extended Abstracts, D-2.
6. Constable, S.C., Parker, R.L., Constable, C.G. [1987] Occam's inversion: a practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data. *Geophysics*, 52, 289-300.

7. Marquardt, D.W. [1963] An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters: J. Soc. Indust. Appl. Math., 11, 431-441.
8. Portniaguine, O.N. and Zhdanov M.S. [1999] Focusing geophysical inversion images. Geophysics. V. 64. P. 874–887.
9. Khmelevskoy, V.K. [1997] Geophysical methods for studying the earth's crust. Dubna.

Materiales adicionales:

Tutoriales en vídeo en el canal de YouTube:

https://www.youtube.com/channel/UCGtprIIZkc9CsLfuz4VvmQ?view_as=subscriber

Grupo de asistencia en LinkedIn:

<https://www.linkedin.com/groups/6667336/>

Proyectos de demostración de Zond:

ftp://zond-geo.com/

Username: download@zond-geo.com

Password: 12345

Si el programa no funciona con el dongle USB:

1) El controlador del dongle no está instalado o no se ha instalado correctamente. En algunos sistemas, el dongle se reconoce correctamente como dispositivo HID, por lo que no es necesario instalar el controlador; en otros, no se reconoce y es necesario instalarlo. Enlace para descargar el controlador: http://senselock.ru/files/senselock_windows_3.1.0.0.zip. En el Administrador de dispositivos, el dongle debe aparecer como “Senselock Elite”

2) Ha finalizado el período de actualizaciones gratuitas. En este caso, se debe utilizar la última versión que funcione o adquirir dos años adicionales de actualizaciones.

3) A veces, al cambiar el dongle al modo HID, es posible que el sistema no lo reconozca como dispositivo HID. En ese caso, se debe volver a cambiar al modo USB mediante una pequeña aplicación que se puede descargar desde el siguiente enlace: <http://www.zond-geo.com/zfiles/raznoe/SenseSwitch.zip> “senseswitch.exe” se ejecuta desde cmd con el comando: senseswitch.exe usb