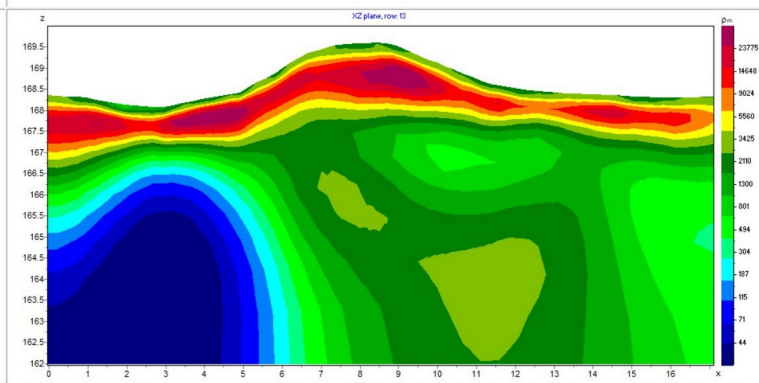
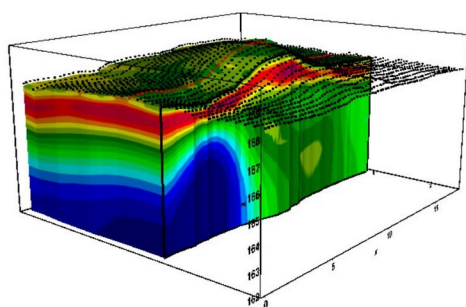
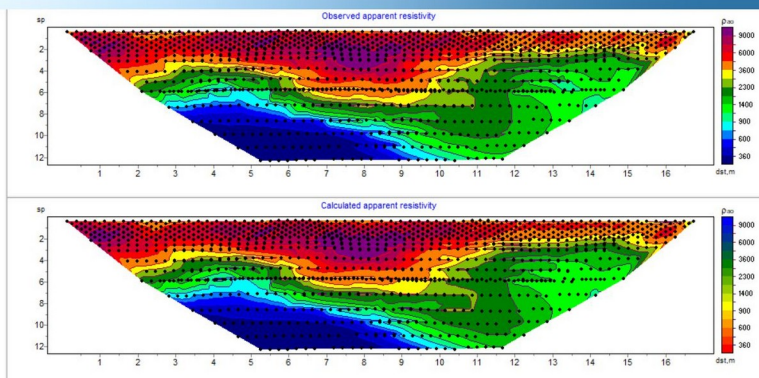
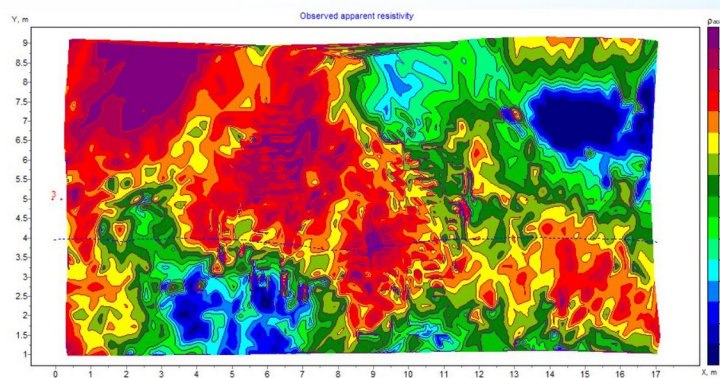


**Zond
Software**

ZondRes3D



Índice

<i>Introducción.....</i>	<i>5</i>
<i>Requisitos del sistema.....</i>	<i>5</i>
<i>Instalación y eliminación del programa.....</i>	<i>5</i>
<i>Breve introducción teórica.....</i>	<i>6</i>
<i>Inicio del trabajo con el programa.....</i>	<i>9</i>
Barra de acceso rápido.....	9
Submenú para trabajar con el modelo 3D.....	11
Descripción de las funciones del menú principal.....	12
Barra de estado.....	29
Teclas de acceso rápido.....	30
<i>Creación del diseño de adquisición.....</i>	<i>30</i>
<i>Carga de datos de campo desde archivos.....</i>	<i>39</i>
Formatos compatibles.....	39
Importación de datos de campo desde un archivo de texto arbitrario o una tabla de Excel.....	46
Editor de perfiles.....	48
Cuadro de diálogo de configuración de la malla del modelo.....	52
<i>Visualización de datos.....</i>	<i>62</i>
Gráfico de perfiles.....	63
Pseudosección.....	65
3D pseudosección.....	71
<i>Preparación de los datos para la inversión.....</i>	<i>72</i>
Módulo de control de calidad de los datos.....	72
<i>Modelización.....</i>	<i>79</i>
Edición del modelo.....	81

Almacenamiento y uso de datos del modelo.....	85
<i>Inversión de datos.....</i>	<i>86</i>
Configuración de los parámetros de inversión.....	86
Inversión de datos de tomografía entre pozos.....	98
Inversión de parámetros de IP.....	99
Inversión de datos de monitorización.....	100
Evaluación del error de ajuste tras la inversión.....	101
<i>Información a priori.....</i>	<i>101</i>
Uso de imágenes de fondo para modelos 2D y 3D.....	101
Creación de datos de pozo.....	103
<i>Resultados de la interpretación.....</i>	<i>108</i>
Modos y parámetros de visualización del corte del modelo.....	108
Modos y parámetros de visualización del modelo 3D.....	109
Recorte del modelo.....	115
Trabajo con varios modelos en un mismo proyecto.....	116
<i>Guardar los resultados.....</i>	<i>117</i>
<i>Configuración de los parámetros gráficos.....</i>	<i>118</i>
Diálogo de configuración de la imagen exportada.....	118
Diálogo de configuración de los parámetros del mapa de contornos y la pseudosección....	119
Diálogo de configuración de la paleta.....	122
Editor de conjuntos de gráficos.....	123
Editor de gráficos.....	124
Editor de ejes.....	126
Cuadro de diálogo para configurar los parámetros de visualización del modelo.....	129
Cuadro de diálogo de vista previa de impresión.....	131
<i>Ventanas auxiliares del programa.....</i>	<i>133</i>

Ventana Project information (Project information).....	133
Ventana Help info (Help info).....	133
Ventana Send message (Send message).....	134
<i>Referencias bibliográficas.....</i>	<i>135</i>
<i>Materiales complementarios:.....</i>	<i>136</i>

Introducción

El programa **ZondRes3D** está diseñado para la interpretación tridimensional de datos de tomografía de resistividad eléctrica (ERT), mediante los métodos de resistividad, polarización inducida (IP) y potencial cargado, en variantes terrestre, de pozo y acuática.

El programa **ZondRes3D** es 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 Windows. **ZondRes3D** cuenta con un potente sistema de visualización de datos areales y un editor de mediciones.

ZondRes3D utiliza un formato de archivo de datos sencillo y claro que permite combinar varios tipos de dispositivos en una misma área. Las características medidas pueden ser la resistividad aparente, la relación entre la señal y la corriente y la cargabilidad aparente.

En **ZondRes3D** 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. En el desarrollo del problema inverso se ha prestado especial atención al uso de información a priori.

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

Requisitos del sistema

El programa **ZondRes3D** puede instalarse en un ordenador con sistema operativo Windows de 64 bits, versión 7 o posterior. Requisitos mínimos del sistema: procesador P IV a 2 GHz, 4 GB de memoria (se recomiendan al menos 32 GB), resolución de pantalla de 1024 X 768 (no se debe cambiar la resolución de pantalla mientras se trabaja con los datos), modo de color True color.

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

Instalación y eliminación del programa

El programa **ZondRes3D** se distribuye a través de Internet. El paquete incluye este manual. Las últimas actualizaciones del programa se pueden descargar desde el sitio web: <http://zond-geo.com/>.

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

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 desde el 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 barra del sistema indicando que se ha detectado la llave.

Para eliminar el programa, borre el directorio de trabajo del programa.

Breve introducción teórica

Resistividad eléctrica

La resistividad eléctrica (RE), medida en $\text{Ohm}\cdot\text{m}$, 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 dentro de límites muy amplios: 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 mineral, 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 intracristalinos. 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 resistividades relativamente bajas.

Los minerales metálicos (elementos nativos, 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, con agua que puede extraerse de la roca.

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

Como el agua de poro (libre y ligada) tiene una resistividad eléctrica mucho menor que el esqueleto mineral de la mayoría de las rocas, la resistividad de las rocas prácticamente no depende de su composición mineral, sino de parámetros como la porosidad, la fracturación y la saturación de agua. Al aumentar estos parámetros, disminuye la resistividad de las rocas debido al aumento de la concentración de iones en el agua subterránea. Por ello, la conductividad eléctrica de la mayoría de las rocas es iónica (electrolítica).

Con un aumento de temperatura de 40° , la resistividad disminuye aproximadamente a la mitad, debido al 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 depende únicamente del agua ligada, que se congela a temperaturas muy bajas (inferiores a -50° C). El aumento de la resistividad al congelarse varía según el tipo de roca: se multiplica por varios en las arcillas, hasta por 10 en las rocas compactas, hasta por 100 en los limos y las arenas limosas, y hasta por 1000 o más en las arenas y las rocas de grano grueso.

A pesar de que la resistividad depende de numerosos factores y varía dentro de un amplio intervalo según el tipo de roca, sus principales regularidades están bien establecidas. Las rocas ígneas y metamórficas se caracterizan por resistividades altas (de 500 a 10 000 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$). Entre las rocas sedimentarias, la sal gema, los yesos, las calizas, las areniscas y algunas otras presentan resistividades altas (100 - 1000 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$). Por lo general, las rocas sedimentarias clásticas presentan una resistividad tanto mayor cuanto mayor es el tamaño de los granos que las componen; es decir, depende principalmente del contenido de arcilla. Al pasar de las arcillas a los limos, las arenas limosas y las arenas, la resistividad varía desde fracciones y unidades de $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ hasta decenas y centenas de $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ [Khmelevskoy, 1997].

Cargabilidad de las rocas

La polarización es un proceso electroquímico complejo que tiene lugar cuando se hace pasar por la roca una corriente continua o alterna de baja frecuencia (hasta 10 Hz). Los yacimientos 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 denominada polarización de concentración y polarización de electrodo de los minerales de mena. Se observan coeficientes de cargabilidad de hasta el 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 el contacto entre las fases sólida y líquida. La mayoría de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias saturadas de agua mineral presentan una polarización débil.

Para evaluar cuantitativamente la intensidad de la polarización inducida, suele utilizarse la relación entre la FEM de polarización ΔU_{IP} y la diferencia de potencial del campo externo ΔU_{pr} ,

medida transcurrido cierto tiempo desde que se interrumpe la corriente. Esta relación se denomina coeficiente de cargabilidad (cargabilidad) de las rocas y se expresa en %. En la prospección eléctrica nacional, al realizar trabajos de campo con el método de IP en modo impulsivo, se entiende por cargabilidad el valor normalizado de la tensión en la línea de recepción entre 0.2 y 0.5 c después de interrumpir la corriente:

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

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

Desde el punto de vista de la inmunidad al ruido, es más conveniente utilizar un parámetro integral: el valor medio de la tensión en una ventana temporal Δt denominada 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 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 mediante una malla de celdas con distintas resistividades eléctricas. El potencial dentro de cada celda se aproxima mediante una función de base lineal.

Al modelizar el campo de una fuente puntual, el medio se divide mediante una malla de celdas con distintas resistividades eléctricas. El potencial dentro de cada celda se aproxima mediante una función de base lineal.

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

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) = -I \delta(x) \delta(z)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} + \nu \cdot \varphi = 0$$

donde φ es el valor del potencial, I es la intensidad de corriente, σ es la conductividad eléctrica del medio, δ es la función delta de Dirac.

Para resolver el problema inverso (inversión) 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 es la matriz de derivadas parciales de los valores medidos respecto a los parámetros de la sección (jacobiano), C es el operador de suavizado, W es la matriz de errores relativos de las mediciones, m es el vector de parámetros de la sección, μ es el parámetro de regularización, Δf es el vector de errores de ajuste entre los valores observados y calculados, R es el operador de enfoque.

En el desarrollo del problema inverso se presta especial atención a la incorporación de información a priori (pesos de las mediciones individuales, intervalos de variación de los parámetros).

Inicio del trabajo con el programa

En esta sección se describen el aspecto general del programa, las funciones del menú principal, los botones de la barra de acceso rápido y los atajos de teclado.

Si durante el trabajo con el programa se necesita consultar la ayuda sobre una opción del menú, se puede hacer clic con el botón derecho del ratón en dicha opción.

Barra de acceso rápido

La barra de herramientas o barra de acceso rápido permite ejecutar rápidamente las funciones del programa que se utilizan con mayor frecuencia. Contiene los siguientes botones funcionales (de izquierda a derecha):

	Abrir el cuadro de diálogo para seleccionar un archivo de datos o un proyecto. El programa carga un archivo en un formato compatible, según el filtro seleccionado; en algunos formatos se pueden seleccionar varios archivos.
	Abrir el cuadro de diálogo para guardar. Según el filtro seleccionado, se guarda el proyecto o los datos; al guardar los datos, se crea un archivo de texto con la extensión .z3d. En la cabecera del archivo se indican el perfil, las coordenadas de los electrodos en X, Y y Z, el peso y la resistividad o la resistividad con signo; si hay datos de IP, se añaden el peso de IP y eta_a; para los datos de monitorización, se incluyen los campos de los canales y sus tipos.
	Abrir la ventana Program setup para configurar los parámetros del programa. Si después de confirmar la configuración es necesario reconstruir la malla, el programa lo hace; si se modifica la malla en el modo de resistividad, aparece una

	advertencia sobre la necesidad de volver a calcular el problema directo antes de modelizar la IP.
	Data editor — abrir la ventana del editor de datos si el proyecto contiene datos observados o teóricos.
	Abrir el submenú de configuración del modelo 3D.
	Pasar al corte anterior o siguiente del modelo.
	Copiar al portapapeles el modelo del corte 2D actual.
	Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón, se carga desde el portapapeles el modelo en el corte actual. Al hacer clic con el botón derecho del ratón, aparece el menú de opciones para rellenar el modelo: <i>Current</i> – insertar en el corte actual el modelo del portapapeles para el parámetro seleccionado. <i>Current&+</i> – insertar en el corte actual y en todos los cortes siguientes el modelo del portapapeles para el parámetro seleccionado. <i>Current&-</i> – insertar en el corte actual y en todos los cortes anteriores el modelo del portapapeles para el parámetro seleccionado. <i>All params</i> – aplicar el modo de inserción seleccionado a todos los parámetros del corte seleccionado (resistividad y cargabilidad).
	Iniciar el cálculo del problema directo para el modelo cargado. Durante el cálculo, los botones de cálculo e inversión se desactivan temporalmente; al finalizar, el programa carga los resultados obtenidos.
 	Iniciar la inversión; al volver a hacer clic, se detiene el proceso en curso. La inversión está disponible si hay datos observados. Antes de invertir los datos de IP, se debe modelizar la resistividad.
	Cambiar el programa al modo de interpretación de resistividad y cargar los ajustes de este modo. El cambio está disponible cuando hay una malla de modelo cargada.
	Cambiar el programa al modo de interpretación de cargabilidad (IP) y cargar los ajustes de este modo. Antes de cambiar, se debe modelizar la resistividad; el cambio está disponible cuando hay una malla de modelo cargada.
	Seleccionar el perfil activo. Después de seleccionarlo, se actualizan la visualización de los datos y la posición del perfil en la visualización 3D; la lista está disponible si el proyecto contiene perfiles.

	Seleccionar el nivel de pseudopropundidad activo, correspondiente al factor del dispositivo de los datos; al seleccionarlo, se reconstruye la visualización de los datos. Con un clic derecho, se establece el ancho de la ventana de niveles vecinos, de 0 a 5.
	Seleccionar el canal activo de los datos de monitorización o de IP. Al cambiar de canal, el programa guarda los ajustes del canal actual, carga los del canal seleccionado y actualiza la visualización de los datos.

Submenú para trabajar con el modelo 3D

Para abrir este submenú se utiliza el botón  de la barra de herramientas de la ventana principal del programa. El submenú contiene los siguientes elementos:

3D view settings	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros del modelo 3D.
Print preview	Diálogo de configuración de impresión del modelo 3D.
Plane cut	Seleccionar la orientación del corte del modelo (XZ, YZ, XY).
Model	Establecer los parámetros del modelo inicial <i>Halfspace value</i> – establecer un nuevo valor del parámetro del medio encajante. <i>Clear model</i> – borrar el modelo actual. <i>Clear limits</i> – eliminar los límites establecidos para la variación de los parámetros. <i>MinMax auto</i> – encontrar automáticamente los límites de variación de los parámetros. <i>Smooth/raster model</i> – suavizar/rasterizar el modelo. Al utilizar el procedimiento de <i>rasterization</i>, según el parámetro de contraste (<i>Degree</i>), se agrupan las celdas con parámetros similares. En el modo Smoothing, según el factor de suavizado (<i>Degree</i>), se promedian los parámetros de las celdas del modelo.
Axes settings	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros del eje (X,Y,Z) del modelo 3D.
Show	Seleccionar los objetos que se muestran (marcar las casillas junto a los objetos necesarios): <i>Cutting plane</i> – mostrar la posición del corte en el modelo 3D; <i>Survey points</i> – mostrar las posiciones de los electrodos;

	<i>Boreholes</i> – mostrar los datos de registros de pozo y litología; <i>Background</i> – mostrar la imagen de fondo 3D .
Synchronous cut	Cambiar la posición del corte en el modelo 3D de forma sincronizada con los cambios en el plano 2D mediante los botones  .
X:Y:Z 1:1:1	Establecer la misma escala para los tres ejes.

Descripción de las funciones del menú principal

A continuación se enumeran los nombres de los elementos del menú principal y su función:

File	
File / Create survey	Abrir el diálogo para crear un sistema sintético de medición para un sistema multiperfil. En este caso, los perfiles individuales no estarán vinculados entre sí (Pseudo 3D). Se pueden seleccionar los parámetros del cable y uno de los dispositivos tradicionales. El sistema de medición creado se puede exportar a un archivo de texto con la secuencia de medición.
File / Change array	Abrir el diálogo de configuración del sistema de medición para cambiar el tipo de dispositivo en el proyecto cargado. Tras confirmar, el programa aplica los cambios al proyecto; esta operación no permite modificar la geometría del cable.
File / 3D sequencer	Abrir el diálogo para crear un sistema de medición de área. Al cerrarlo, el programa recalcula el espaciado máximo del sistema.
File / Open file	Abrir el diálogo de selección de archivos y cargar datos o un proyecto. Se pueden seleccionar varios archivos para los tipos de datos que lo permiten.
File / Import text/excel	Importar datos desde un archivo de texto arbitrario (con varias columnas) o una tabla de Excel. Se deben especificar los nombres de las columnas en la primera fila de la tabla.
File / Mesh for MN only	La malla se construirá únicamente a partir de las posiciones de los electrodos de potencial. Esta opción debe activarse antes de cargar el archivo.
File / Show data filter	Si la opción está activada, mostrar el filtro de datos al cargar las mediciones.

File / Save file	Guardar los datos o el proyecto; la acción se asigna al botón de guardado de la barra de acceso rápido.
File / Edit file	Abrir en Notepad el archivo de datos utilizado por el programa, si existe.
File / Print preview	Abrir la vista preliminar de impresión de la ventana principal. Si no se ha cargado la malla del modelo, el comando finaliza sin abrir la vista preliminar.
File / Recent	Abrir la lista de los archivos utilizados recientemente.
File / Exit	Cerrar el programa.
Options	
Options / Quality control module	Pasar a la ventana de control de calidad y edición de los datos originales del perfil actual. El módulo de control de calidad se puede utilizar para inspeccionar y procesar los 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	Abrir la información del proyecto cargado. Los valores editados se guardan en los parámetros del proyecto al cerrar la ventana.
Options / Mesh constructor	Abrir el constructor de malla del modelo. Incluye un conjunto de opciones para crear la malla automáticamente y realizar ajustes detallados para usuarios avanzados. La selección correcta de los parámetros de la malla es una de las tareas principales del intérprete.
Options / Program setup	Abrir la configuración del programa mediante el diálogo al que se accede con el botón de configuración de la barra de herramientas.
Options / Set survey lines	Abrir el diálogo para definir las líneas de los perfiles. Esta opción no afecta al resultado de la interpretación, pero es muy útil para visualizar los datos. Cuando el sistema de medición representa un conjunto de perfiles no conectados entre sí, los perfiles se crean automáticamente. Si no se definen perfiles, los datos se muestran como una nube de puntos en la sección superior derecha de la ventana(unstructured).
Options / Inversion	Abrir el submenú de parámetros de inversión.
Options / Inversion / Whole model inv	Utilizar esta opción si no se está seguro de haber seleccionado correctamente la profundidad máxima de investigación o si aparecen distorsiones en los bordes del modelo como resultado de

	la inversión. Esto suele deberse a la influencia de objetos situados 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 1D.
Options / Inversion / Set apriori boundaries	Abrir el editor para establecer límites a priori en la malla del modelo. Si se cierra la ventana sin confirmar, se eliminan los límites creados en este editor.
Options / Inversion / Show progress	Si la opción está activada, mostrar la ventana de progreso de la inversión. Al desactivarla, cerrar la ventana de visualización de RMS.
Options / Inversion / Optimization	Abrir el submenú de optimización.
Options / Inversion / Optimization / Line search	Búsqueda del parámetro de amortiguamiento óptimo en cada iteración (ralentiza el proceso de inversión aproximadamente entre 3 y 7 veces). En la mayoría de los casos, esta opción permite alcanzar el error de ajuste mínimo en un número reducido de iteraciones, pero aumenta el tiempo de ejecución de cada iteración y puede hacer que la solución quede atrapada en un mínimo local. Si la opción está desactivada, el comportamiento del parámetro de amortiguamiento se controla mediante dos parámetros: Smoothing factor (valor inicial) y Factor (coeficiente de reducción).
Options / Inversion / Optimization / Dec 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 Smoothing factor y, en cada iteración posterior, este valor se divide por el coeficiente especificado por el usuario. Smoothing factor se puede seleccionar automáticamente mediante la opción situada junto al campo de entrada Smoothing factor (en la pestaña Inversion de Program setup).
Options / Inversion / Optimization / Length-step	Activar o desactivar la optimización Length-step; ayuda a que la convergencia sea más gradual.
Options / Inversion / Optimization / All in one group	Activar la casilla All in one group y borrar la lista de grupos actual.

Options / Inversion / Optimization / Lim based inv	Si se establecen límites generales estrechos para la variación de los parámetros o límites individuales para algunas celdas, la inversión intentará continuamente que los parámetros rebasen los límites establecidos. Esto puede afectar considerablemente a 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 rebasan los límites establecidos y, por otro, utiliza normas especiales para los parámetros que dificultan que se rebasen dichos límites.
Options / Inversion / Optimization / Layered term	Abrir los ajustes de suavizado con un término en capas. Aplicar la casilla y los parámetros especificados, incluidos el coeficiente y el número de capas superiores.
Options / Inversion / Resolution	Conjunto de parámetros para aumentar la resolución de la inversión. Esta opción permite aumentar la influencia de las celdas poco sensibles y reducir la de las celdas muy sensibles (cercanas a los electrodos). De este modo, aumenta la resolución, es decir, la capacidad para detectar objetos más pequeños en profundidad. Estas opciones deben utilizarse con precaución.
Options / Inversion / Resolution / none	Establecer el modo sin escalado adicional de la resolución.
Options / Inversion / Resolution / x 1	Establecer el factor de escala de la resolución en x 1 .
Options / Inversion / Resolution / x 2	Establecer el factor de escala de la resolución en x 2 .
Options / Inversion / Resolution / x 4	Establecer el factor de escala de la resolución en x 4 .
Options / Inversion / Resolution / LinLog factor	Establecer el coeficiente de normalización pseudologarítmica LinLog. El cuadro de diálogo propone el valor -1 o valores entre 0,001 y 100; su finalidad está relacionada con el tratamiento de resistividades, incluidas las negativas.
Options / Inversion / Smoothness	Conjunto de opciones para controlar la suavidad y el operador de suavizado. Pueden influir considerablemente en el resultado de la inversión. Corresponden al segundo término de la función objetivo $C^C \cdot (m - m_0)$.
Options / Inversion / Smoothness / Median	m_0 (modelo de referencia): mediana del modelo en la iteración actual. En este caso, el objetivo principal de la inversión es

	reducir el error de ajuste y mantener el modelo lo más suave posible. La suavidad se controla mediante el parámetro Smoothing factor. Funciona con la inversión Occam y Focused. Es la mejor opción al utilizar la inversión Focused.
Options / Inversion / Smoothness / Start model	m0 (modelo de referencia): modelo de referencia especificado por el usuario o resultado de una inversión. El objetivo principal es reducir el error de ajuste y mantener la cercanía al modelo de referencia. El grado de cercanía se controla mediante el parámetro Smoothing factor. Funciona con la inversión Occam y Focused.
Options / Inversion / Smoothness / Previous	m0 (modelo de referencia): modelo de la iteración anterior. El objetivo principal es obtener el error de ajuste mínimo y mantener la cercanía al modelo obtenido en la iteración anterior. La velocidad de convergencia se controla mediante el parámetro Smoothing factor. En ocasiones, puede no dar el resultado deseado con la inversión Focused (un modelo constante por tramos).
Options / Inversion / Smoothness / Norm	Abrir el submenú de selección de la norma de suavizado: L0 , L1 o L2 .
Options / Inversion / Smoothness / Norm / L0	Seleccionar la norma L0 para el suavizado.
Options / Inversion / Smoothness / Norm / L1	Seleccionar la norma L1 para el suavizado.
Options / Inversion / Smoothness / Norm / L2	Seleccionar la norma L2 para el suavizado.
Options / Inversion / Smoothness / Diagonal filter	Suavizado diagonal durante la inversión. Utilizar esta opción si la sección contiene estructuras inclinadas.
Options / Inversion / Smoothness / Robust	Activar o desactivar el modo Robust .
Options / Inversion / Smoothness / Stabilizer	Establecer el valor del estabilizador en el cuadro de diálogo. El intervalo permitido es de 0,01 a 1.
Options / Inversion / Cross-gradient	Abrir el submenú de inversión conjunta por gradiente cruzado y mostrar el estado de la casilla IP data .
Options / Inversion / Cross-gradient / Pushing factor	Parámetro principal de la inversión conjunta, que controla el grado de similitud entre las imágenes (gradiente cruzado) de los modelos correspondientes a dos métodos. Normalmente se selecciona mediante ensayo y error en el intervalo de 0 a 1000.

	Con un valor de cero, los modelos se ajustan de forma totalmente independiente. Los valores altos del parámetro pueden causar un error de ajuste elevado para uno o ambos métodos.
Options / Inversion / Cross-gradient / Off layers num	Con frecuencia, la parte superior de la sección presenta una gran heterogeneidad y es distinta para diferentes parámetros geofísicos. En estos casos, se deben excluir varias capas del operador de gradiente cruzado. Así, la parte superior podrá variar libremente.
Options / Inversion / Cross-gradient / CC criteria	Utilizar el criterio de correlación global de los dos modelos para la inversión conjunta. Si se selecciona este algoritmo, los valores de pushing factor deben estar en el intervalo de 0 a 2.
Options / Inversion / Cross-gradient / IP data	Seleccionar los datos de IP para la inversión conjunta. Cabe señalar que la inversión conjunta requiere el doble de memoria RAM.
Options / Inversion / Cross-gradient / Reduced IP	Activar o desactivar la casilla Reduced IP .
Options / Inversion / Underwater options	Abrir el submenú de ajustes para estudios subacuáticos y actualizar las etiquetas de los parámetros de resistividad, el número de subcapas y el nivel del agua, así como el estado de la casilla Invert .
Options / Inversion / Underwater options / Resistivity	Establecer la resistividad eléctrica del agua mediante el cuadro de diálogo de entrada.
Options / Inversion / Underwater options / Invert	Si esta opción está activada, la resistividad del agua se invierte junto con los demás parámetros del modelo.
Options / Inversion / Underwater options / Sublayers number	Establecer el número de subcapas verticales de la capa de agua. Intervalo: 3–10. Después de cambiar el valor, marcar la malla como modificada.
Options / Inversion / Underwater options / Water level	Establecer el nivel del agua. Después de cambiarlo, actualizar la malla y recalcular los datos; a continuación, volver a dibujar las curvas observadas y la pseudosección.
Options / Data	Abrir el submenú de visualización de datos y actualizar las marcas de los modos seleccionados. La visibilidad de algunos elementos depende del modo Resistance o IP y de la disponibilidad de datos observados.
Options / Data /	Cambiar la visualización de datos a pseudosección y actualizar la

Pseudosection	visualización de las curvas observadas. Si ya está seleccionada la pseudosección, no se realiza ningún cambio.
Options / Data / Graphics plot	Cambiar la visualización de datos a gráficos y actualizar la visualización de las curvas observadas. Si ya están seleccionados los gráficos, no se realiza ningún cambio.
Options / Data / Contour map	Cambiar el plano de datos a un mapa de contornos y volver a dibujar los datos. Si está seleccionado el plano de puntos, se restablece la visualización normal de contornos.
Options / Data / Point map	Cambiar el plano de datos a la visualización de puntos y volver a dibujarlo. Si ya está seleccionado el modo de puntos, no se realiza ningún cambio.
Options / Data / 3D pseudosection	Representar los datos como una pseudosección 3D (en lugar del mapa de contornos). El color de los puntos corresponde al valor del parámetro mostrado.
Options / Data / Observed data	Mostrar los datos observados. Esta opción no está disponible si no hay datos observados; al seleccionarla, se actualiza el plano de datos.
Options / Data / Calculated data	Mostrar los datos calculados y actualizar el plano de datos y los gráficos.
Options / Data / Data misfit	Mostrar el error de ajuste de los datos y actualizar el plano de datos y los gráficos. Esta opción no está disponible si no hay datos observados.
Options / Data / Apparent resistivity	Mostrar la resistividad aparente en lugar de la señal de resistividad; actualizar los gráficos y el plano de datos.
Options / Data / Resistance	Mostrar la resistividad en lugar de la resistividad aparente; actualizar los gráficos y el plano de datos.
Options / Data / Point position	Establece la posición de trazado para: 3 electrodos - para el dispositivo de 3 electrodos $((M+N)/2$ – punto medio de MN, $(A+M)/2$ – punto medio de AM); 4 electrodos - para el dispositivo de 4 electrodos (Auto – automáticamente, MN/2: punto medio de MN, AB-O-MN: punto medio entre AB y MN).
Options / Data / Point position / 3 electrodes	Submenú para seleccionar la posición de trazado en el dispositivo de tres electrodos.
Options / Data / Point position / 3 electrodes /	Para el dispositivo de tres electrodos, usar el punto medio de la línea receptora MN como coordenada horizontal de la posición de

(M+N)/2	trazado. Recalcular la posición de los datos y actualizar la visualización.
Options / Data / Point position / 3 electrodes / (A+M)/2	Para el dispositivo de tres electrodos, usar el punto medio de AM como coordenada horizontal de la posición de trazado. Recalcular la posición de los datos y actualizar la visualización.
Options / Data / Point position / 4 electrodes	Submenú para seleccionar la posición de trazado en el dispositivo de cuatro electrodos.
Options / Data / Point position / 4 electrodes / Auto	Para el dispositivo de cuatro electrodos, seleccionar automáticamente la posición de trazado. Recalcular la posición de los datos y actualizar la visualización.
Options / Data / Point position / 4 electrodes / MN/2	Para el dispositivo de cuatro electrodos, usar el punto medio de MN como coordenada horizontal de la posición de trazado. Recalcular la posición de los datos y actualizar la visualización.
Options / Data / Point position / 4 electrodes / AB-O-MN	Para el dispositivo de cuatro electrodos, usar el punto medio entre la línea de corriente AB y la línea receptora MN como coordenada horizontal de la posición de trazado. Recalcular la posición de los datos y actualizar la visualización.
Options / Data / ABMN normed	Representar los valores de las señales normalizados por la longitud de las líneas receptora y de corriente. Esta opción se aplica cuando está activado el modo Resistance. Resulta útil cuando la longitud de la línea receptora varía ampliamente.
Options / Data / Type graphics	Seleccionar el método de visualización de los gráficos: Iso-AB – cada gráfico corresponde a una posición determinada de la línea de corriente; Iso-MN – cada gráfico corresponde a una posición determinada de la línea receptora; Iso-psz – cada gráfico corresponde a una separación determinada (factor geométrico del dispositivo).
Options / Data / Type graphics / Iso-AB	Agrupar los gráficos según la posición de la línea de corriente. Volver a dibujar las curvas observadas.
Options / Data / Type graphics / Iso-MN	Agrupar los gráficos según la posición de la línea receptora. Volver a dibujar las curvas observadas.
Options / Data / Type graphics / Iso-psz	Agrupar los gráficos según el factor geométrico del dispositivo (G). Volver a dibujar las curvas observadas.
Options / Data / Error gates	Si esta opción está activada, se muestran los intervalos de confianza (errores de medición) en los gráficos. Actualizar la

	visualización de las curvas.
Options / Data / IP units	Seleccionar las unidades de medida de IP: porcentaje o mV/V (difieren en un factor de 10). Esta opción solo está disponible en el modo IP.
Options / Data / IP units / Percent	Mostrar los valores de IP en porcentaje. Actualizar las unidades de medida del modelo, las curvas y el plano de datos.
Options / Data / IP units / mV/V	Seleccionar las unidades de medida de IP mV/V. Tras la selección, se actualizan la imagen del modelo y los gráficos de los datos observados; si ya está seleccionado mV/V, no se realiza ningún cambio.
Options / Data / IP units / Misfit in percents	Activar o desactivar la visualización del error de ajuste en porcentaje. Al cambiar la opción, se recalcula el error de ajuste y se actualiza su valor en la barra de estado.
Options / Model	Submenú Model : seleccionar la visualización del modelo en bloques o suavizada, el modo 2D, la orientación del corte y su autoescalado, abrir el histograma, configurar la escala de colores o definir un modelo 1D. También permite visualizar parámetros adicionales: el factor MF, los parámetros de Cole-Cole y el resumen del monitoreo; la disponibilidad de algunos elementos depende de los datos cargados y de que se haya realizado la inversión.
Options / Model / Block-section	Mostrar el modelo en bloques. Al cambiar esta opción, se desactiva la visualización suavizada y se vuelve a dibujar la sección.
Options / Model / Smooth section	Representar el modelo como una imagen de interpolación suavizada o como contornos de isolíneas. Para mostrar el modelo con una paleta de interpolación suavizada, se debe activar la función «Continuous» en la pestaña Colors. La pestaña Colors se encuentra en el cuadro de diálogo Model setup.
Options / Model / 2D mode	Se utiliza cuando solo hay datos de un perfil o se modela una sección 2D. En este caso, se combinan las celdas en la dirección Y.
Options / Model / Plane	Submenú Plane : seleccionar la orientación del corte del modelo —XZ, YZ o XY— y activar o desactivar su autoescalado.
Options / Model / Plane / XZ	Cambiar la orientación del corte a XZ y actualizar los datos del corte mostrados.

Options / Model / Plane / YZ	Cambiar la orientación del corte a YZ y actualizar los datos del corte mostrados.
Options / Model / Plane / XY	Cambiar la orientación del corte a XY y actualizar los datos del corte mostrados.
Options / Model / Plane / Autosize	Si esta opción está activada, la escala del corte se ajusta automáticamente a los ejes. Al cambiar la opción, se actualiza de nuevo el corte actual.
Options / Model / Model histogram	Mostrar el gráfico de distribución de los datos y de los parámetros de las celdas del modelo. El cuadro de diálogo permite definir los valores mínimo y máximo de la escala de colores del parámetro.
Options / Model / Colorscale auto	Activar o desactivar la escala de colores automática.
Options / Model / Copy colorscale	Copiar la paleta de colores del modelo a las paletas de las pseudosecciones, actualizar sus colores y volver a dibujar la imagen 3D. Si está activada la visualización suavizada del modelo, el modo correspondiente también se aplica al actualizar las pseudosecciones.
Options / Model / Set 1D model	Abrir el constructor de modelos 1D usando la malla actual del modelo y sus nodos de profundidad. Tras confirmar, los valores de parámetro especificados se asignan a todas las celdas de la profundidad correspondiente y también se aplican los límites de celda definidos en el constructor; a continuación, se actualizan el corte y la visualización del modelo. Los rangos iniciales del parámetro y el tipo de escala del constructor varían según se trate de resistividad o IP.
Options / Model / MF factor display	Si se ha realizado la inversión de resistividad e IP, se puede mostrar el factor metálico en el editor de modelos y en la sección 3D.
Options / Model / Timelapse summary	Activar o desactivar la visualización del cambio global en porcentaje para el monitoreo. Esta opción está disponible cuando existen los datos de monitoreo correspondientes.
Options / Model / Cole-cole model	Esta función permite visualizar uno de los parámetros de Cole-Cole en el editor de modelos y en la sección 3D. La opción está disponible tras el procedimiento Cole-Cole inversion, si el proyecto contiene datos de IP en el dominio temporal o frecuencial.

Options / Model / Cole-cole model / Chargeability	Activar o desactivar la visualización del parámetro Cole-Cole Chargeability en el editor de modelos y en la sección 3D.
Options / Model / Cole-cole model / Time constant	Activar o desactivar la visualización del parámetro Cole-Cole Time constant en el editor de modelos y en la sección 3D.
Options / Model / Cole-cole model / C exponent	Activar o desactivar la visualización del parámetro Cole-Cole C exponent en el editor de modelos y en la sección 3D.
Options / Cutting	Submenú Cutting : definir los ángulos de recorte en X e Y, seleccionar el contorno del diseño de adquisición o un polígono personalizado, configurar la visualización del área recortada y agrupar las celdas recortadas para la inversión.
Options / Cutting / Cut angle X	Definir el ángulo de recorte del modelo a lo largo del eje X. Por lo general, la forma de la sección resultante debe ser similar a la de la pseudosección 3D, y el ángulo de recorte depende del tipo de dispositivo. Se determina empíricamente y se aplica al editor de modelos y a algunos modos de visualización 3D.
Options / Cutting / Cut angle Y	Definir el ángulo de recorte del modelo a lo largo del eje Y. Por lo general, la forma de la sección resultante debe ser similar a la de la pseudosección 3D, y el ángulo de recorte depende del tipo de dispositivo. Se determina empíricamente y se aplica al editor de modelos y a algunos modos de visualización 3D.
Options / Cutting / Survey contour	Usar el contorno del diseño de adquisición para recortar el modelo. Se desactiva el polígono personalizado y, a continuación, se recalculan el contorno y el modelo.
Options / Cutting / User polygon	Activar o desactivar el recorte mediante un polígono personalizado. Al activarlo, se abre la ventana de edición del polígono; tras confirmarlo, el polígono se aplica al modelo. Si Blanking cut está desactivado, se activa al confirmar.
Options / Cutting / Groups cutted off cells	Si esta opción está activada, las celdas recortadas se agrupan en capas 1D para la inversión.
Options / Cutting / Blanking cut	Recortar el modelo según los ángulos definidos. La opción se aplica a todos los tipos de visualización 3D, excepto «Pie-cut».
Options / Import/Export	Submenú Import/Export : cargar o eliminar una imagen de fondo para un corte 2D o un modelo 3D, importar y exportar modelos, guardar imágenes y transferir datos a otros programas.
Options / Import/Export /	Submenú Background 2D : cargar una imagen de fondo para el

Background 2D	corte 2D actual o eliminar la imagen de fondo de ese corte.
Options / Import/Export / Background 2D / Load background	Cargar un archivo gráfico como imagen de fondo para el corte 2D actual. Se solicitará que se introduzcan las coordenadas de las esquinas de la imagen.
Options / Import/Export / Background 2D / Remove current	Eliminar la imagen de fondo del corte 2D actual y actualizar su visualización.
Options / Import/Export / Background 3D	Submenú Background 3D : cargar una imagen de fondo o un mapa satelital para el modelo 3D, o eliminar la imagen de fondo actual.
Options / Import/Export / Background 3D / Load background	Cargar un archivo gráfico como imagen de fondo para el modelo 3D. El archivo gráfico se mostrará en el modelo 3D. Al cargarlo, se deben indicar las coordenadas de las esquinas de la imagen en las tres dimensiones (por defecto, se utilizan las posiciones de las esquinas del corte actual del modelo). Si se desea, se puede seleccionar un color de la imagen de fondo para hacerlo transparente.
Options / Import/Export / Background 3D / Load satellite map	Cargar un mapa satelital para el modelo 3D mediante la herramienta de mapas Bing.
Options / Import/Export / Background 3D / Remove background	Eliminar la imagen de fondo actual del modelo 3D y volver a dibujar la visualización 3D.
Options / Import/Export / Build-in mod3d	Integrar en el modelo 3D actual un modelo procedente de un archivo MOD3D o de un archivo de texto XYZV (cuatro columnas: X, Y, Z y valor del parámetro). Los valores de las celdas de la malla actual se calculan a partir de los 12 puntos más cercanos del archivo mediante el método de ponderación por distancia inversa (para más información, véase la sección «Guardar y utilizar datos del modelo»).
Options / Import/Export / Export mod3d	Guardar el modelo 3D actual en un archivo de texto con extensión MOD3D. El archivo contiene información sobre el programa y las unidades (m), la topografía, las dimensiones y coordenadas de la malla, los nodos de profundidad, la lista de parámetros y los valores del modelo. Formato del archivo: el archivo MOD3D de

	texto contiene registros con nombre: software, units, topoc, xyt_grid, coordenadas de los nodos de la malla en planta, z_grid, paramnumb y, para cada parámetro, paramname, islog y paramvalues con los datos de las celdas. Las coordenadas se expresan en m; la estructura completa de las matrices numéricas está definida por el formato MOD3D.
Options / Import/Export / Build-in mod2d's	Importar un conjunto de modelos 2D de archivos en formato MOD2D (teniendo en cuenta sus coordenadas en planta) e integrarlos en el modelo 3D actual. Esta opción se puede utilizar para importar los resultados de una inversión 2D a un modelo 3D.
Options / Import/Export / Export mod2d	Exportar el corte 2D actual del modelo a un archivo en formato MOD2D. Una vez guardado, el modelo se puede abrir en ZondRes2D o cargar en otro corte del modelo 3D. Formato del archivo: el archivo MOD2D de texto contiene información sobre el programa, las unidades (m), las coordenadas de los extremos del corte en planta, el indicador topoc, las coordenadas X, los nodos de profundidad z_grid, la topografía topo_grid y su desplazamiento topo_shift; a continuación, se registran los datos de los parámetros y los valores del modelo. El orden exacto de todos los datos numéricos está definido por el formato MOD2D.
Options / Import/Export / Export line to z2d	Exportar los datos calculados del perfil actual al formato del programa de inversión 2D ZondRes2D. Formato del archivo: la primera línea contiene los encabezados c1 c2 p1 p2, seguidos de sres en modo signed o de res en caso contrario, weight y, si hay datos de IP, eta_a. A continuación, se incluyen las filas de mediciones del perfil activo: las posiciones de los electrodos A, B, M, N a lo largo del perfil (se escribe * para el electrodo que no esté presente), el valor de resistividad y el peso; si hay datos de IP, también se incluye eta_a. Para la resistividad, en modo signed se conserva el signo; de lo contrario, se guarda el valor absoluto.
Options / Import/Export / Plot MOD2D model	Abrir un archivo de modelo con extensión MOD2D o LAY y cargarlo en la herramienta de visualización de modelos 2D.
Options / Import/Export / Create video	Abrir la ventana de control de creación de vídeo e iniciar la actualización de los fotogramas hasta que la ventana se cierre.
Options / Import/Export / Save rotations	Guardar una secuencia de 11 imágenes BMP del modelo 3D, girándolo 18° entre fotogramas. Las imágenes se guardan en la

	carpeta seleccionada con números consecutivos en el nombre.
Options / Import/Export / Save slides	Guardar imágenes BMP del modelo 3D para las posiciones sucesivas del plano de corte actual. El plano pasa temporalmente por las posiciones disponibles y después vuelve a su posición inicial.
Options / Import/Export / Save 3D image	Guardar la imagen 3D actual en BMP. Antes de guardar, se puede establecer la anchura y la altura entre 100 y 2000 píxeles; la escala de la imagen se ajusta temporalmente al tamaño seleccionado.
Options / Import/Export / Output settings	Abrir el cuadro de diálogo para configurar la escala y la resolución de las imágenes de salida.
Options / Import/Export / Export to Paraview	Abrir el cuadro de diálogo de guardado y exportar el modelo 3D actual a un archivo VTK. El archivo se escribe en formato de texto VTK 3.0 ASCII como STRUCTURED_GRID: contiene las dimensiones de la malla, las coordenadas de los nodos y un valor escalar en cada punto: $\lg_{10}(\rho)$ para el modelo de resistividad o IP para el modelo de polarización inducida (IP). El formato del archivo es: archivo de texto VTK 3.0 ASCII con encabezado, línea DATASET STRUCTURED_GRID, dimensiones DIMENSIONS, lista de coordenadas de puntos POINTS (tres coordenadas por línea), después POINT_DATA, declaración del campo escalar SCALARS y LOOKUP_TABLE. A continuación, se escribe un valor del campo por cada punto; el nombre del campo es $\lg_{10}(\rho)$ o IP.
Options / Import/Export / Draw to surfer	Abrir el cuadro de diálogo para especificar las profundidades y los parámetros de generación de mapas en Surfer. Tras confirmar, generar mapas para las profundidades seleccionadas; el tipo de mapa de salida depende de los parámetros seleccionados en el cuadro de diálogo. Para la generación se utiliza Surfer; si no se encuentra, el programa solicita que se indique la ruta a Scripter.exe.
Options / Import/Export / Draw to voxler	Construir un modelo 3D en Voxler. Antes de la construcción, se debe indicar la ruta a Scripter.exe (esto se hace una sola vez).
Options / Boreholes	Submenú para crear y editar datos de pozo, cargar y eliminar registros de pozo (diagrafías) y columnas litológicas, configurar la anchura de las columnas y editar su posición.

Options / Boreholes / Create/Edit borehole data	Abrir el editor de datos de pozo para crear o editar registros de pozo (diagrafías) y columnas litológicas. El editor está disponible en los planos XZ e YZ; en otro plano, el programa propone cambiar a XZ o YZ y no lo abre.
Options / Boreholes / Load borehole data	Abrir un archivo con registros de pozo (diagrafías) y columnas litológicas (crt), así como archivos en formato mod1d (archivos de interpretación unidimensional y pseudopozos).
Options / Boreholes / Remove borehole data	Eliminar del proyecto los datos de pozo, los registros de pozo (diagrafías) y las columnas litológicas; después, actualizar la visualización del modelo 3D.
Options / Boreholes / Set column's width	Establecer la anchura de las columnas litológicas que se muestran en la sección.
Options / Boreholes / Edit positions	Abrir el editor de la posición en planta de los pozos y de las columnas litológicas correspondientes.
Options / Extra	Submenú de operaciones adicionales con los datos: procesar las repeticiones, eliminar registros según el error de ajuste o la inestabilidad, gestionar los registros eliminados y los eliminados del proyecto, editar los electrodos eliminados, realizar la corrección de EM coupling y copiar los valores calculados a los observados. Al abrir el submenú, la disponibilidad del elemento Copy calc to measured cambia en función de si hay datos observados.
Options / Extra / Process repeats	Si la opción está activada, procesar los registros repetidos calculando su promedio. Se promedian todas las repeticiones del archivo.
Options / Extra / Remove data with big misfit	Eliminar los datos cuyo error de ajuste supere el umbral establecido. La inversión que precede al filtrado debe ejecutarse con la opción robust reweighting scheme activada. Al seleccionar esta opción, aparece un cuadro de diálogo con la distribución del error de ajuste, donde se debe establecer el valor umbral.
Options / Extra / Remove unstable records	Eliminar los registros inestables. Cuando los valores de los coeficientes del dispositivo son muy sensibles a los errores en la posición de los electrodos, la opción excluye estas mediciones de la inversión. La distribución de los errores potenciales se muestra como porcentaje del valor teórico. El umbral se establece en el campo de entrada correspondiente o con el ratón.

Options / Extra / Remove masked records	Eliminar definitivamente del proyecto todos los registros eliminados mediante las opciones anteriores. El problema directo y el problema inverso pueden ejecutarse más rápido después de utilizar esta opción.
Options / Extra / Set user weights	Abrir el cuadro de diálogo para asignar pesos personalizados a los registros.
Options / Extra / Edit remote electrodes	Esta opción permite cambiar las coordenadas de los electrodos «remote». Si estos electrodos se encuentran suficientemente lejos de la zona de medición, se recomienda convertirlos en «infinite».
Options / Extra / Remote to infinite	Si las mediciones se realizaron con un electrodo «remote» cuyas coordenadas están especificadas, al aplicar esta opción el electrodo se considerará «infinite».
Options / Extra / Make all finite	Restablecer el indicador de electrodo infinito en todos los electrodos, es decir, configurarlos como finitos; después, actualizar la visualización de los datos observados.
Options / Extra / EM coupling removal	Si las mediciones se realizaron en un régimen de frecuencia relativamente alta (normalmente en sistemas sin contacto), esta opción permite llevar los datos a frecuencia cero.
Options / Extra / Copy calc to measured	Copiar los valores calculados de resistividad y de polarización inducida (IP) a los campos de valores observados, incluidos los valores originales guardados. Después, actualizar el indicador de presencia de datos observados y volver a dibujar los gráficos y el plano de datos.
Time lapse	
Time lapse / Channels	Abrir la tabla de canales y modificar sus parámetros. La tabla muestra el número del canal, el tiempo de retardo o la frecuencia (según el tipo de datos), el nombre del canal y una casilla de verificación para incluirlo en la inversión; los cambios se guardan en la configuración de canales y actualizan la lista de canales de la ventana principal.
Time lapse / Channel plot	Abrir la ventana de curvas de monitorización del punto de medición actual: mostrar curvas de decaimiento temporal, curvas de frecuencia o datos de polarización inducida (IP). Si no hay ningún punto seleccionado, se utiliza el punto con índices 0, 0 para generar las curvas.
Time lapse / Time lapse	Ejecutar sucesivamente la inversión para el canal de

inversion	monitorización actual y los siguientes. Para cada canal se guarda un modelo independiente; si está activada la opción Next from previous , el resultado del canal anterior se utiliza como modelo inicial del siguiente. Para los canales siguientes se aplica el número máximo de iteraciones establecido.
Time lapse / Cole-cole inversion	Iniciar la inversión Cole-Cole.
Time lapse / Next from previous	Si la opción está activada, utilizar el resultado de la inversión del canal anterior como modelo inicial para el canal siguiente.
Time lapse / Max iter numb for next	Establecer el número máximo de iteraciones para cada canal siguiente durante la inversión sucesiva.
Time lapse / Clear all models	Reemplazar los modelos de todos los canales de monitorización por un modelo de semiespacio homogéneo para el modo actual: resistividad o IP. A continuación, cargar el modelo del canal actual y actualizar la visualización.
Buffer	
Buffer / Model 1	Guardar el modelo actual en la primera celda del búfer o cargar el modelo desde ella. Si la celda ya está ocupada, el programa ofrece elegir entre guardar el modelo actual o cargar el modelo del búfer.
Buffer / Model 2	Guardar el modelo actual en la segunda celda del búfer o cargar el modelo desde ella. Si la celda ya está ocupada, el programa ofrece elegir entre guardar el modelo actual o cargar el modelo del búfer.
Buffer / Model 3	Guardar el modelo actual en la tercera celda del búfer o cargar el modelo desde ella. Si la celda ya está ocupada, el programa ofrece elegir entre guardar el modelo actual o cargar el modelo del búfer.
Buffer / Model 4	Guardar el modelo actual en la cuarta celda del búfer o cargar el modelo desde ella. Si la celda ya está ocupada, el programa ofrece elegir entre guardar el modelo actual o cargar el modelo del búfer.
Buffer / Open	Abrir la ventana con los modelos del búfer para el corte actual.
Buffer / Only current	Carga en el búfer únicamente el modelo de resistividad eléctrica o de cargabilidad, según el modo en que esté trabajando el usuario.
Help	
Help / About	Mostrar la pantalla de presentación del programa.
Help / Manual	Abrir el archivo de instrucciones ZondRes3D_eng.pdf . El programa busca el archivo primero en la ubicación actual y, a continuación, en la carpeta del programa.

Help / Server	Submenú de selección del servidor.
Help / Server / zond-geo.com	Seleccionar el servidor zond-geo.com para las siguientes consultas al servidor.
Help / Server / zond-geo.co	Seleccionar el servidor zond-geo.co para las siguientes consultas al servidor.
Help / Server / kaminae.narod.ru	Seleccionar el servidor kaminae.narod.ru para las siguientes consultas al servidor.
Help / Check for updates	Comprobar si hay actualizaciones en el servidor seleccionado.
Help / Restart library	Reiniciar las bibliotecas DLL. Si el proceso de cálculo se detiene cada vez que se inicia la inversión, comprobar la configuración del antivirus. El antivirus puede bloquear la biblioteca DLL.
Help / Map type	Submenú de selección del tipo de mapa que se mostrará.
Help / Map type / Sat1	Seleccionar el tipo de mapa Sat1 .
Help / Map type / Sat2	Seleccionar el tipo de mapa Sat2 .
Help / Map type / Sat3	Seleccionar el tipo de mapa Sat3 .
Help / Map type / Streets	Seleccionar el tipo de mapa Streets .
Help / Map type / Topo	Seleccionar el tipo de mapa Topo .
Help / Show news	Si la opción está activada, se muestran las noticias. La selección se guarda en la configuración de actualizaciones.
Help / Send message to us	Enviar un mensaje al desarrollador. Los mensajes solo se transmiten correctamente en caracteres latinos. Por ello, se debe utilizar la transliteración.

Barra de estado

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

- Coordenadas del cursor y de la celda activa.
- Parámetros de la celda activa.
- Modo de funcionamiento del editor de modelos.
- Indicador de progreso.
- 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 de cursor / cursor en el editor de modelos	Cambiar la celda activa del modelo.
Delete /cursor en el editor de modelos	Restablecer el parámetro de la celda al valor definido inicialmente para el semiespacio.
Insert / cursor en el editor de modelos	Asignar a la celda activa el valor actual.
X / cursor en el editor de modelos	Utilizar la herramienta que selecciona las celdas con valores similares.
V / cursor en el editor de modelos	Eliminar la selección.
Ctrl+C / cursor en el editor de modelos	Mantener pulsadas las teclas y, con el ratón, mover el área seleccionada.
Arriba/abajo / cursor en la escala de colores	Cambiar el valor actual.

Creación del diseño de adquisición

Para realizar un levantamiento 3D, existen dos opciones para crear el diseño de adquisición. La primera consiste en trabajar con un sistema de perfiles 2D paralelos (**sistema multiperfil de mediciones 2D, Pseudo 3D**). En el segundo caso, los electrodos se instalan en toda el área y las mediciones se realizan entre cualquier combinación de ellos y en direcciones arbitrarias (**True 3D**).

Sistema de mediciones 2D multiperfil

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

En la pestaña **Settings** se puede crear un diseño de adquisición utilizando cualquiera de los dispositivos tradicionales.

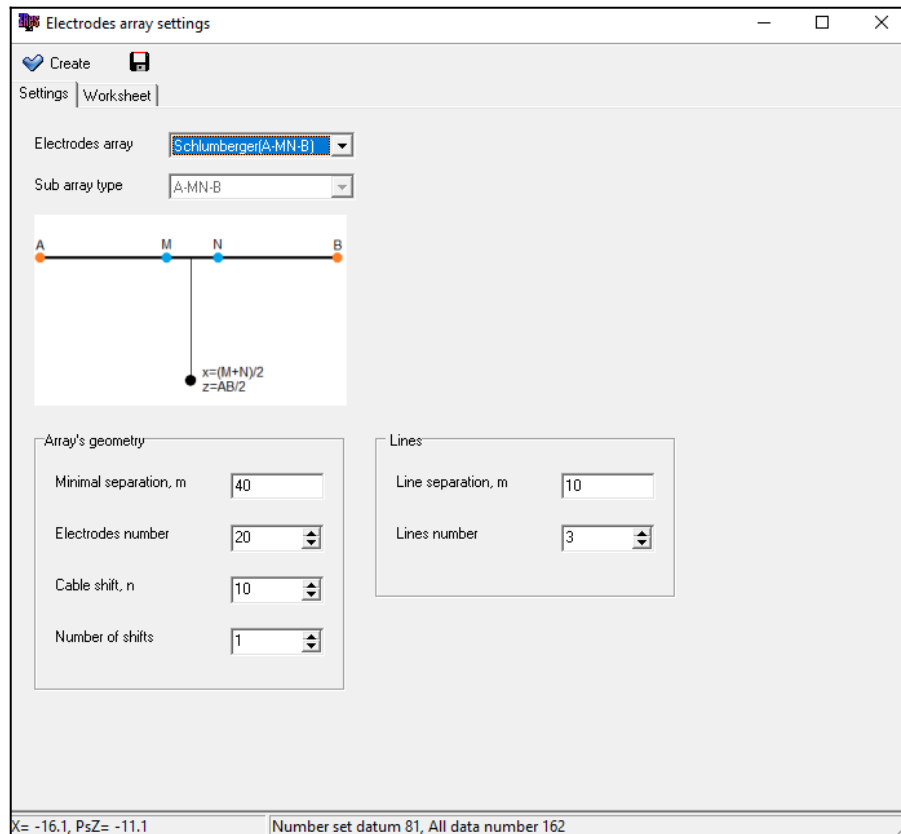


Fig. 1 **Cuadro de diálogo «Electrodes array settings», pestaña «Settings»: selección del tipo de dispositivo y de las principales características de su geometría**

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** se muestra el esquema correspondiente del dispositivo:

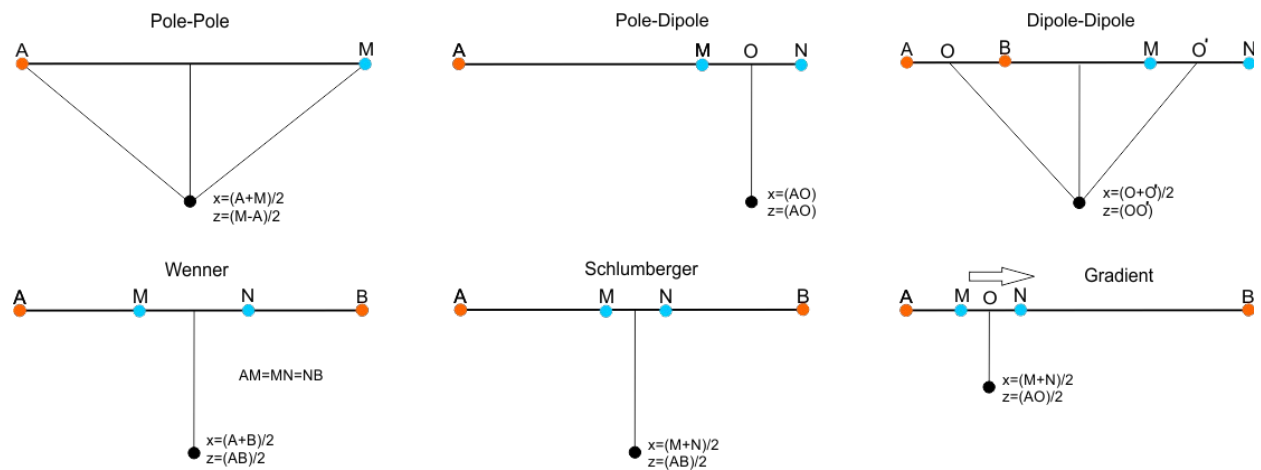


Fig. 2 Tipos de dispositivos más comunes

La lista desplegable **Sub array type** permite seleccionar el subtipo del dispositivo definido anteriormente (orden de colocación de los electrodos). Los subtipos dependen del dispositivo: para Pole-Pole, Forward A-M, Reverse M-A o A-M & M-A; para Pole-Dipole, Forward A-MN, Reverse MN-A o A-MN & MN-A; para Dipole-Dipole, Forward AB-MN, Reverse MN-AB o AB-MN & MN-AB; para Wenner, Alpha, Beta o Gamma; para Schlumberger, solo está disponible A-MN-B; para Gradient, A-MN-B o MN-A-MN-B-MN.

En la parte inferior izquierda de la pestaña **Settings** se encuentran los ajustes de **Array's geometry**, que definen los principales parámetros geométricos del diseño de adquisición creado:

Minimal separation, m – espaciado mínimo entre electrodos, en metros;

Electrodes number – número de electrodos en un cable;

Cable shift, n – valor del desplazamiento entre cables consecutivos, expresado en unidades del espaciado entre electrodos («Minimal separation, m»);

Number of shifts – número de desplazamientos del cable a lo largo del perfil. Si se selecciona 0 en este campo, solo se muestra una posición del cable.

En la parte inferior derecha de la pestaña **Settings** se encuentran los ajustes de **Lines**, que definen la distancia entre perfiles (**Line separation, m**) y el número de perfiles (**Lines number**).

Campo	Finalidad y valores permitidos
Minimal separation, m	Definir el espaciado entre electrodos; el valor predeterminado es 5 m y el intervalo permitido es 0,01–1000 m.
Electrodes number	Definir el número de electrodos en un cable; el valor predeterminado es 48 y el intervalo permitido es 1–512.
Cable shift, n	Definir el desplazamiento del cable; el valor predeterminado es 24 y el intervalo permitido es 1–256.
Number of shifts	Definir el número de posiciones del cable durante su desplazamiento; el valor predeterminado es 0 y el intervalo permitido es 0–10.

Line separation, m	Definir la distancia entre perfiles paralelos; el valor predeterminado es 10 m.
Lines number	Definir el número de perfiles; el valor predeterminado es 3 y el intervalo permitido es 1–20.

La pestaña **worksheet** (véase la figura siguiente) permite definir características adicionales de la geometría de adquisición. En esencia, es una herramienta completa para crear una secuencia de medición con el dispositivo seleccionado.

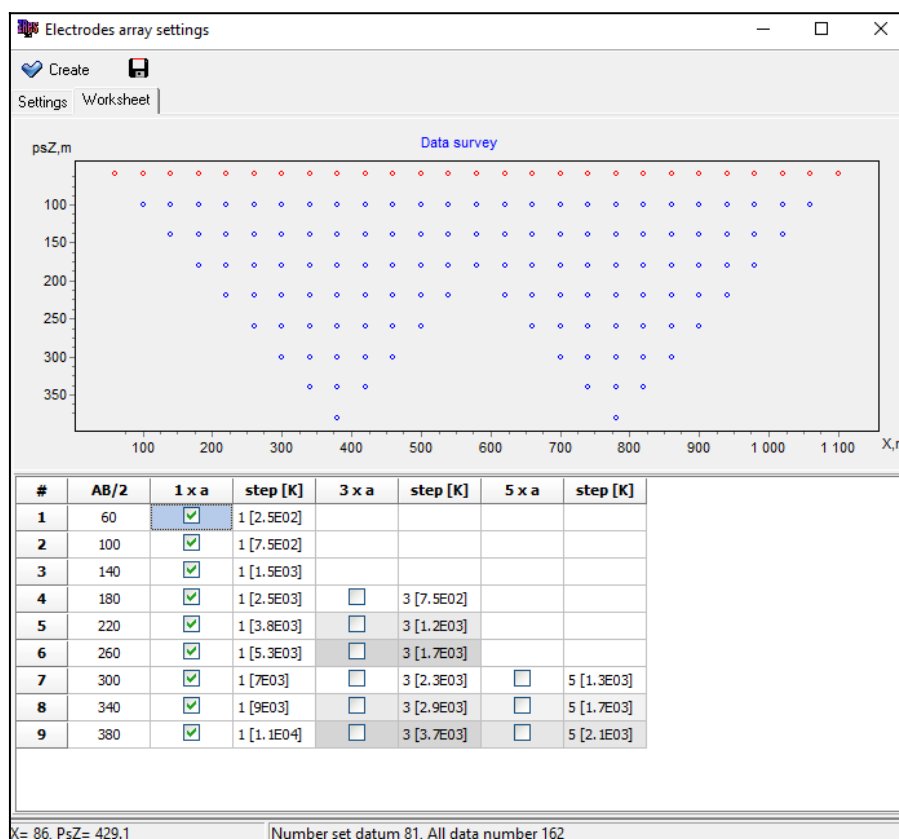


Fig. 3 **Cuadro de diálogo «Electrodes array setting», pestaña «Worksheet», características adicionales de la geometría**

En la parte superior de la pestaña **worksheet** se encuentra la ventana **Data survey**, que contiene una representación gráfica del diseño de adquisición creado. En la ventana **Data survey** se muestra esquemáticamente la ubicación de los puntos de medición mediante círculos. El eje horizontal representa la distancia a lo largo del perfil, en metros, y el vertical, el valor de la separación del dispositivo, en metros. Al situar el cursor sobre un punto de medición, se pueden ver los números de los electrodos correspondientes a ese punto. Por ejemplo, **C1C4P2P3** para el dispositivo **Schlumberger(A-MN-B)** indica que, para este punto de medición, se utilizaron los electrodos de corriente (Current) **1** y **4**, y los electrodos de potencial (Potential) **2** y **3**.

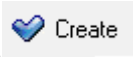
En la parte inferior de la pestaña **worksheet** se encuentra una **tabla**. La primera columna contiene todos los valores posibles de separación, en metros (**AO**, **OO**, **AB/2** o **AM/2** según el tipo de dispositivo seleccionado). Para incluir una separación determinada en el diseño de adquisición, se utiliza la columna «**M**» para el dispositivo **Pole-pole(A-M)**. Para los demás dispositivos, la inclusión de la separación se determina mediante la columna «**n x a**» (, 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, el espaciado mínimo entre los electrodos del cable. Cada columna **step[K]** que sigue a la columna «**n x a**» («**M**») define la frecuencia (densidad) de medición para cada separación. El valor **step** se puede introducir manualmente para cada separación y determina la frecuencia (densidad) de medición; el valor **[K]** (factor geométrico del dispositivo) se calcula automáticamente. Por ejemplo, si se introduce 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, en **Data survey**, solo se mostrará uno de cada tres puntos de medición.

Haga clic con el botón izquierdo del ratón en el encabezado de una columna de la tabla para incluir las mediciones correspondientes a todas las separaciones; haga clic con el botón derecho para desmarcarlas. Tras cambiar la selección, el programa actualiza el diseño de adquisición y su representación.

Abra el menú contextual del gráfico con el botón derecho del ratón. Seleccione **Filling by max coeff** para definir un umbral del factor geométrico y completar los niveles según este criterio; seleccione **Filling by max coeff [full]** para realizar el llenado completo. Para ambas opciones, el programa solicita un umbral en el intervalo 10–10000; el valor predeterminado es 2000.

Pulse **Create** para guardar el diseño de adquisición creado en el archivo temporal tmp.z3d y abrirlo como datos de medición.

La secuencia de medición del perfil se puede guardar en los formatos Syscal sequence (*.txt), ABEM sequence (*.xml), MAE sequence (*.sem), Multimax sequence (*.txt), AGI sequence (*.cmd) y MAE instrument (*.sem) mediante el botón  situado en la esquina superior izquierda del cuadro de diálogo.

Tras configurar los parámetros del dispositivo de medición, hacer clic en Create. 

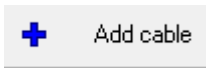
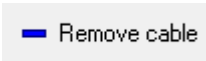
Se puede cambiar el sistema de medición sin modificar el modelo ni la geometría de los cables mediante la opción del menú principal del programa **File / Change array**, que vuelve al cuadro de diálogo de creación del sistema de medición.

Sistema de medición areal

Para abrir el cuadro de diálogo que contiene las opciones de selección de los parámetros del sistema de medición areal, se puede utilizar la opción del menú principal del programa: **File / 3D sequencer**.

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

Add cable	Añadir un cable: abrir el cuadro de diálogo Add cable , definir el espaciado entre electrodos y su cantidad y, a continuación, crear el cable. Tras confirmar, añadir nodos haciendo clic con el botón izquierdo del ratón en el gráfico; finalizar la construcción haciendo clic con el botón derecho.
Remove cable	Eliminar el cable activo.
Add sequence	Añadir una secuencia al cable activo utilizando los ajustes seleccionados del dispositivo.
Remove sequence	Eliminar la secuencia activa.
Cable#	Seleccionar el cable activo.
Sequence#	Seleccionar la secuencia activa.
Save	Abrir el cuadro de guardado y seleccionar el formato Sequence project (.swz), ZondRes3D (.z3d), MAE sequence (.sem) o SWI (.swi).
Load	Cargar el proyecto Sequence project (.swz).
Modelling	Guardar la configuración actual en tmp.z3d y abrirla como conjunto de datos para pasar a la modelización.

El cable se añade con el botón ; para ello, se deben definir la cantidad de electrodos y el espaciado 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.

Cuadro de diálogo Add cable

Campo o botón	Función
Spacing	Definir la distancia entre electrodos; el valor predeterminado es 5.
Numb of electrodes	Definir la cantidad de electrodos; el valor predeterminado es 48 y el intervalo permitido es 16–256.
Create	Confirmar la creación del cable con los parámetros definidos y pasar a su construcción en el gráfico.

Al hacer clic con el botón derecho se finaliza el proceso de creación del cable en la tableta.

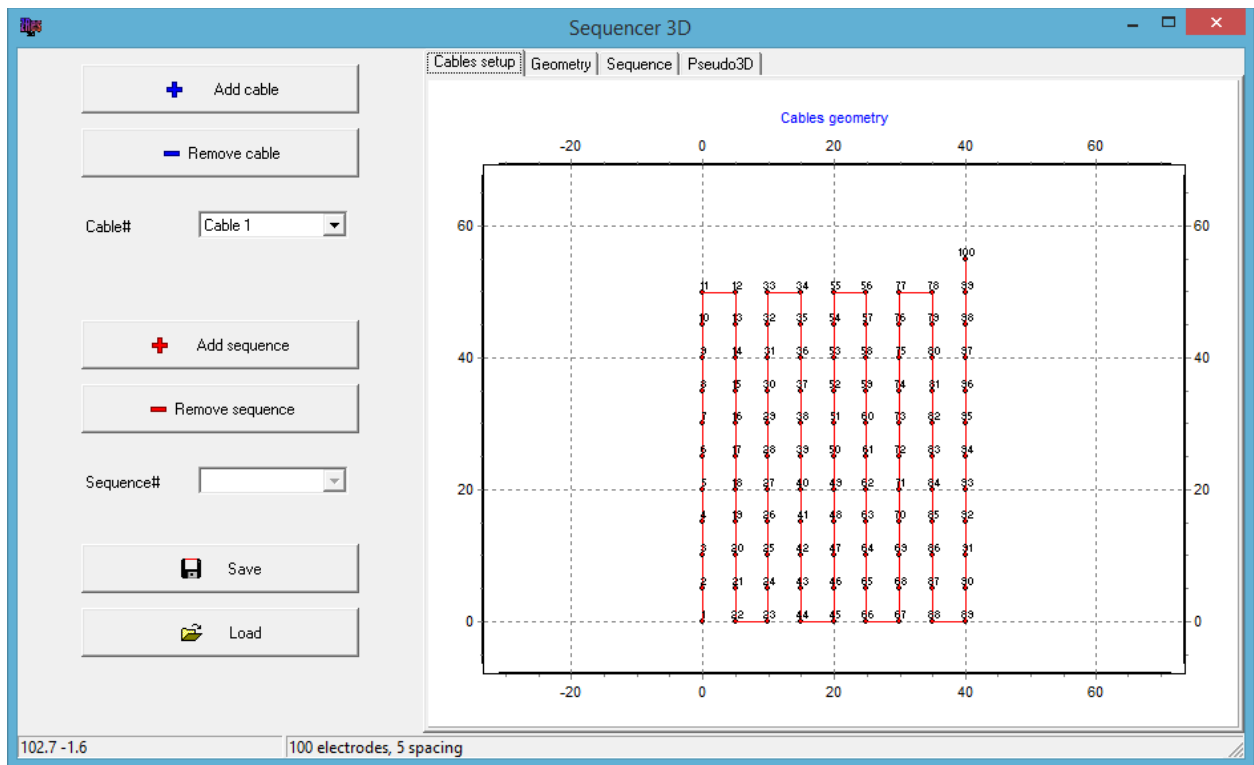


Fig. 4 Ventana de diálogo «Sequencer 3D», pestaña «Cables setup»

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

La columna **Ind** permite definir un índice entero para cada electrodo.

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

La casilla marcada en la columna **skp** excluye este electrodo del cable al crear la secuencia.

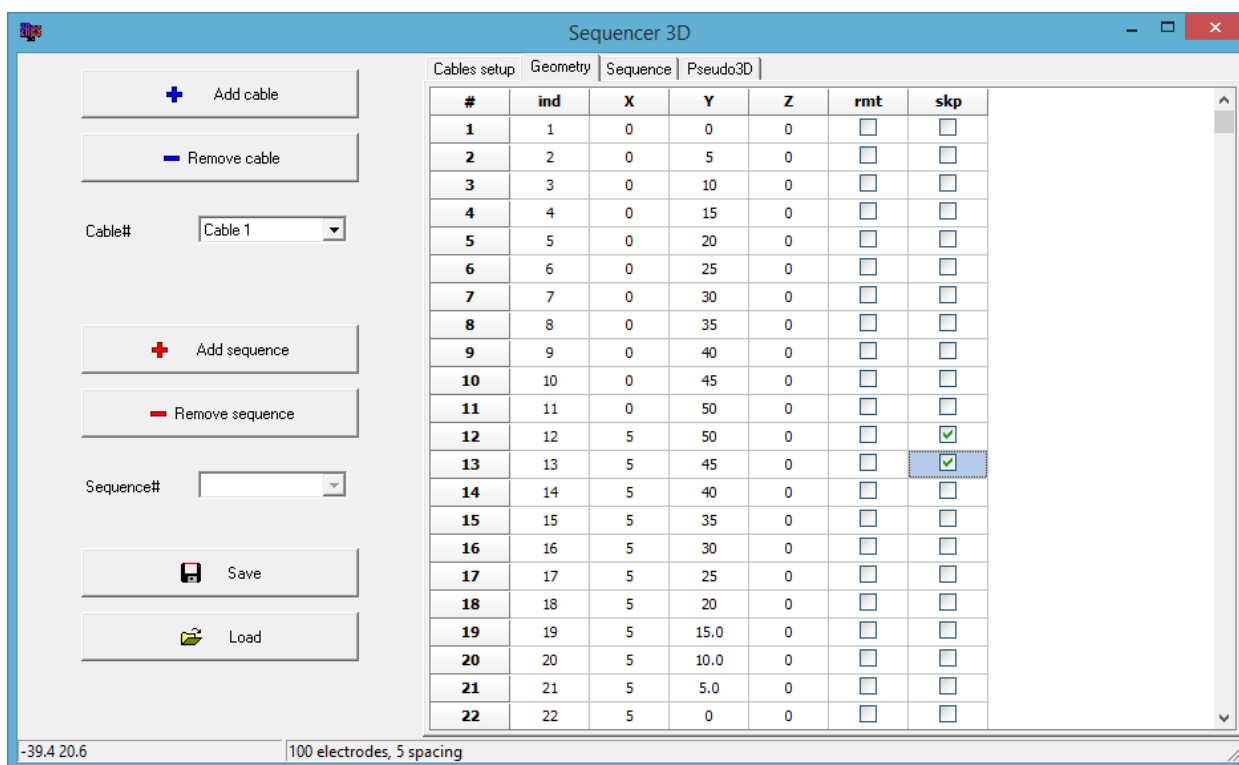


Fig. 5 Ventana de diálogo «Sequencer 3D», pestaña «Geometry»

La pestaña **Sequence** se utiliza para crear la secuencia de medición (véase la figura siguiente). Las listas desplegables **Array** y **Subarray** permiten seleccionar el tipo y el subtipo de dispositivo. La lista desplegable **Geometry** permite seleccionar la orientación de los dipolos.

En la lista **Array** están disponibles Pole-Pole, Pole-dipole, Dipole-dipole, Bipole-bipole, Wenner y Gradient. El contenido de la lista **Subarray** y la disponibilidad de **Geometry** dependen del dispositivo seleccionado. Para Wenner están disponibles Alpha, Beta y Gamma; para Pole-dipole, Inline y Arbitrary; para Dipole-dipole y Bipole-bipole, Inline, Parallel y Arbitrary.

En la pestaña **Sequence** definir las restricciones **MaxK**, **MinDIP** y **MaxDIP**. Los valores predeterminados son 1000, 0 y 200, respectivamente. Activar **Add reciprocity** para añadir mediciones recíprocas en dispositivos de dos o cuatro electrodos; activar **Unstable check** para excluir las mediciones inestables ante errores en la geometría de los electrodos. Hacer clic en una fila de la tabla para mostrar el esquema de los electrodos seleccionados; marcar **skip** para excluir la separación de la secuencia.

En la pestaña **Cables setup** hacer clic con el botón derecho en el gráfico para finalizar la construcción del cable activo. Para cambiar entre los cables creados, utilizar **Cable#**; para cambiar entre las secuencias del cable activo, utilizar **Sequence#**.

El archivo ZondRes3D (.z3d) se guarda como una tabla de texto: la primera fila contiene los encabezados C1X, C1Y, C1Z, C2x, C2Y, C2Z, P1X, P1Y, P1Z, P2x, P2Y, P2Z y ro_a. Cada fila siguiente corresponde a una medición y contiene las coordenadas de los electrodos A, B, M y N (tres

valores por electrodo), seguidas del valor 100 en la columna ro_a. Para un electrodo ausente, se escriben tres caracteres * en lugar de sus coordenadas.

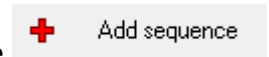
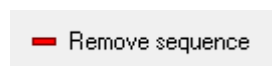
Al guardar en SWI, el programa crea un archivo de texto independiente para cada par «cable — secuencia». En él se escriben primero las filas de electrodos con el índice y las coordenadas x, y, z, y después las filas de mediciones con el número de medición y los índices A, B, M, N. Para el electrodo ausente se escribe 0. Las filas comienzan con los encabezados # X Y Z y # A B M N.

En el campo **Filter** se configuran el coeficiente geométrico máximo (**MaxK**), la longitud mínima y máxima del dipolo (**MinDIP** y **MaxDIP**) y la comprobación de valores inestables (**Unstable check**). Se consideran inestables los valores para los que los coeficientes de configuración son muy sensibles a los errores en la geometría de los electrodos.

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

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

Crear una secuencia de medición para el cable y el dispositivo seleccionados con el botón Add sequence. Eliminar la secuencia activa con el botón Remove sequence.



Para cada cable (o par de cables) se pueden crear varias secuencias con distintos dispositivos. El dispositivo activo se selecciona en la lista desplegable **Sequence#**.

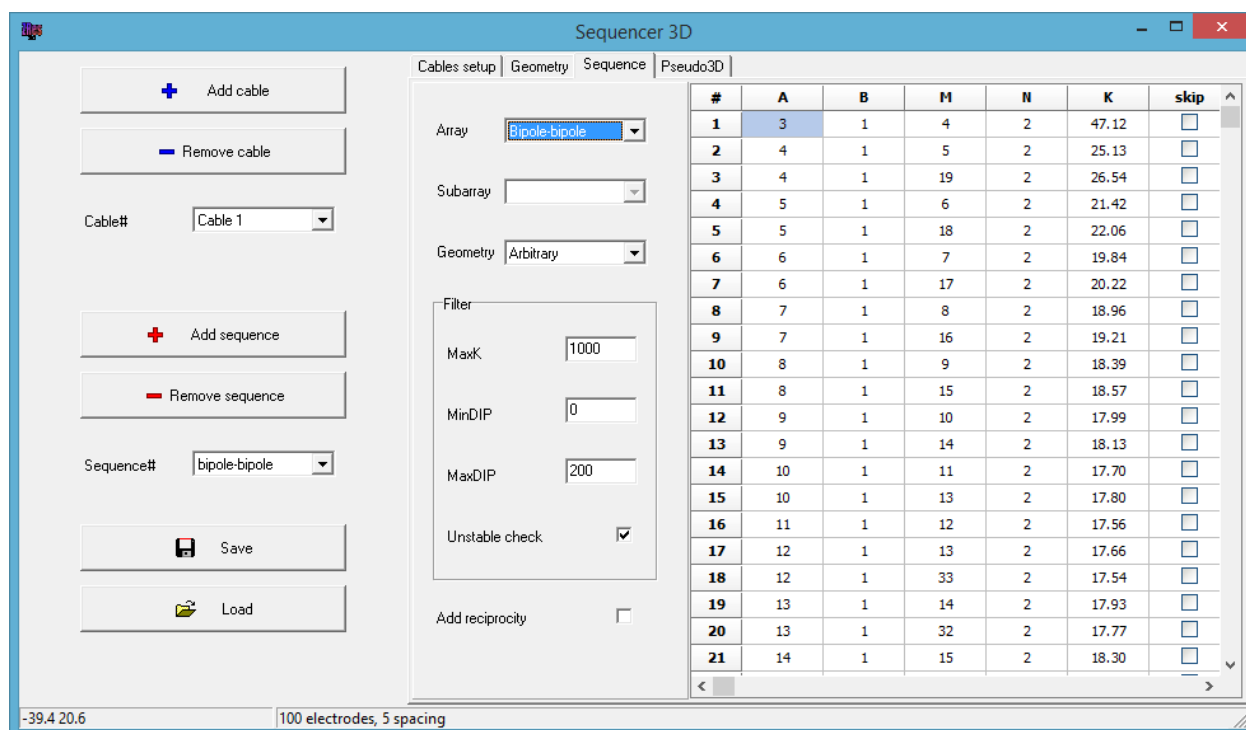


Fig. 6 Ventana de diálogo «Sequencer 3D», pestaña «Sequence»

En la pestaña **Pseudo3D** (véase la figura siguiente) se visualiza la nube de puntos de la pseudosección. El cable actual se muestra en rojo.

El diseño de adquisición creado se puede guardar con el botón Save en los formatos Sequence project (.swz), ZondRes3D (.z3d), MAE sequence (.sem) o SWI (.swi).  Save

El diseño de adquisición se puede cargar  Load desde un archivo en formato **Sequence project**.

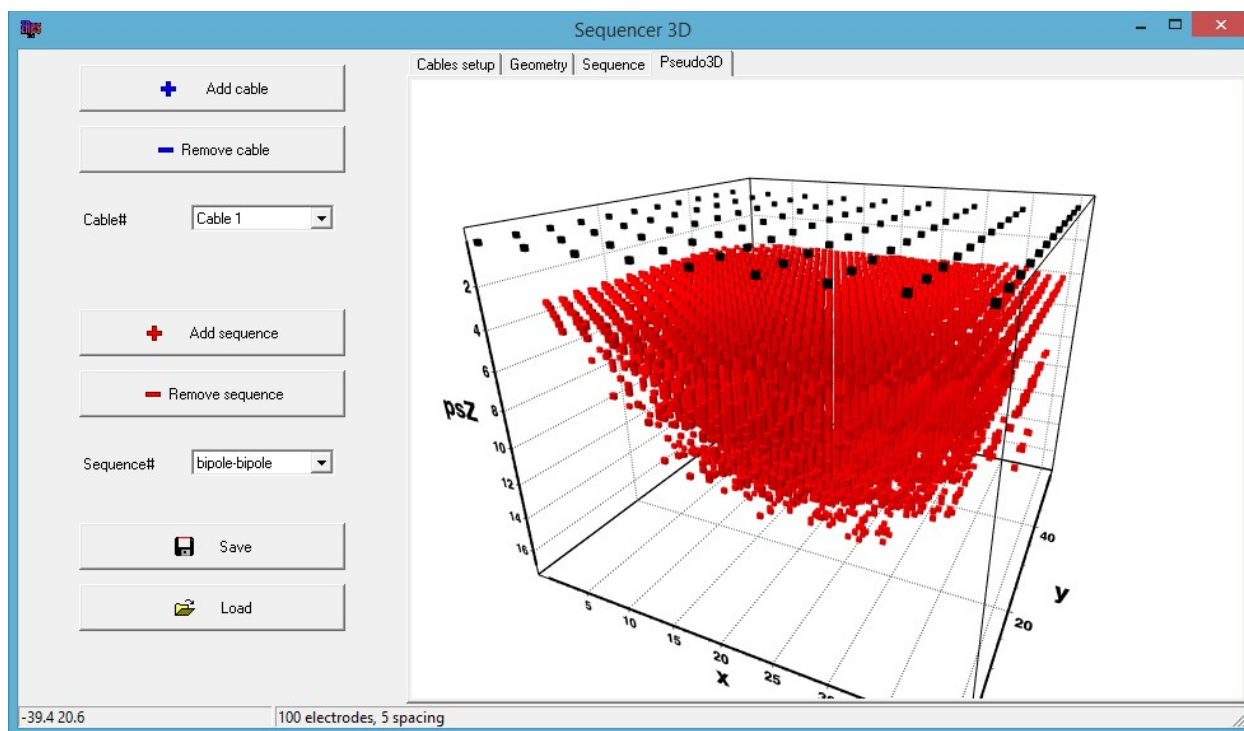


Fig. 7 Ventana de diálogo «Sequencer 3D», pestaña «Pseudo3D»

Carga de datos de campo desde archivos

Formatos compatibles

Para empezar a trabajar con el programa **ZondRes3D**, es necesario crear un archivo de datos de un formato determinado que contenga información sobre las coordenadas de los electrodos, la topografía y los resultados de las mediciones.

Los archivos de datos de texto organizados en el formato del programa **ZondRes3D** tienen la extensión «*.z3d» (*más información en la sección «formato del archivo de datos principal *.z3d»*).

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

- caracteres no convencionales como separadores de registros en una fila (se deben usar TAB o SPACE);
- valores absurdos de los parámetros de medición (por ejemplo, valores negativos de resistividad aparente).

Se recomienda que el número total de mediciones contenidas en un archivo no supere las 300 000 y que el número de posiciones únicas de electrodos no supere las 10 000.

ZondRes3D también admite formatos de datos populares, como Res3dInv (Geotomo Software, M.H. Loke), ABEM (Sweden), AGI (Advanced Geosciences, Inc., USA), Syscal (Iris Instruments, France) y otros. Al seleccionar la opción de menú «**File** / Open» file, se solicitará seleccionar el formato del archivo:

ZondRes3D files	Abrir un archivo de datos o un archivo de datos o de proyecto de ZondRes3D.
ZondRes2D files	Abrir archivos de datos en formato ZondRes2D para combinarlos en un proyecto. Se solicita al usuario que introduzca las coordenadas de área del inicio y el final de cada perfil.
Geosoft file	Abrir un archivo de datos en formato Geosoft.
Syscal text file	Abrir un archivo de datos en formato Syscal.
ABEM text file	Abrir un archivo de datos en formato ABEM.
AGI data file	Abrir un archivo de datos en formato AGI.
Res3dInv	Abrir un archivo de datos en formato Res3dInv.
GDD files	Abrir un archivo de datos en formato GDD.
Skala 48/64 csv	Abrir un archivo de datos en formato Skala 48/64.
Smartem24 files	Abrir un archivo de datos en formato Smartem24.
ERTLab data	Abrir un archivo de datos del programa ERTLab.
LGM device	Abrir un archivo de datos del equipo LGM.

El programa **ZondRes3D** permite cargar archivos de datos de texto en formato *.z2d. Para ello, en la ventana de diálogo «Abrir» , en el campo «Tipo de archivos», se debe establecer el tipo de datos ZondRes2D files y seleccionar los archivos necesarios. A continuación, aparece el diálogo **Multi-files case** (véase la figura siguiente), donde se debe seleccionar Collect from 2D.

Si se seleccionan varios archivos Z3D, también se pueden combinar mediante este diálogo.

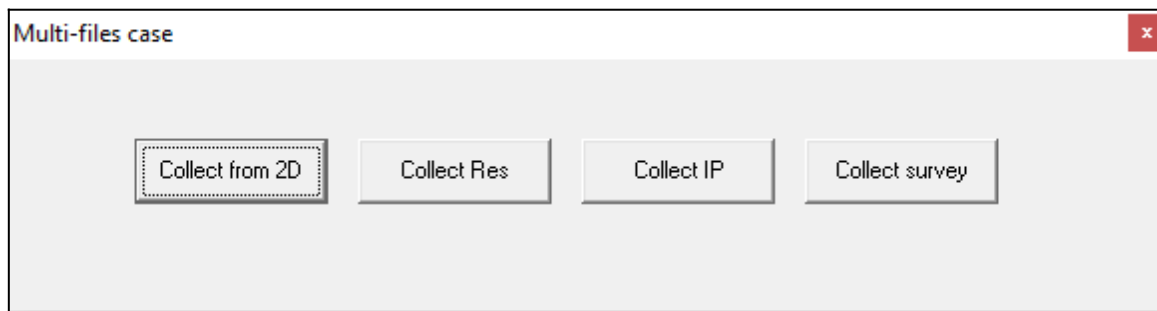


Fig. 8 Ventana de diálogo para seleccionar el tipo de datos que se van a cargar

El programa permite combinar datos en las siguientes modalidades:

Collect from 2D – combina los datos de varios perfiles 2D en un área. Si los datos 2D solo contienen la coordenada horizontal X, al seleccionar esta opción aparece un cuadro de diálogo para definir las coordenadas de cada perfil. En él se deben especificar las coordenadas del inicio y del final de cada perfil seleccionado:

Ventana de diálogo «2D to 3D converter»

Al cambiar las coordenadas, se actualizan la longitud de la línea $L=$ y el ángulo $A=$.

Con la casilla de verificación desactivada junto al campo $A=$, el ángulo $A=$ se calcula automáticamente a partir de las coordenadas de los extremos de la línea. Active la casilla para editar el ángulo manualmente; en ese caso también se muestran la etiqueta **RoundUP** y un campo adicional que inicialmente contiene «*».

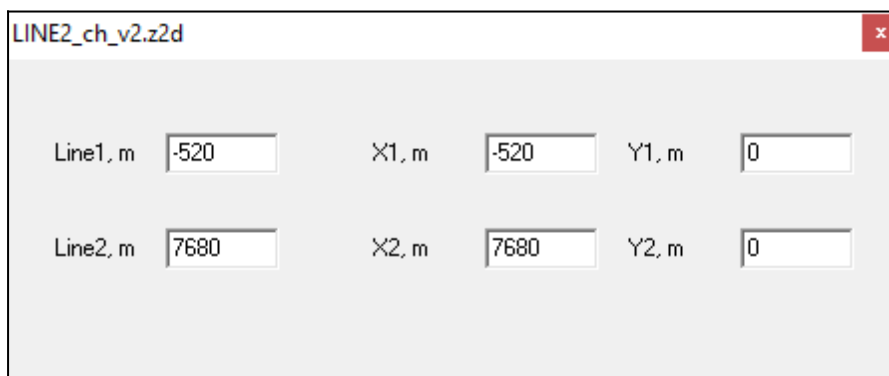


Fig. 9 Ventana de diálogo para definir las coordenadas de los perfiles 2D

Collect Res – esta opción debe utilizarse cuando se realizan mediciones repetidas sin cambiar la posición del dispositivo (monitorización). Al seleccionar esta opción, aparece una lista adicional en la barra de herramientas  que permite seleccionar el canal activo (realización).

Collect IP – opción análoga a la anterior para recopilar la cargabilidad aparente de distintos archivos (normalmente, todos los canales de cargabilidad se registran en un mismo archivo).

Al cargar el tipo de datos Collect Res y Collect IP, se activa el menú Time lapse, que permite configurar la inversión de los datos de monitorización e IP.

Collect survey – esta opción permite combinar en un solo proyecto datos en formato de texto *.z3d procedentes de varios sectores de un área. Al seleccionar esta opción, el programa solicita definir los desplazamientos XY en metros para cada archivo de datos seleccionado.

En los datos de tomografía entre pozos, la coordenada vertical de los electrodos debe tener valores negativos con respecto a la superficie.

Formato del archivo principal de datos *.z3d

El archivo *.z3d es un formato de datos universal que incluye información sobre las coordenadas de los electrodos de corriente y de potencial, las cotas relativas de la topografía y los valores medidos propiamente dichos (señal normalizada, resistividad aparente o cargabilidad aparente).

Los archivos en formato *.z3d pueden tener estructuras diferentes: pueden ser archivos de datos de texto (su estructura se describe más adelante) o archivos binarios de proyecto (creados por el programa al guardar). El archivo de proyecto es binario y solo se puede leer con **ZondRes3D**. Contiene toda la información utilizada al trabajar con el proyecto: datos observados, datos calculados, modelos, información a priori introducida, etc.

El archivo de datos de texto 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

Si el archivo contiene datos de monitorización o datos IP multicanal, antes de la primera línea se escribe la configuración de las realizaciones:

time_#chann 1 2 3 n,

donde los números indican las realizaciones de monitorización o los valores de tiempo/frecuencia para el modo IP.

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

Prof - índice del perfil en el que se realizó la medición (se utiliza para mostrar por separado los datos de distintos perfiles 2D).

En **ZondRes3D** se utilizan las siguientes denominaciones (claves) para las coordenadas de los electrodos:

Electrodos de corriente **C1x C2x C1z C2z C1y C2y** (del inglés Current)

Electrodos de potencial **P1x P2x P1z P2z P1y P2y** (del inglés Potential)

Z de los electrodos deben introducirse cuando sea necesario, por ejemplo, en mediciones entre pozos o en estudios en zonas acuáticas. Al introducir las coordenadas Z de los electrodos, se debe tener en cuenta que los valores negativos indican que el electrodo está sumergido con respecto a la superficie de medición (por debajo de ella). Las coordenadas positivas se utilizan en estudios

acuáticos, cuando el electrodo está en la superficie o en una capa de agua, o para indicar la topografía.

El signo * delante de la clave de un electrodo (por ejemplo, *C1x) indica que el electrodo se considera «remoto» (remote); sus coordenadas se tienen en cuenta en los cálculos, pero no participa en la generación de la malla ni en la visualización.

Para los valores medidos se utilizan las siguientes claves:

Ro_a - resistividad aparente;

Res - módulo de la señal normalizada (relación entre la diferencia de potencial y el valor de la corriente);

SRes - señal normalizada con signo (por ejemplo, para mediciones entre pozos).

Si se utilizan datos de monitorización, se añade a la clave el índice de la realización correspondiente (por ejemplo, **ro_a1 ro_a2 o res1, res2**).

Se recomienda utilizar SIEMPRE el valor **Res** o **SRes** al crear un archivo de datos, para evitar errores cuando hay datos de topografía.

Los valores teóricos calculados de la señal normalizada con signo durante la modelización se guardan en el archivo con la clave **Tres**.

Cargabilidad aparente **Eta_a** en porcentaje.

Como **Eta_a** se puede utilizar la cargabilidad aparente medida en el dominio del tiempo y calculada mediante la fórmula:

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

donde ΔV_{pr} – diferencia de potencial en el momento de hacer pasar la corriente, ΔV_{IP} – durante la pausa. Al utilizar datos de campo, los valores medidos de cargabilidad aparente deben dividirse previamente entre 10.

En el dominio de frecuencias, el parámetro de polarización inducida es la fase (φ_{IP}).

Las mediciones IP multicanal se especifican mediante las claves **ipi1-ipin** (en porcentaje) en el dominio temporal **mod1-mod2** y **pha1-phan** (en grados) en el dominio de frecuencias.

El error o peso de las mediciones se especifica en la columna con la clave **Weight** y **WeightIP** (para IP) y determina la calidad de las mediciones. Los valores de los pesos 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.

Las filas siguientes contienen los datos propiamente dichos de cada medición, escritos en el mismo orden que las claves de control de la primera fila.

Si en un mismo perfil se utilizan dispositivos distintos (en cuanto al número de electrodos), se escribe el símbolo * en lugar de la coordenada del electrodo ausente.

A continuación, se introduce una columna de nodos adicionales de la malla horizontal (si es necesario). Las coordenadas XY de cada nodo nuevo se introducen después del símbolo ***. Normalmente, se añaden nodos a la malla para ampliar el área del modelo más allá de los electrodos extremos del perfil o, si hay un relieve abrupto fuera del área de estudio, también resulta conveniente añadir nodos para la tomografía eléctrica entre pozos.

Después de leer el archivo, si es necesario, se normalizan los datos 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.

Ejemplo de archivo:

```
prof c1x c2x p1x p2x c1y c2y p1y p2y c1z c2z p1z p2z weight res weightip eta_a
0 3800 3600 3550 3575 100 100 100 100 0 0 0 0 1 0.28 1 0.15
0 3800 3600 3525 3550 100 100 100 100 0 0 0 0 1 0.12 1 0.26
0 3800 3600 3275 3375 100 100 100 100 0 0 0 0 1 0.021 1 0.32
.....
1 3800 3600 3550 3575 200 200 200 200 0 0 0 0 1 0.24 1 0.16
1 3800 3600 3525 3550 200 200 200 200 0 0 0 0 1 0.082 1 0.18
1 3800 3600 3475 3525 200 200 200 200 0 0 0 0 1 0.081 1 0.27
.....
```

El archivo de datos puede presentarse en formato de malla trapezoidal (en este caso, los nodos de la malla están vinculados a electrodos determinados). En ese caso, el archivo consta de dos bloques: la descripción de los electrodos y la descripción de los datos.

El primer bloque comienza después de la línea **#electrodes** e incluye 5 columnas. La primera indica la coordenada X, la segunda, la coordenada Y, la tercera, la elevación; la cuarta y la quinta, los índices de los nodos de la malla en las direcciones X e Y. Cada fila que sigue a la línea **#electrodes** corresponde a un electrodo cuyo número coincide con el número de fila del bloque.

El segundo bloque comienza después de las claves de control C1, C2, etc. El segundo bloque difiere poco del formato descrito anteriormente, con la única excepción de que, en lugar de las posiciones reales de los electrodos, se indican sus números correspondientes al primer bloque.

Ejemplo de archivo:

```
#electrodes
0 0 0 0 0
2 0 0 1 0
4 0 0 2 0
```

6	0	0	3	0
8.1	0	0	4	0
10	0	0	5	0
12	0.1	0	6	0
14	0	0	7	0
16	0	0	8	0
18	0	0	9	0
20	0	0	10	0

.....

c1	p1	p2	ro_a
1	2	3	100
1	3	4	100
1	4	5	100

II parte del archivo de datos: datos de topografía

Si se dispone de datos de topografía, después de la descripción de los datos y las coordenadas de los electrodos se escribe una línea con la palabra **topo**, seguida de una lista de coordenadas y elevaciones topográficas en el formato X Y Z. Para interpretar los datos teniendo en cuenta la topografía, es preferible utilizar los valores **res** (para evitar errores al trabajar con la topografía).

topow es una clave que se utiliza cuando se trabaja con 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 combinan mediciones). En la misma línea, separadas por espacios, también deben indicarse el nivel del agua (respecto al perfil del fondo especificado 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 de funciones de la ventana principal del programa. Se pueden definir sistemas combinados en los que las mediciones se realizan en el fondo y en la superficie de la masa de agua. Para ello, las coordenadas verticales de los electrodos deben introducirse con respecto al nivel del perfil del fondo.

topo* En el caso acuático, esta clave simplifica la introducción de los datos de topografía si el cable está en la superficie del agua.

Ejemplo de archivo:

prof c1x c2x p1x p2x c1y c2y p1y p2y c1z c2z p1z p2z weight res

.....

10 7280 7680 7160 7080 2000 2000 2000 2000 0 0 0 0 1 0.23

```

10 7280 7680 7080 7000 2000 2000 2000 2000 0 0 0 0 1 0.093
10 7280 7680 7000 6840 2000 2000 2000 2000 0 0 0 0 1 0.076
10 7280 7680 6840 6680 2000 2000 2000 2000 0 0 0 0 1 0.030

```

```

.....
Topo

```

```

.....
-5.200000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.576400000000000E+0002
-4.800000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.546300000000000E+0002
-4.400000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.514800000000000E+0002
-4.000000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.484700000000000E+0002
-3.600000000000000E+0002 0.000000000000000E+0000 5.459000000000000E+0002
.....

```

La topografía también puede representarse en las columnas c1z ...p2z; en ese caso, no es necesario introducir el bloque **topo**.

Es importante señalar que, en los sistemas combinados (con electrodos sumergidos), los electrodos situados en la superficie (del terreno o del fondo de una masa de agua) tienen una coordenada Z igual a 0. Los electrodos sumergidos en un pozo tienen coordenadas Z negativas. Si el sistema de medición incluye electrodos sumergidos y de superficie, es necesario introducir la información topográfica en el bloque topo y las profundidades en las columnas c1z ...p2z.

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

El programa permite importar datos desde un formato de texto arbitrario o una tabla. Para cargar datos desde un archivo de texto tabulado o un archivo de MS Excel, seleccione la función **File / Import from text/excel**. Tras seleccionar el archivo, aparecerá el cuadro de diálogo Imported data (véase la figura siguiente). Los botones **Start** y **End** de la barra superior del cuadro de diálogo permiten establecer la primera y la última fila de los datos. Seleccione la fila necesaria y pulse el botón correspondiente. La primera y la última fila aparecerán resaltadas en gris en la tabla.

N	None	None	None	None	None	None	None	None	None
1	prof	None	c2x	p1x	p2x	c1y	c2y	p1y	
2	0	C1x	*	10.40	14.02	4.46	*	4.37	
3	0	C2x	*	9.26	12.76	4.46	*	4.25	
4	0	P1x	*	8.06	11.53	4.46	*	4.15	
5	0	P2x	*	6.84	10.40	4.46	*	4.28	
6	0	C1y	*	5.53	9.02	4.46	*	4.41	
7	0	C2y	*	4.17	7.56	4.46	*	4.47	
8	0	-0.051	*	5.33	6.39	4.46	*	4.44	
9	0	-0.051	*	4.41	5.53	4.46	*	4.47	
10	0	-0.051	*	3.43	4.65	4.46	*	4.50	
11	0	-0.051	*	2.44	3.68	4.46	*	4.46	
12	0	-0.051	*	1.94	3.18	4.46	*	4.41	
13	0	-0.051	*	1.44	2.68	4.46	*	4.45	
14	0	-0.051	*	1.94	2.18	4.46	*	4.41	
15	0	-0.051	*	1.69	1.94	4.46	*	4.44	
16	0	-0.051	*	1.44	1.69	4.46	*	4.45	
17	0	-0.051	*	1.19	1.44	4.46	*	4.47	
18	0	-0.051	*	0.95	1.19	4.46	*	4.49	
19	0	-0.051	*	0.70	0.95	4.46	*	4.48	
20	0	-0.051	*	0.44	0.70	4.46	*	4.47	
21	0	-0.051	*	0.20	0.44	4.46	*	4.47	
22	0	0.20	*	9.50	13.02	4.47	*	4.24	
23	0	0.20	*	8.32	11.78	4.47	*	4.15	
24	0	0.20	*	7.08	10.64	4.47	*	4.24	
25	0	0.20	*	5.75	9.26	4.47	*	4.38	
26	0	0.20	*	4.41	7.81	4.47	*	4.47	

Fig. 10 Cuadro de diálogo de importación de datos «Imported data»

En la barra superior también hay una lista desplegable en la que se debe seleccionar el tipo de datos: **Land** – datos de levantamientos terrestres, **Underwater** – mediciones en zonas acuáticas, **Cross-boreholes** – datos entre pozos.

En el menú desplegable contiguo se deben especificar las unidades de medida de la cargabilidad: **IP %** - porcentajes hasta 100, **IP mV/V** – mV/V hasta 1000, **IP deg** e **IP mrad** – al trabajar en el dominio de la frecuencia, la fase se expresa en grados o milirradianes, respectivamente (siempre es inferior a cero).

En la primera fila de cada columna de la tabla de datos hay una lista desplegable que permite especificar el tipo de datos: **line** – número del perfil de medición; **C1x**, **C2x**, **C1y**, **C2y**, **C1z**, **C2z** – coordenadas de los electrodos de corriente; **P1x**, **P2x**, **P1y**, **P2y**, **P1z**, **P2z** – coordenadas de los electrodos de potencial; **ro_a** – resistividad aparente; **res** – módulo de la señal normalizada; **IP** – cargabilidad aparente.

Tras pulsar el botón **OK**, los datos se cargarán en el programa.

Editor de perfiles

Después de cargar un archivo de datos o crear un sistema sintético, aparece el cuadro de diálogo de configuración de líneas de perfil «**Set lines for survey**» (véase la figura siguiente). Este cuadro de diálogo permite definir, eliminar y editar líneas de perfil, modificar las coordenadas de los electrodos y cargar una imagen o un mapa topográfico como imagen de fondo.

El editor de perfiles se puede abrir durante el trabajo con el proyecto mediante el menú principal del programa **Options / Set survey lines**.

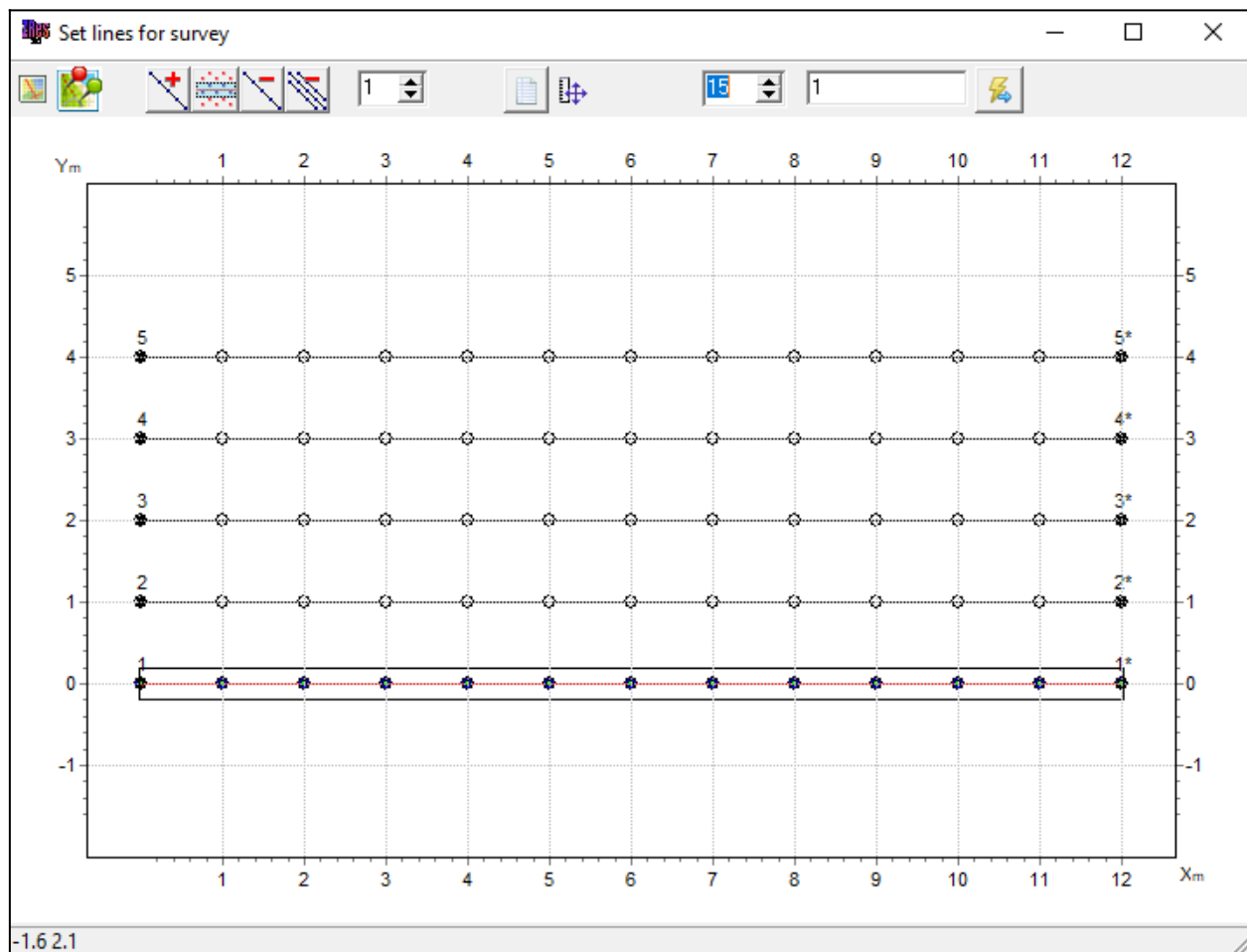
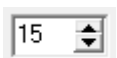


Fig. 11 Cuadro de diálogo de configuración de líneas de perfil «Set lines for survey»

La barra de herramientas de este cuadro de diálogo contiene las siguientes opciones:

	Abrir el menú Map/Topography: cargar un archivo de imagen de fondo mediante Map o mostrar los datos topográficos mediante Topography.
	Cargar una imagen satelital como imagen de fondo. Al utilizar esta función, se debe especificar la zona UTM. Las coordenadas de los electrodos deben estar expresadas en formato UTM.
	Añadir una línea de perfil. Con el botón izquierdo del ratón se definen los puntos de la línea de perfil; con el botón derecho se define el último punto.

	Al hacer clic derecho se abre un menú contextual con opciones adicionales. <i>Set line coordinates</i> – permite definir manualmente las coordenadas de la línea; <i>Cursor to near point</i> – con esta opción activada, la línea de perfil pasa por los electrodos más próximos al cursor; <i>Invert line</i> – invertir la línea de perfil; <i>Create lines auto</i> – crear líneas de perfil automáticamente.
	Incluir en el perfil los puntos situados dentro de una zona rectangular alrededor de la línea definida.
	Eliminar el perfil actual.
	Eliminar todos los perfiles.
	Definir el número del perfil activo.
	Abrir y editar la tabla de coordenadas de los electrodos (cuadro de diálogo Locations).
	Seleccionar la escala de la imagen: igual en ambos ejes o con el máximo ajuste al área de la ventana.
	Establecer el tamaño de la zona para la selección automática de puntos de sondeo en el perfil.
	Definir el nombre del perfil activo.
	Pasar al modo de inversión de datos para el sistema de perfiles seleccionado.
Load map as background, or hide map (right click)	Hacer clic con el botón izquierdo para abrir los menús Map y Topography . Hacer clic derecho para ocultar la imagen de fondo cargada.
Wideness of selection rectangle, %	Definir la anchura de la zona de selección de puntos, en porcentaje; se admiten valores de 1 a 100 y el valor predeterminado es 15.
Active line index	Definir el número del perfil activo. Si no hay perfiles, el valor disponible es 0; de lo contrario, el número debe estar comprendido entre 1 y el número de perfiles.

Cuadro de diálogo UTM zone

Definir la zona en el campo con la indicación **positive for northern hemisphere / negative for southern hemisphere**: un valor positivo corresponde al hemisferio norte y uno negativo, al hemisferio sur; se admiten valores de -60 a 60 y el valor predeterminado es 30. Seleccionar un país en la lista **Find UTM zone by country** para establecer la zona correspondiente. Hacer clic derecho en la imagen del mapa para seleccionar una zona mediante un punto: el programa redondea la coordenada horizontal al número de zona, entre 1 y 60, y determina el signo según el hemisferio.

Cuadro de diálogo Settings (creación automática de perfiles)

El cuadro de diálogo se abre antes de la creación automática de líneas de perfil (opción del menú contextual del editor de perfiles). El programa conecta sucesivamente puntos de observación vecinos formando cadenas y, a continuación, agrupa los segmentos con direcciones similares para formar perfiles.

Max curvature angle 0:90	Ángulo máximo (en grados) entre segmentos consecutivos de una cadena. Un punto se añade al perfil solo si el cambio de dirección en ese punto no supera este ángulo. El valor predeterminado es 30. Los valores menores producen perfiles más rectos y dividen las líneas en los recodos; los valores mayores permiten seguir perfiles curvos.
Max misfit %	Aumento admisible de la desviación media de los puntos respecto a una recta al combinar dos segmentos en un perfil (0–100 %, valor predeterminado: 10). Cada segmento se aproxima mediante una recta por el método de mínimos cuadrados; los segmentos se combinan si, tras la unión, la desviación media aumenta como máximo en el porcentaje especificado.
Style	Método de búsqueda de puntos vecinos: Auto — mediante los cuatro vecinos más próximos, sin una dirección preferente; Force SN , Force WE , Force NW , Force NE — las distancias perpendiculares a la dirección seleccionada (norte–sur, oeste–este, noroeste o noreste) se multiplican artificialmente por 5, por lo que las cadenas se construyen principalmente a lo largo de esa dirección; Parallel lines (auto) — véase más abajo.

El estilo **Parallel lines (auto)** está pensado para levantamientos con un sistema de perfiles paralelos (incluidos los ligeramente curvos), con espaciado irregular y puntos ausentes. El programa determina la dirección predominante de los perfiles a partir del histograma de direcciones hacia los

vecinos más próximos, gira el sistema de coordenadas para alinearlo con esa dirección, estima la distancia típica entre perfiles (la mediana) y agrupa los puntos según la coordenada transversal: comienza una nueva línea cuando la separación transversal supera la mitad de esa distancia. Dentro de cada línea, los puntos se ordenan a lo largo del perfil; si aparece una separación superior a seis distancias entre perfiles a lo largo de la línea, esta se divide en perfiles independientes. Cada perfil se aproxima mediante una recta. Los campos **Max curvature angle** y **Max misfit %** no se utilizan en este modo. Si no hay una dirección de adquisición definida (los puntos están dispuestos de forma caótica), es preferible utilizar **Auto**.

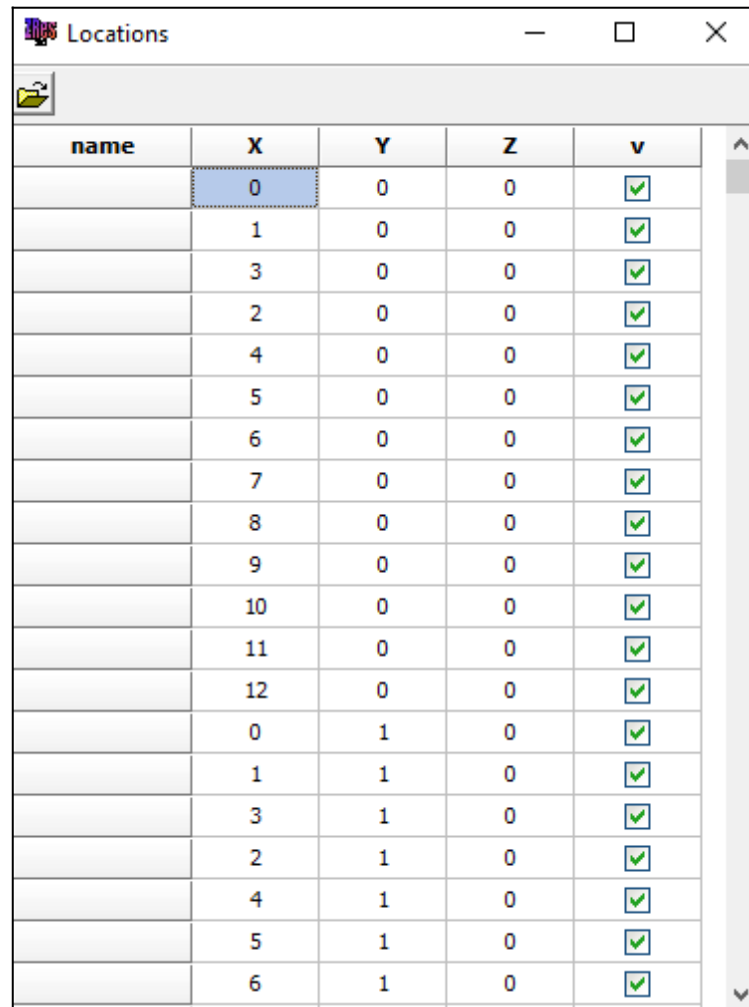
Al pasar al modo de interpretación, se eliminan los perfiles vacíos que no contienen ningún punto de observación seleccionado.

Para cambiar las coordenadas de los electrodos, utilice el botón , que abre el cuadro de diálogo **Locations** (véase la figura siguiente). Las coordenadas de los electrodos se pueden cargar desde un archivo de texto; el programa busca la identificación del electrodo en cada línea y los dos primeros valores numéricos reconocidos definen las coordenadas X e Y, mientras que el tercero, si existe, define Z. También se pueden copiar directamente desde una tabla de excel.

Cuadro de diálogo Locations

Importe las coordenadas mediante el botón de importación desde texto. El archivo se lee línea por línea: el programa busca en cada línea la identificación del electrodo, sin distinguir mayúsculas de minúsculas, y utiliza los dos primeros valores numéricos reconocidos como X e Y, y el tercero, si existe, como Z.

Ordene las filas de la tabla haciendo clic en el encabezado de la columna X, Y o Z: al ordenar por X o Y, la otra columna de coordenadas horizontales se utiliza como clave secundaria.



name	X	Y	Z	v
	0	0	0	☒
	1	0	0	☒
	3	0	0	☒
	2	0	0	☒
	4	0	0	☒
	5	0	0	☒
	6	0	0	☒
	7	0	0	☒
	8	0	0	☒
	9	0	0	☒
	10	0	0	☒
	11	0	0	☒
	12	0	0	☒
	0	1	0	☒
	1	1	0	☒
	3	1	0	☒
	2	1	0	☒
	4	1	0	☒
	5	1	0	☒
	6	1	0	☒

Fig. 12 **Ventana para establecer las coordenadas de los puntos de observación Locations**

Para cerrar el cuadro de diálogo del editor de perfiles y pasar al modo de interpretación, haga clic en el botón .

Cuadro de diálogo de configuración de la malla del modelo

Una vez cargados los datos por cualquier método y seleccionado el sistema de perfiles, aparece el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de la malla **Mesh constructor**

También se puede acceder a este cuadro de diálogo desde el menú principal del programa: **Options / Mesh constructor**.

La ventana **Mesh constructor** incluye dos pestañas: **XY view** y **XYZ view**. En la pestaña **XY view** se configuran todos los parámetros de discretización de la malla:

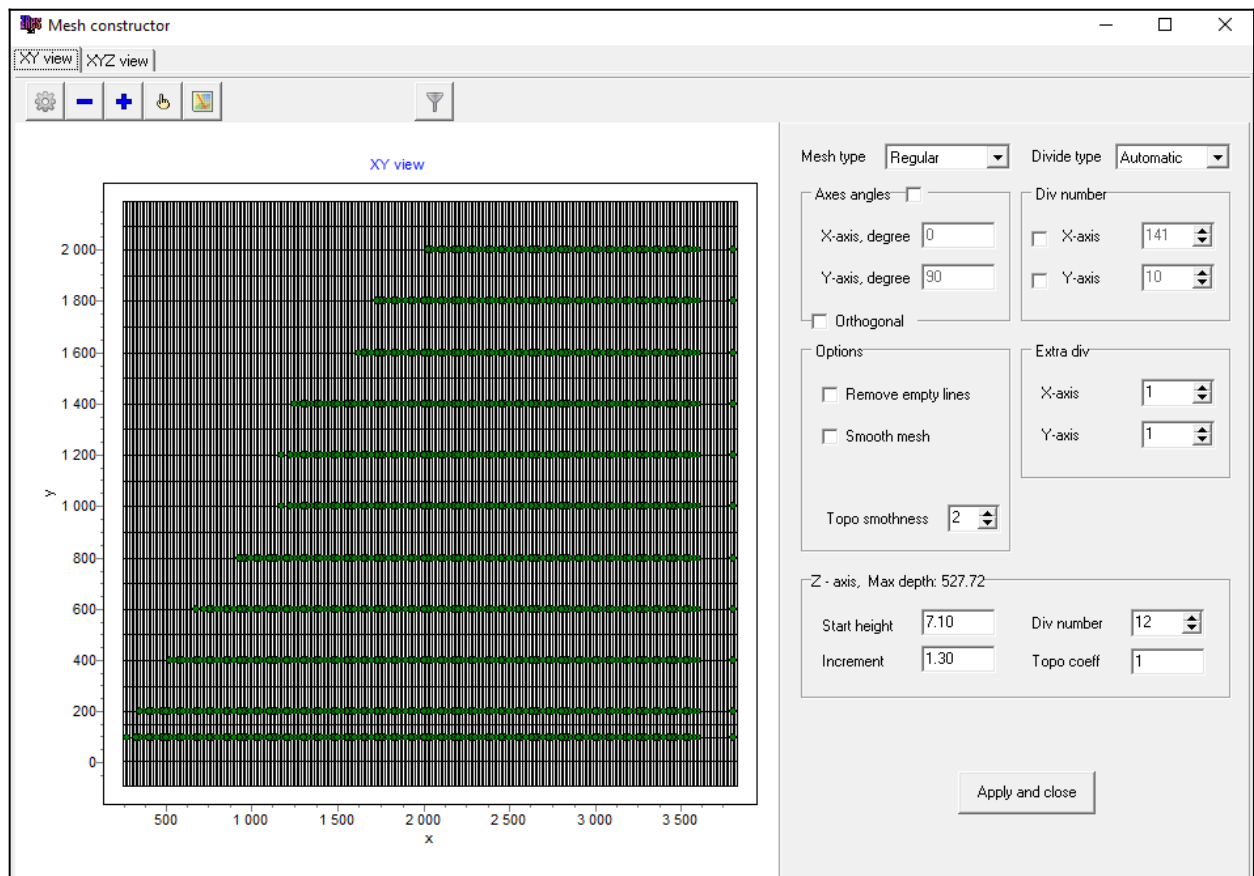


Fig. 13 Cuadro de diálogo «Mesh constructor», pestaña «XY view»

La pestaña consta de dos áreas. En el área izquierda se muestra el **plano horizontal**; el área derecha contiene los **parámetros de discretización de la malla**. La barra de herramientas contiene los siguientes botones:

	Reconstruir la malla de acuerdo con los parámetros especificados.
	Eliminar una fila o columna de la malla. En el modo de eliminación, haga clic con el botón izquierdo del ratón en el nodo que se desea eliminar. Con el clic derecho se abre el menú para seleccionar una fila o columna.
	Añadir una fila o columna. En el modo de adición, haga clic con el botón izquierdo del ratón en el lugar donde se desea añadir un nodo. Con el clic derecho se abre el menú para seleccionar una fila o columna.
	Activar el modo de edición de la posición de los nodos con el ratón.
	Mostrar u ocultar la imagen de fondo de la topografía (clic izquierdo del ratón). Con el clic derecho se abre el menú de operaciones con la topografía y las coordenadas.
	Comprobar si hay electrodos en una misma celda. Se debe evitar que un electrodo de potencial y uno de corriente de una misma medición queden en la misma celda.
X-subdiv, Y-subdiv	En el menú contextual de los botones para eliminar y añadir nodos,

	seleccione la dirección de discretización: X o Y. La dirección seleccionada se indica con una casilla de verificación.
Correct mesh	En el menú contextual del modo de edición de nodos, ejecute la corrección de la malla; a continuación, se vuelve a dibujar la malla.
Autocorrection	Activar o desactivar la corrección automática de los nodos al reconstruir la malla.
Import topography	Abrir un archivo de texto de topografía y cargar sus coordenadas y cotas.
Remove topography	Eliminar la topografía cargada y poner a cero las cotas topográficas de los datos y los nodos; actualizar la visualización de la malla.
Save topography	Guardar la topografía en un archivo de texto. Escribir un punto por línea: coordenadas X, Y y cota Z, separadas por espacios. Si se ha definido una topografía externa, se escriben sus puntos; de lo contrario, se escriben los puntos de los datos que tienen una cota definida.
Import coordinates	Abrir un archivo de texto con las coordenadas de los electrodos; tras una importación correcta, actualizar el plano y reconstruir la malla.
Export coordinates	Guardar las coordenadas de los electrodos en un archivo de texto.
Satellite topography	Obtener las cotas topográficas de los nodos de la malla XY y actualizar los datos de topografía.

El archivo de topografía se lee línea por línea: de cada línea se utilizan los tres primeros valores numéricos, X, Y y Z; al cargarla, la cota Z cambia de signo. Al guardar, se escriben X, Y y el valor de la cota con el signo cambiado.

La configuración de la discretización de la malla incluye:

La lista desplegable **Mesh type** define el tipo de malla. Están disponibles los siguientes tipos de mallado: *Regular* – adecuado para la mayoría de los diseños de adquisición estándar, en los que los electrodos están distribuidos de forma más o menos uniforme sobre el área; *General* – para diseños de adquisición relativamente desordenados; *One line* – para los casos en que el diseño de adquisición está representado por un solo perfil.

En el modo **General** (levantamientos irregulares), el paso de la malla a lo largo de cada eje se ajusta a la densidad de electrodos. El programa calcula una distribución suavizada de la densidad de electrodos a lo largo del eje y coloca los nodos de modo que las celdas sean más pequeñas en las zonas con electrodos densos y más grandes en los espacios entre grupos de electrodos. El tamaño de las celdas contiguas varía gradualmente: su anchura no difiere en más de un factor de 1,5, y el paso

no aumenta demasiado en los espacios vacíos. El número de nodos se establece mediante los campos **Div number** (o se determina automáticamente) y **Extra div**, igual que en el modo **Regular**.

El área **Axes angles** define los ángulos locales de los ejes X e Y del modelo (axis, degree para el eje X y Y-axis, degree para el eje Y, respectivamente). Si se activa la casilla de verificación **Orthogonal**, se mantiene la ortogonalidad de los ejes.

El área **Div. number** permite establecer el número de divisiones a lo largo de los ejes X e Y, si se seleccionan las opciones correspondientes.

La lista desplegable **Divide type** permite seleccionar el modo automático (valor *Automatic*) o manual (valor *Manual*) para definir la malla.

Axes angles	Establecer los ángulos de las dos direcciones principales de la malla. Si está activada la casilla de verificación para configurar las direcciones por separado, los valores de X-axis e Y-axis se establecen de forma independiente. Si está activada la opción Orthogonal , al cambiar un ángulo, el otro se ajusta automáticamente con una diferencia de 90°.
Div number	Establecer el número de divisiones en X-axis e Y-axis. Para cada dirección, una casilla de verificación permite establecer un número de divisiones propio. Los valores de los campos van de 2 a 500; el valor inicial es 2. Al hacer clic derecho en un campo cuya casilla está activada, se puede establecer el paso de la malla; el intervalo permitido en el cuadro de solicitud es de 0,01 a 10 000.
Topography	Seleccionar el método de interpolación de la topografía en los nodos de la malla: Triangulation — interpolación lineal mediante triángulos de Delaunay contruidos a partir de los puntos de topografía (fuera del área de triangulación, los valores se completan a partir de los nodos más cercanos); Krigging — interpolación a partir de todos los puntos de topografía mediante la resolución de un sistema de ecuaciones (produce el resultado más suave y requiere más tiempo cuando hay muchos puntos); Near neighbours — valor del punto de topografía más cercano (método más rápido). Topo smoothness establece el número de ciclos de suavizado de la topografía: de 0 a 5; el valor inicial es 1. El valor 0 mantiene la topografía sin suavizar.
Extra div	Establecer divisiones adicionales de la malla base en X-axis e Y-axis. Los valores permitidos van de 0 a 10; el valor inicial es 1.
Insert extra nodes	Activar o desactivar la inserción de nodos adicionales.
Secondary	Activar el modo secondary calculation scheme.

Con la opción **Divide type** – *Automatic* seleccionada, están activas las siguientes áreas:

En el área Topography están disponibles los ajustes de la topografía:

Topo smoothness – establecer el grado de suavizado de la topografía (valores de 0 a 5, donde 5 corresponde al grado máximo de suavizado).

El área **Extra div** permite establecer el número de celdas intermedias para los ejes X e Y, respectivamente.

Con la opción **Divide type** – *Manual* se activa el área **Axes Range**, (modo de mallado uniforme), donde se pueden establecer los valores mínimo y máximo de las coordenadas de los ejes X e Y, respectivamente.

Los campos **Axes ranges** establecen las coordenadas mínima y máxima de la malla para X-axis e Y-axis. En el mallado manual, los valores mínimos corresponden a los primeros nodos y los máximos, a los últimos. La casilla de verificación del área activa la configuración manual de los límites.

El área **Z-axis, Max depth**: se utiliza para configurar el mallado a lo largo del eje vertical. Hay que tener en cuenta que la profundidad máxima no debe ser demasiado grande, ya que la influencia de los parámetros del modelo geoelectrico disminuye con la profundidad. **Start height** establece el espesor de la primera capa. Este valor debe corresponder aproximadamente a la longitud de la celda y ser adecuado para la resolución. **Increment** establece la relación entre los espesores de capas contiguas. Este parámetro suele tener valores entre 1 y 2. **Div number** establece el número de capas del modelo. Por lo general, bastan entre 12 y 20 capas para describir el modelo. No se recomienda asignar valores altos a este parámetro, ya que se reduciría la velocidad de cálculo. **Topo coeff** – **establecer el coeficiente de aplanamiento de la topografía con la profundidad**. 0: la topografía de cada capa sucesiva repite la de la capa anterior. 1: la topografía se aplanan con la profundidad y la última capa es plana. 5: el límite entre la primera y la segunda capa es suave. El funcionamiento del coeficiente se muestra en la figura:

Start height	Establecer la altura de la primera capa; el valor inicial es 1.
Increment	Establecer la relación entre el espesor de la capa inferior y el de la capa inmediatamente superior; el valor inicial es 1,1.
Div number	Establecer el número de capas en vertical; los valores permitidos van de 3 a 500; el valor inicial es 12.

Para las mediciones entre pozos, puede mostrarse el área **Z - axis** con el botón **Load**. Para cargar un archivo de texto con coordenadas verticales, el programa lee las filas, utiliza el primer valor numérico de cada fila como profundidad desde la superficie, toma su valor absoluto y ordena los valores obtenidos. Si la primera profundidad leída no es cero, se añade un 0 al principio de la lista. El campo **Div number** admite valores de 0 a 100; el valor inicial es 0; **Extra div** admite valores de 0 a

5; el valor inicial es 1. La casilla de verificación **Regular dividing** activa la adición de nodos adicionales a la malla vertical.

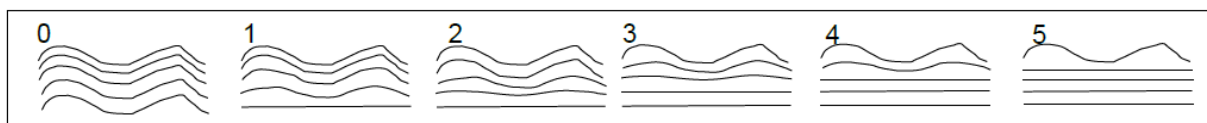


Fig. 14 **Aplanamiento de las capas del modelo con la profundidad mediante el parámetro «Topo coeff» de 0 a 5**

La pestaña **XYZ view** contiene la visualización tridimensional de la malla construida (véase la figura siguiente). Para girar la imagen, utilice el botón izquierdo del ratón. Para ampliar o reducir la imagen, utilice la rueda de desplazamiento. Para desplazarse a lo largo de los ejes, utilice el botón derecho del ratón. Al hacer clic derecho en un eje mientras se mantiene pulsada la tecla Shift, se abre el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de los ejes (véase la sección Opciones adicionales).

Rotate surveys geometry by angle	Girar la geometría del levantamiento según el ángulo especificado en el campo de ángulo de giro y reconstruir la malla.
Undo rotation	Deshacer el giro de la geometría del levantamiento.
Set trapezoidal mesh	Abrir el cuadro de diálogo para definir una malla trapezoidal. Tras confirmar, utilizar los nodos definidos en el cuadro de diálogo para reconstruir la malla.
Set simple mesh	Abrir el cuadro de diálogo para definir una malla sencilla. Tras confirmar, utilizar los nodos definidos en el cuadro de diálogo para reconstruir la malla.
Choose plot scale 1:1 or for best fitting	Alternar la escala del gráfico entre la misma escala para los ejes (1:1) y el ajuste automático de la escala.

El archivo de coordenadas contiene filas con cuatro o cinco columnas numéricas: las X y Y originales, seguidas de las nuevas X y Y; al importar, la quinta columna se lee como Z. Al exportar, se escribe el encabezado «xo yo xn yn z» y, en las filas de datos, cuatro valores de coordenadas (las X y Y originales, seguidas de las mismas X y Y); no se escribe un valor Z independiente. El separador en las filas exportadas es un espacio.

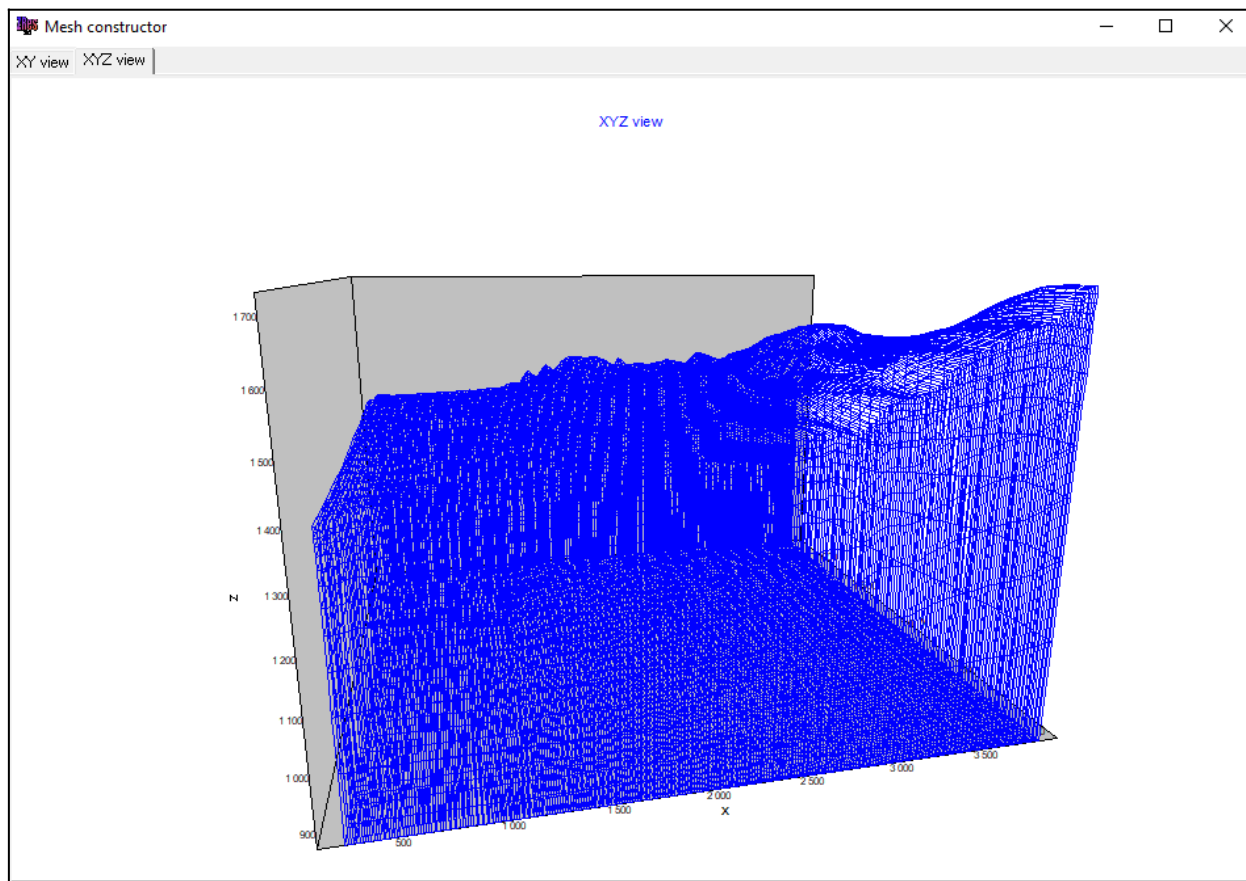


Fig. 15 Ventana de diálogo «Mesh constructor», pestaña «XYZ view»

Para finalizar el trabajo con el cuadro de diálogo y crear la malla, se pulsa el botón **Apply and close**. Después de esto, se activan las secciones de trabajo de la ventana principal del programa y en la barra de estado aparece información breve sobre el nuevo proyecto (número de puntos de medición y celdas del modelo 3D).

Construcción de una malla trapezoidal (Trapezoidal mesh)

La ventana se abre con el botón Set trapezoidal mesh de la barra de herramientas del constructor de malla (Mesh constructor). Se transfieren a la ventana las coordenadas de los nodos de la malla actual.

Add new line (ctrl+A)	Añadir una línea en la dirección actual. La nueva línea recibe un índice posterior al índice máximo existente; el campo Line index cambia a esta línea.
Automatic search for optimal grid	Buscar automáticamente la línea óptima en la dirección seleccionada. Para seleccionar la dirección, hacer clic con el botón izquierdo del ratón. Al hacer clic derecho, se abre el menú Vertical / Horizontal . La búsqueda añade la línea encontrada y se puede repetir.
Remove current line	Eliminar la línea actual en la dirección seleccionada. Los índices de las

	líneas siguientes se desplazan; si se elimina la última línea de la dirección, se restablece la asignación de líneas a los nodos correspondiente.
Remove all lines	Eliminar todas las líneas de la dirección actual y restablecer sus asignaciones a los nodos.
Cross lines mode	Alternar entre las dos direcciones de las líneas. Al cambiar de modo, se actualizan la visualización y el índice de la línea actual.
Line index	Seleccionar la línea actual. El índice interno corresponde al valor introducido menos uno; el intervalo se ajusta a las líneas existentes. El valor inicial es 0.
Lista de etiquetas	Seleccionar qué índices mostrar en los nodos: no label , i1 , i2 o i1&i2 .
Botón con icono para activar la herramienta de asignación de líneas	Activar la herramienta para asignar la línea actual a los nodos del diagrama. Los clics con el botón izquierdo y derecho del ratón asignan o eliminan la correspondencia entre la línea y el nodo.
Botón con icono para desactivar la herramienta	Desactivar la herramienta de asignación de líneas.
Botón con icono para el modo de cursor	Activar la visualización del cursor en el diagrama; si el modo ya está activado, al volver a pulsar se cambia la dirección del cursor.
Botón con icono para controlar los ejes	Desactivar la herramienta del diagrama, restablecer los límites automáticos de los ejes y permitir el cambio de escala.
Add/remove node(left/right click)	Activar el modo de adición y eliminación de nodos: el clic con el botón izquierdo añade un nodo y el clic con el botón derecho lo elimina. Los índices de línea del nodo añadido se restablecen.
Rotate points (dos botones)	Girar los puntos mostrados en una u otra dirección. Un clic normal cambia el ángulo en 1° y un clic con Ctrl, en 0,1°.
Undo rotation	Restablecer el ángulo de giro a 0°.
Build and preview mesh	Recalcular los índices y comprobar la malla. En la barra de estado se muestra All right o el mensaje Not enough connections or bad connections .
Use created mesh in mesh constructor	Recalcular los índices y transferir la malla al constructor si la comprobación se realiza correctamente. Si la comprobación falla, la ventana no confirma la transferencia.
Diagrama	Mostrar los nodos y las líneas. Según la herramienta activada, los clics en el diagrama asignan líneas a los nodos, añaden nodos o modifican sus asignaciones.

Vertical / Horizontal	Seleccionar la dirección utilizada en la búsqueda automática.
------------------------------	---

Procedimiento: seleccionar la dirección de las líneas, añadir líneas manualmente o iniciar la búsqueda automática y, a continuación, asignar las líneas a los nodos. Si es necesario, añadir o eliminar nodos, cambiar el ángulo de rotación y comprobar el resultado con el botón **Build and preview mesh**. Para transferir la malla al constructor, pulsar **Use created mesh in mesh constructor**.

Construcción de una malla simple (Simple grid maker)

La ventana se abre con el botón Set simple mesh de la barra de herramientas del constructor de malla (Mesh constructor). Se transfieren a la ventana las coordenadas de los nodos de la malla actual. Al confirmar, las intersecciones de las líneas trazadas forman una matriz de nodos de la malla, que se transfiere de nuevo al constructor.

Automatic search for optimal grid. You may need several repeats to achieve success.	Abrir la ventana Set search range , establecer los límites de búsqueda y encontrar líneas para la dirección actual. Las líneas encontradas sustituyen a las líneas de esa dirección.
Botón con icono: cambiar de dirección	Cambiar el modo entre la primera y la segunda dirección de las líneas.
Add remove node	Activar el modo para añadir líneas mediante clics en el gráfico. La nueva línea corresponde a la dirección actual; se omiten las líneas demasiado próximas a las existentes.
Add fence mode	Activar el modo de cursor para trabajar con la línea de contorno en el gráfico.
Botón con icono para controlar los ejes	Desactivar la herramienta del gráfico, restablecer los límites automáticos de los ejes y permitir el zoom y el desplazamiento.
Botón con icono: girar en un sentido	Cambiar el ángulo de la dirección actual en -1° o, si se mantiene pulsada la tecla Ctrl, en $-0,1^\circ$. Se borran las líneas de la dirección seleccionada para poder volver a trazarlas.
Botón con icono: girar en el otro sentido	Cambiar el ángulo de la dirección actual en $+1^\circ$ o, si se mantiene pulsada la tecla Ctrl, en $+0,1^\circ$. Se borran las líneas de la dirección seleccionada para poder volver a trazarlas.
Botón con icono: aceptar la malla	Si se han definido líneas en ambas direcciones, calcular sus intersecciones por pares y transferir la matriz de nodos resultante al

	constructor. Si falta una de las direcciones, la ventana se cierra sin realizar este cálculo.
Diagrama	Mostrar líneas y nodos. En el modo de adición, un clic en el gráfico crea una línea en la dirección actual.

Procedimiento: trazar las líneas de la primera dirección, cambiar de dirección y trazar las líneas de la segunda. Las líneas se pueden añadir manualmente o buscar automáticamente. Para la búsqueda automática, definir el intervalo en la ventana **Set search range**. Una vez trazadas las líneas de ambas direcciones, aceptar la malla con el botón de cálculo de las intersecciones de las líneas.

Intervalo de búsqueda automática (Set search range)

La ventana se abre desde **Simple grid maker** al iniciar la búsqueda automática de la malla óptima.

Min grid size	Definir el límite mínimo de búsqueda. El valor inicial es 20; el intervalo permitido va de 2 a 200.
Max grid size	Definir el límite máximo de búsqueda. El valor inicial es 40; el intervalo permitido va de 2 a 200.
Search	Confirmar el intervalo y cerrar la ventana. Si el valor mínimo es mayor que el máximo, el programa los intercambia antes de la búsqueda.

Definir ambos límites y pulsar **Search**. La búsqueda se realiza para la dirección seleccionada en **Simple grid maker**.

Esquinas (Corners)

La ventana permite introducir las coordenadas de las cuatro esquinas en los ejes X, Y y Z.

X0, Y0, Z0	Definir las coordenadas de la esquina 0. Los valores iniciales de los tres campos son 0.
X1, Y1, Z1	Definir las coordenadas de la esquina 1. Los valores iniciales de los tres campos son 0.
X2, Y2, Z2	Definir las coordenadas de la esquina 2. Los valores iniciales de los tres campos son 0.
X3, Y3, Z3	Definir las coordenadas de la esquina 3. Los valores iniciales de los tres campos son 0.
Insert topography	Activar la opción de incorporación de la topografía.
Transparent color	Activar la opción de color transparente.

Definir rectángulo (Set rectangle)

La ventana se abre al cargar una imagen de fondo en la ventana de adquisición: para BMP se definen los límites de georreferenciación de la imagen y, para DXF, los campos se rellenan con los límites extents del archivo. La ventana también se utiliza para definir las coordenadas de una línea; en este caso, los campos se rellenan previamente con ceros.

Left	Definir la coordenada izquierda del rectángulo. Para BMP, el valor inicial se obtiene del mínimo del eje horizontal del gráfico; al definir las coordenadas de una línea, el campo se establece en 0.
Top	Definir la coordenada superior del rectángulo. Para BMP, el valor inicial se obtiene del máximo del eje vertical, teniendo en cuenta la escala y el desplazamiento; al definir las coordenadas de una línea, el campo se establece en 0.
Right	Definir la coordenada derecha del rectángulo. Para BMP, el valor inicial se obtiene del máximo del eje horizontal del gráfico; al definir las coordenadas de una línea, el campo se establece en 0.
Bottom	Definir la coordenada inferior del rectángulo. Para BMP, el valor inicial se obtiene del mínimo del eje vertical, teniendo en cuenta la escala y el desplazamiento; al definir las coordenadas de una línea, el campo se establece en 0.

Al cargar BMP, los límites del rectángulo se utilizan para georreferenciar la imagen con respecto a las coordenadas del gráfico. Al cargar DXF, los campos se rellenan con los límites izquierdo, derecho, superior e inferior del archivo. Al definir las coordenadas de una línea, los valores introducidos se utilizan como coordenadas de sus dos extremos.

Visualización de datos

El programa permite visualizar los datos como pseudosección **Options / Data / Pseudo-section**, gráficos de **Options / Data / Graphics-plot** por perfiles, mapa de contornos o pseudosección 3D **Options / Data / 3D pseudosection ON**. El perfil actual se puede seleccionar en la lista  de la barra de tareas; el número de perfil corresponde al índice **Prof** del archivo de datos.

Ventana **Multi-channel plot** muestra los datos por canales del punto seleccionado. Con los botones para pasar al punto anterior y al siguiente se cambia el punto activo; al pasar de un punto a

otro, se actualizan el gráfico y la posición del punto activo. Con el botón **Undo changings** se deshacen los cambios del gráfico cargando el estado guardado.

Smooth curve	Suavizar la curva activa. Al hacer clic con el botón derecho del ratón, se suavizan los datos de todos los puntos y se actualiza la visualización.
Removing mode	Activar o desactivar el modo de eliminación de puntos. En este modo, al hacer clic con el botón izquierdo del ratón cerca de un punto, se elimina la observación correspondiente del canal.
Delete point	Eliminar la observación seleccionada del canal.
Smooth point	Suavizar la serie de la curva activa y sustituir por el valor suavizado el valor de la observación seleccionada.
Origin point	Restaurar el valor original de la observación seleccionada.
Delete all	Eliminar las observaciones de todos los canales del punto seleccionado.

Tabla Channels	Muestra el número del canal, su valor de tiempo o frecuencia, el nombre y el indicador de inclusión en la inversión. Las unidades del encabezado dependen del tipo de datos: cycle, time, s o frq, Hz. Los cambios en los valores, los nombres y las marcas se aplican al cerrar la ventana.
Delete unchecked	Eliminar los canales cuyas casillas de verificación estén desmarcadas.

En el modo de trabajo con el modelo de resistividad, los datos se pueden mostrar:

- en resistividades aparentes (**Option / Data / Apparent resistivity**);
- en señales normalizadas por la corriente (**Option / Data / Resistance**);
- en señales normalizadas por la longitud de las líneas de electrodos de potencial y de corriente y por la corriente (**Option / Data / ABMN normed**). Esta opción se aplica cuando está activado el modo Resistance.

Gráfico de perfiles

El gráfico de perfiles sirve para mostrar los valores de resistividad aparente a lo largo del perfil en forma de gráficos.

En el menú principal del programa se puede seleccionar el método de construcción de los gráficos: según una pseudoprofundidad determinada **Options / Data / Type graphics / Iso-PsZ** en función del factor del dispositivo, según una posición determinada de la línea de corriente **Options / Data / Type graphics / Iso-AB** o de la línea de potencial **Options / Data / Type graphics / Iso-MN** (véase la figura siguiente).

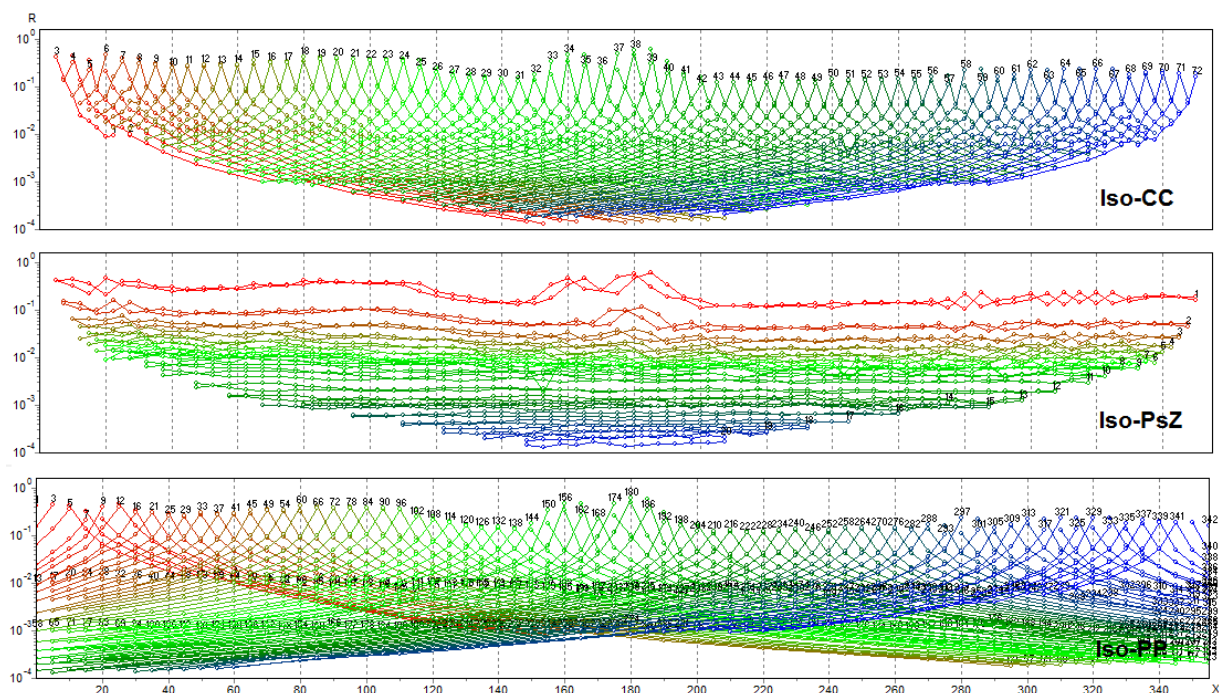


Fig. 16 **Gráfico de perfiles construido para posiciones determinadas de la línea de corriente (Iso-CC), para posiciones determinadas de la línea de potencial (Iso-PP), para pseudopropundidades determinadas (Iso-PsZ)**

El trabajo con el gráfico de perfiles se realiza con el ratón:

La ampliación de una zona o su desplazamiento se realiza en el modo con el botón 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 del punto activo (hasta que se suelta el botón del ratón). Los valores medidos se editan arrastrando el punto del gráfico con el botón derecho del ratón pulsado.

El editor de gráficos se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el gráfico mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT. El editor de ejes se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT sobre el eje correspondiente.

Para seleccionar un gráfico y eliminar los demás, se hace clic con el botón del ratón en la leyenda mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT. Al hacer clic de nuevo, se revierte la operación.

Para desplazarse por 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 irán cambiando.

Pseudosección

La pseudosección refleja, en primera aproximación, la distribución del parámetro a lo largo del perfil y en profundidad.

La representación en forma de isolíneas se realiza en dos ejes:

- eje horizontal: coordenada del punto de medición en el perfil;
- eje vertical: 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.

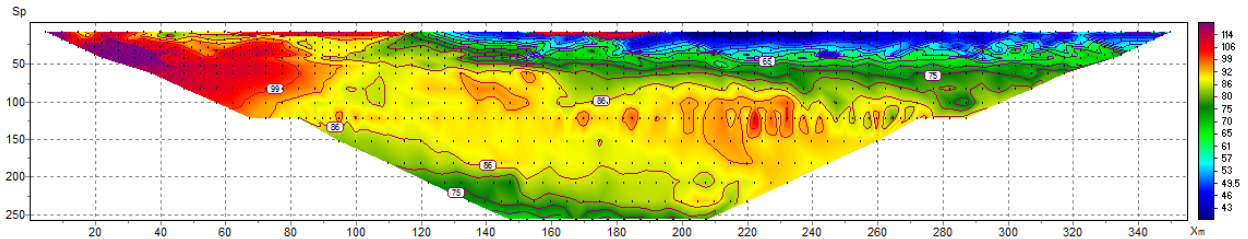


Fig. 17 **Pseudosección de resistividades aparentes**

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	Utilizar una escala logarítmica para la escala de colores.
Smooth mode	Utilizar una paleta de interpolación suave o una 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 para configurar los parámetros de la pseudosección.
Print preview	Abrir la vista previa de impresión de la pseudosección.
Save picture	Guardar la pseudosección en un archivo gráfico *.bmp, *.png.
Save XYZ file	Guardar la pseudosección en un archivo de texto *.dat.
X:Y=1:1	Establecer la misma escala en los ejes horizontales.
Default	Restablecer los parámetros de la pseudosección a sus valores predeterminados.
Draw in Surfer	Crear la imagen en Golden Software Surfer.
Box margins (pixels)	Establecer los márgenes izquierdo, superior, derecho e inferior en píxeles. El valor de cada margen puede estar entre 0 y 100; el valor predeterminado es 0. Cambiar el margen si una parte de la imagen no cabe en la ventana.
ColorScale — Num levels	Establecer el número de niveles de isolíneas: de 2 a 100; el valor predeterminado es 2.
Isolines	Si la opción está activada, se muestran las isolíneas.

Labels	Si la opción está activada, se muestran las etiquetas de las isolíneas.
Fixed	Si la opción está activada, se fijan los ajustes de la escala de colores.
User data limits — Minimum, Maximum	Establecer manualmente los valores mínimo y máximo de las isolíneas. Para editar estos valores, activar la casilla de verificación User data limits .
Settings	Abrir la ventana Edit levels para configurar los niveles y los colores.
Apply	Aplicar los parámetros, reconstruir la textura de color y las isolíneas, y actualizar la pseudosección.
Cancel	Cerrar el cuadro de diálogo sin ejecutar el comando de aplicación.
Font	Configurar la fuente de la escala de colores.

Ventana Edit levels

Editar en la tabla los niveles y sus parámetros de visualización. Hacer clic derecho en una celda de color para cambiar el color de la isolínea o del relleno. Al hacer clic derecho en la celda de la fila superior para definir el rango, se abre un cuadro de diálogo para introducir los valores mínimo y máximo; en él, los niveles se calculan de forma lineal o logarítmica, según el estado de la casilla de verificación. En la fila superior de la tabla, hacer clic izquierdo en la celda de activación de isolíneas para activarlas en todos los niveles, o hacer clic derecho para desactivarlas.

Tabla de niveles	Editar los niveles y los colores y parámetros de isolínea asociados.
Load levels from file	Cargar niveles desde un archivo. Tras la carga, se indica que los niveles se han modificado; al volver a la configuración, los valores mínimo y máximo se actualizan según el rango cargado.
Save levels to file	Guardar los niveles en un archivo con la extensión .lvl.

El archivo .lvl se escribe con dos líneas de encabezado: **LVL2** y una línea con los nombres de los campos. A continuación, se escribe una línea por cada nivel. Cada línea contiene el valor numérico del nivel, una marca (1 para el primer nivel y 0 para los demás), el color de la isolínea en formato RGB, el estilo de la isolínea (Solid o Invisible), el ancho de línea 0, el color de relleno en formato RGB y, a continuación, los valores «Black», «Solid», 1, 1, 1. Los campos se separan con espacios; los colores RGB se escriben entre comillas. Al cargar el archivo, el valor del nivel se divide por el factor de escala de las unidades y los colores se leen de los campos de color de isolínea y de relleno.

El editor de ejes se abre haciendo clic derecho con la tecla SHIFT pulsada sobre el eje deseado (cuando la flecha del puntero del ratón se convierte en una mano con el índice extendido). Se

muestra un menú contextual con tres opciones: *Options*, *Default*, *Fix range* (véase la sección «Configuración de los parámetros gráficos - «Editor de ejes»).

El cuadro de diálogo de configuración de los puntos de la pseudosección se abre haciendo clic derecho con la tecla SHIFT pulsada sobre un punto (véase la sección «Opciones adicionales» - «Editor de gráficos»).

El método de construcción de la pseudosección varía según la configuración:

- para la *configuración Wenner (Wenner)*, los puntos de la pseudosección se disponen del siguiente modo: la coordenada X corresponde al centro de la configuración y la coordenada Y corresponde a $\frac{1}{4}$ de la distancia entre el electrodo exterior y el centro de la configuración;
- Para el *dispositivo polo-dipolo (Pole-Dipole)*, los puntos de la pseudosección se disponen 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 / Point position / 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. Se puede calcular automáticamente la coordenada horizontal (« Auto »), situarla en el punto medio entre los electrodos de potencial (« M-O-N ») o situarla entre los dipolos de corriente y de potencial (« AB-O-MN ».
Options / Data / Point position / 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+M)/2 » - primer caso, en el que la coordenada horizontal se sitúa en el punto medio entre el electrodo de corriente A y el electrodo de potencial M. « (M+N)/2 » - segundo caso, en el que la coordenada horizontal se sitúa en el punto medio entre los electrodos de potencial M y N.

- para la *configuración dipolo-dipolo (Dipole-Dipole)*, la coordenada X corresponde al centro de la configuración y la coordenada Y corresponde a $\frac{1}{2}$ de la distancia entre los centros de los dipolos (electrodos de potencial y de corriente);
- para la *configuración de gradiente (Gradient)*, la coordenada X corresponde al punto medio entre los electrodos de potencial y la coordenada Y corresponde a $\frac{1}{2}$ de la separación desde el electrodo de corriente más cercano hasta el punto medio entre los electrodos de potencial;

- para la *configuración polo-polo (Pole-Pole)*, la coordenada X corresponde al centro de la configuración y la coordenada Y corresponde a la mitad de la distancia entre los electrodos A y M;
- para la *configuración SEV (Schlumberger)*, la coordenada X corresponde al centro de la configuración y la coordenada Y corresponde a la mitad de la distancia entre los electrodos exteriores (de corriente).

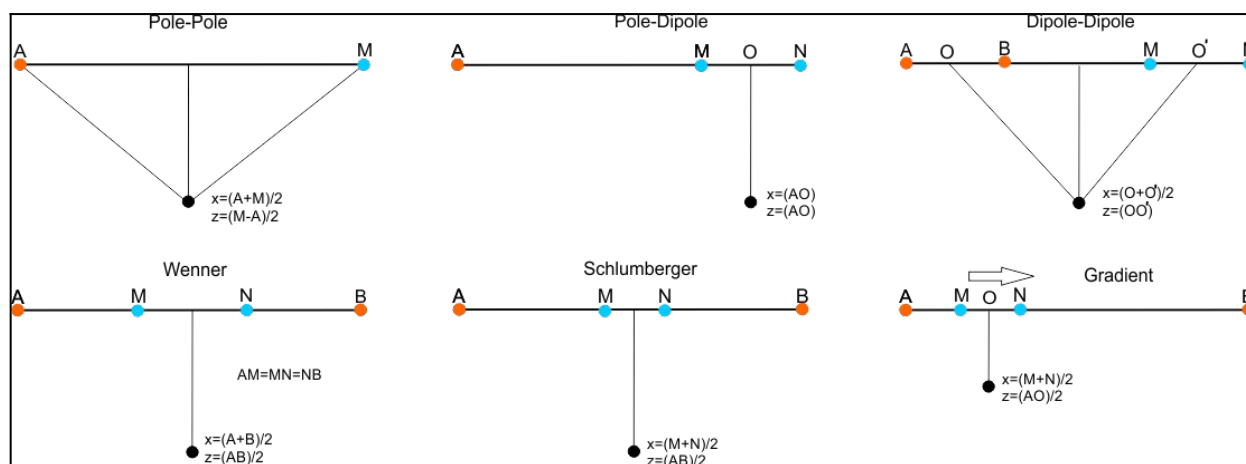


Fig. 18 Principales tipos de configuraciones de prospección eléctrica

Además de la resistividad aparente y la cargabilidad, se puede mostrar en forma de pseudosección el error de ajuste relativo de cada medición **Options / Data / Data Misfit**.

La ventana **Histogram** muestra la distribución de los valores calculados y de los datos observados para el parámetro seleccionado. Para los datos observados se utilizan valores de resistividad o de cargabilidad, según el modo activo. El título del gráfico y el modo logarítmico del eje dependen del parámetro seleccionado; los límites del eje se definen mediante los valores mínimo y máximo actuales de la escala del modelo.

Mapa de isolíneas para una separación determinada

En el área de trabajo del programa, sobre el modelo 3D, se muestra un mapa en planta de isolíneas para la pseudoprofundidad seleccionada. En este mapa se puede representar la siguiente información:

- datos observados (**Options / Data / Observed**);
- datos calculados (resultado de la resolución del problema directo) (**Options / Data / Calculated data**);
- error de ajuste entre los datos observados y calculados (**Options / Data / Misfit**).

La pseudopropundidad (o separación) se puede seleccionar mediante la lista  de la barra de acceso rápido (al hacer clic derecho en la lista, se puede establecer la ventana que se considerará cuando no haya datos para la separación seleccionada).

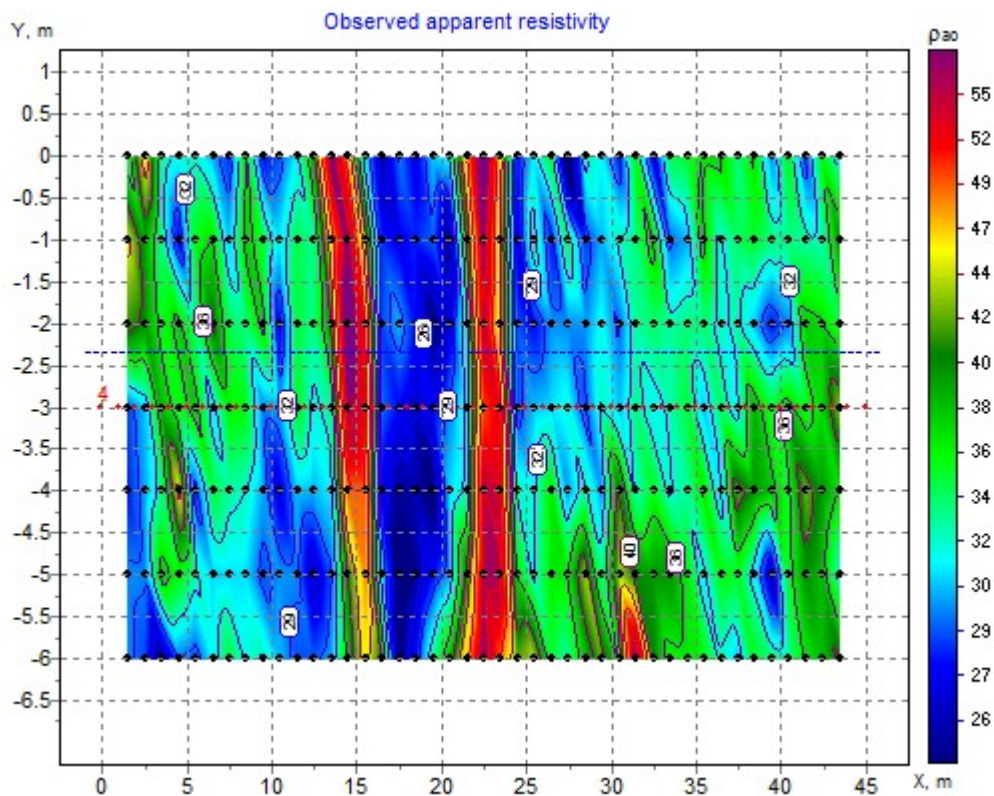


Fig. 19 **Ejemplo de mapa de isolíneas**

En el mapa de isolíneas, los puntos rojos indican la posición del perfil cuyos gráficos (pseudosecciones) se muestran en el área de visualización de los datos del perfil (ventana superior derecha del programa). La línea azul indica la posición actual del corte 3D del modelo.

La posición del pozo en el mapa de isolíneas se indica con una cruz negra.

La posición de los electrodos del punto activo se muestra al hacer clic derecho en un punto del mapa de isolíneas.

Al hacer clic derecho en el perímetro del mapa de isolíneas, se abre un menú contextual con las siguientes opciones:

Log data scale	Utilizar una escala logarítmica para la escala de colores.
Smooth mode	Utilizar una paleta de interpolación suave o una 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 para configurar los parámetros del mapa de isolíneas.

Print preview	Abrir la vista preliminar de impresión del mapa de isolíneas.
Save picture	Guardar el mapa de isolíneas en un archivo gráfico *.bmp, *.png.
Save XYZ file	Guardar el mapa de isolíneas en un archivo de texto *.dat.
X:Y=1:1	Establecer la misma escala en los ejes horizontales.
Load background	Cargar una imagen como imagen de fondo (archivo gráfico).
Load bingmap	Cargar un mapa satelital como imagen de fondo.
Remove background	Eliminar la imagen de fondo actual.
Draw in Surfer	Crear un mapa en Golden Software Surfer.
Copy BG from model	Esta opción está disponible si se selecciona el corte XY. En este caso, la imagen gráfica del corte actual se puede utilizar como imagen de fondo del mapa de isolíneas.

La opción *Load background* permite cargar cualquier archivo ráster como imagen de fondo; la imagen queda semitransparente. Esta opción resulta útil para comparar los datos medidos con mapas topográficos, esquemas estructurales y tectónicos, mapas geológicos, así como con datos de otros métodos (geofísicos, geoquímicos, etc.). La figura siguiente muestra un ejemplo del uso de un mapa topográfico como imagen de fondo.

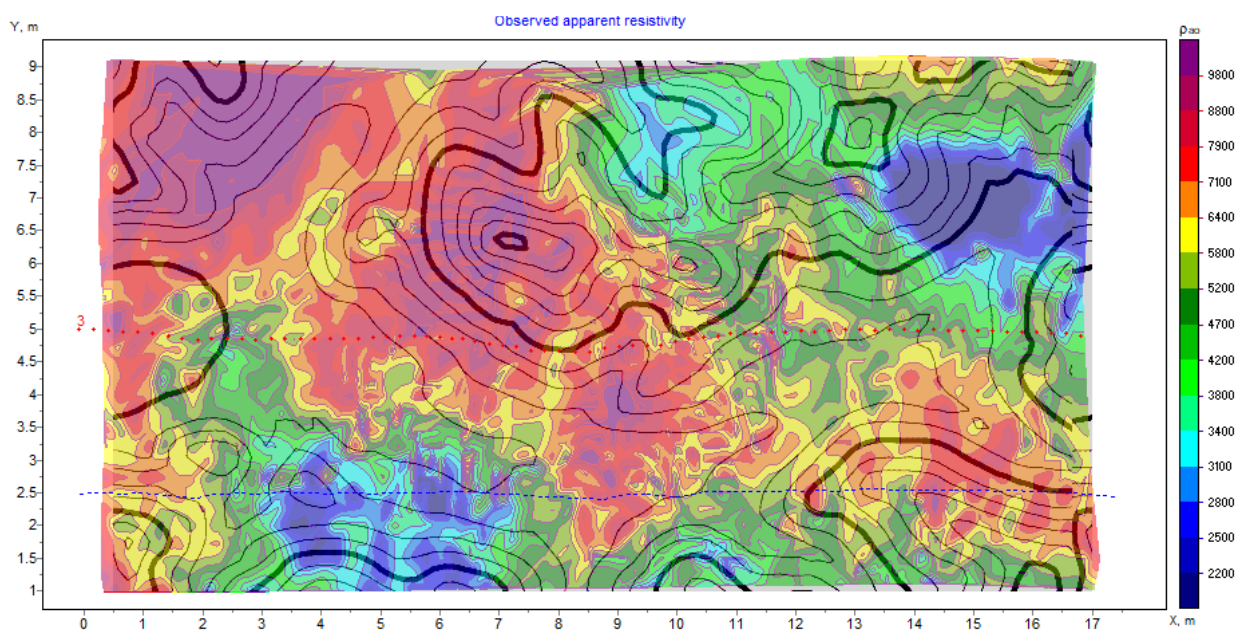


Fig. 20 **Ejemplo de superposición del mapa de isolíneas de los datos medidos con un mapa topográfico**

La opción *Load bingmap* permite cargar un mapa satelital según las coordenadas de los electrodos. En este caso, las coordenadas de los electrodos deben estar en formato UTM. Tras seleccionar esta opción, aparece la ventana UTM zone (véase la figura siguiente), donde se debe seleccionar el número de zona.

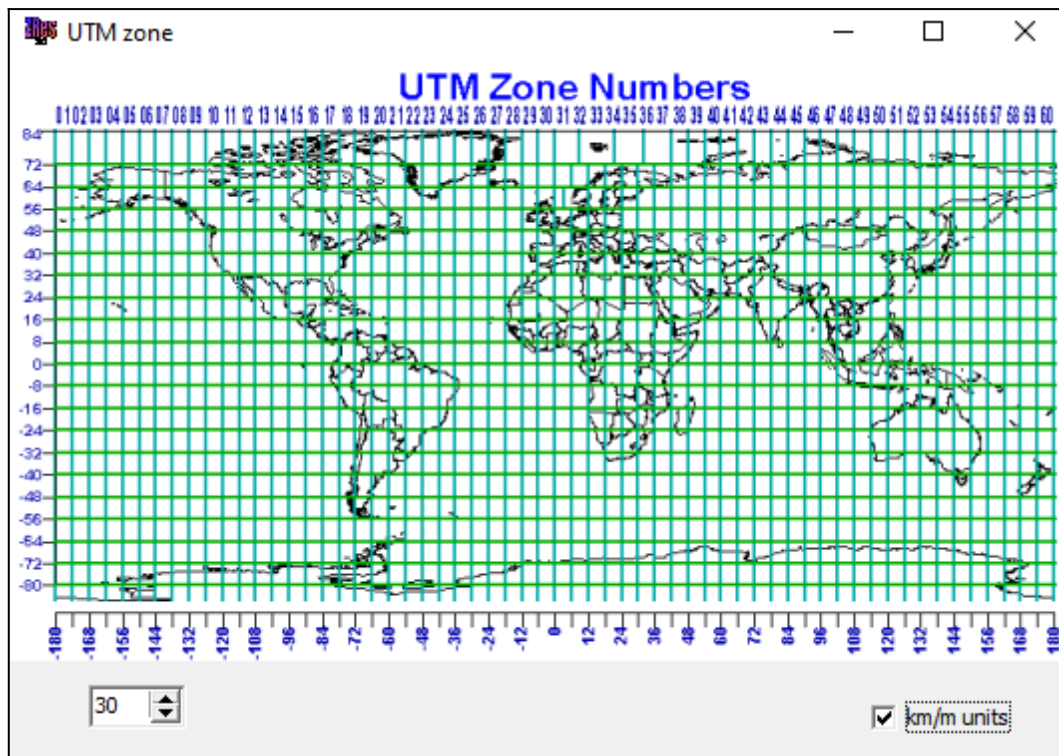


Fig. 21 **Cuadro de diálogo de selección de la zona UTM zone**

3D pseudosección

La pseudosección 3D resulta útil al visualizar datos de un diseño de adquisición areal o cuando se desea observar simultáneamente los datos de todas las mediciones de perfil.

La función **Options / Data / 3D pseudosection ON (OFF)** representa los datos como una pseudosección tridimensional (véase la figura siguiente) en la sección superior izquierda de la ventana. Los valores medidos se muestran mediante colores.

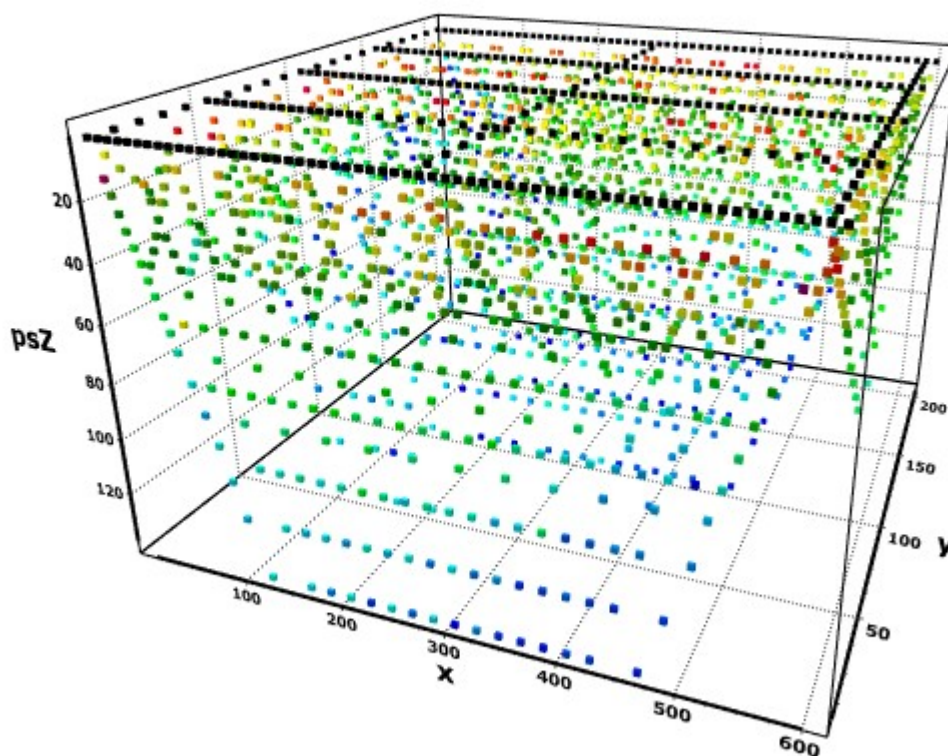


Fig. 22 Representación tridimensional de las pseudosecciones

Preparación de los datos para la inversión

La preparación de los datos para la inversión incluye las siguientes funciones: evaluación de la calidad de los datos de campo y eliminación de mediciones de baja calidad;

Módulo de control de calidad de los datos

Para controlar la calidad y editar los datos, el programa **ZondRes3D** incorpora un módulo especializado, 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 configuraciones electródicas;
- cuando sea posible, evaluar la calidad de los datos (determinar los pesos de las mediciones) según el principio de reciprocidad;
- eliminar datos directamente en los gráficos de los parámetros mostrados.

La posibilidad de agrupar los datos por configuraciones electródicas, señal, distintos parámetros geométricos y pesos de las mediciones, junto con las opciones de eliminación manual y automática,

permite realizar todo el ciclo de control de calidad de los datos durante la preparación para la inversión.

Las funciones descritas a continuación están disponibles para el sistema de perfiles 2D. Para un diseño de adquisición areal, la funcionalidad del módulo de control de calidad es considerablemente más limitada.

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 parámetros para mostrar (*Settings*) y pseudosecciones (*Pseudo*).

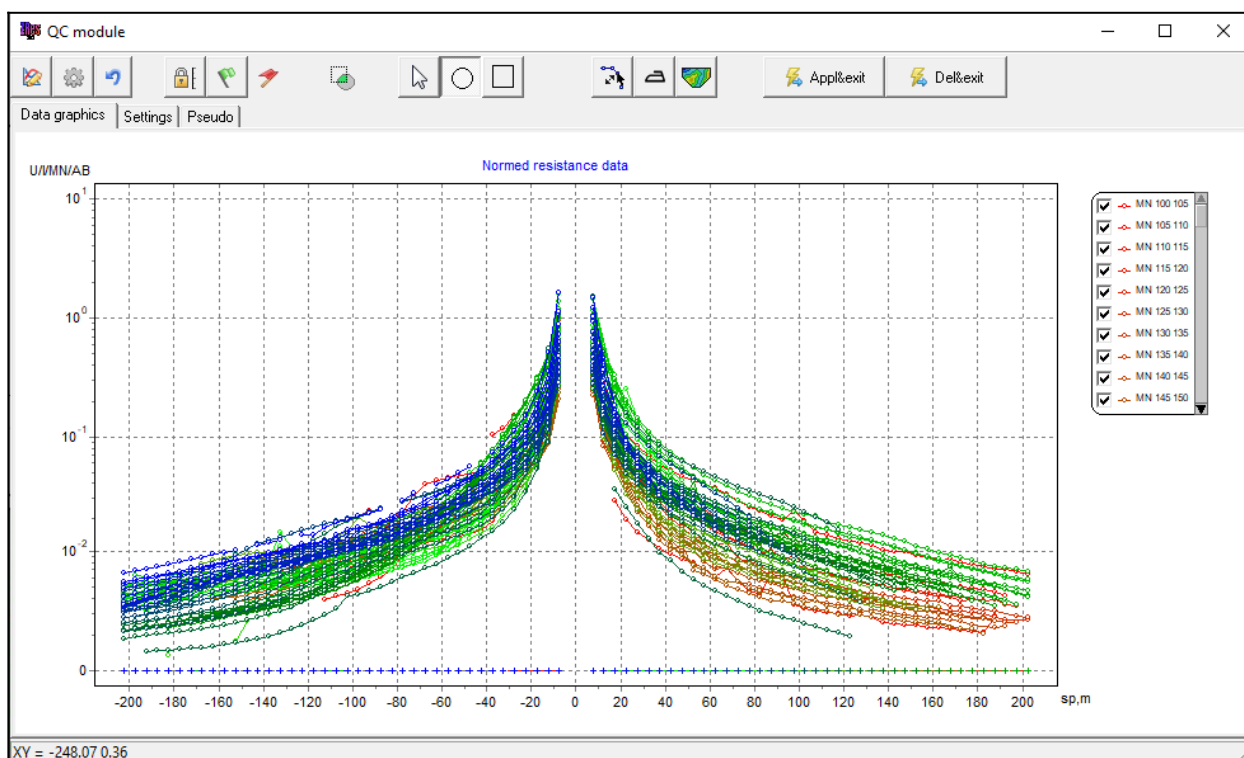
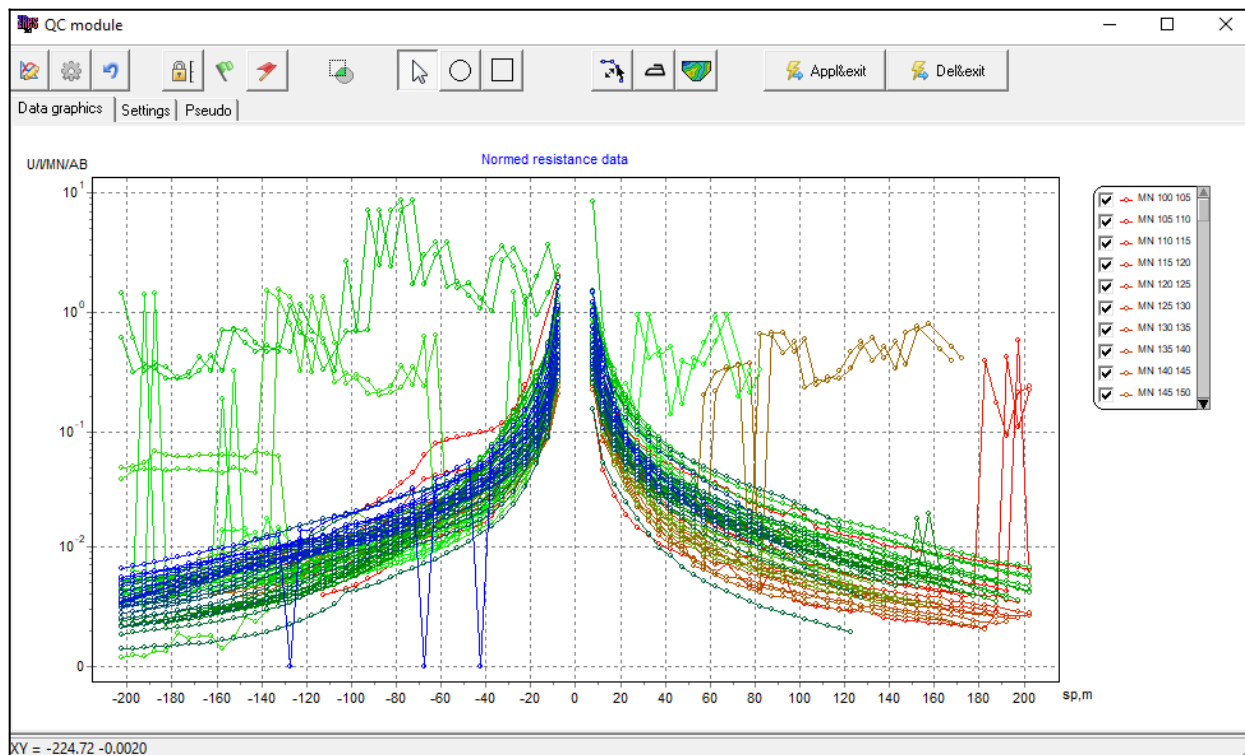


Fig. 23 **Módulo de control de calidad, pestaña «Data graphics».** Los datos se muestran en la variante de visualización Iso-MN centered. Arriba, los datos originales. Abajo, los datos editados.

La pestaña **Settings** permite:

Electrodes array	Mostrar u ocultar los subarreglos, disponibles en el conjunto de datos: AMN, MNA, ABMN, MNAB, Symmetrical, NON-standard,
-------------------------	--

	Gradient, AM y MA. Al desmarcar una casilla de verificación, se oculta el subarreglo correspondiente.
Graphics type — Iso-PSZ	Separar los gráficos por niveles de pseudoprofundidad (coeficiente G).
Graphics type — Iso-AB	Separar los gráficos por posiciones de los electrodos de corriente.
Graphics type — Iso-AB centered	Separar los gráficos por posiciones de los electrodos de corriente, tomando el centro de la línea de corriente como origen.
Graphics type — Iso-MN	Separar los gráficos por posiciones de los electrodos de potencial; adecuado para el dispositivo PD.
Graphics type — Iso-MN centered	Separar los gráficos por posiciones de los electrodos de potencial, tomando el centro de la línea de potencial como origen; adecuado para el dispositivo PD.
Graphics type — R-G plot	Representar gráficamente la dependencia de la resistencia V/I respecto al factor geométrico G.
Graphics type — Misfit	Representar gráficamente los datos calculados respecto a los medidos.
Shifted	Si la opción está activada, desplazar los gráficos al nivel medio.

- activar u ocultar los subarrays representados en el conjunto de datos (Electrodes array);
- indicar el parámetro de agrupación de los datos (por separación, pseudoprofundidad, posición de los electrodos de corriente, de los electrodos de potencial, etc.) (**Graphics Type**);
- seleccionar la magnitud que se va a mostrar: señal normalizada ($V/MN/AB/I$ o V/I), resistividad aparente o cargabilidad aparente (véase la figura siguiente);

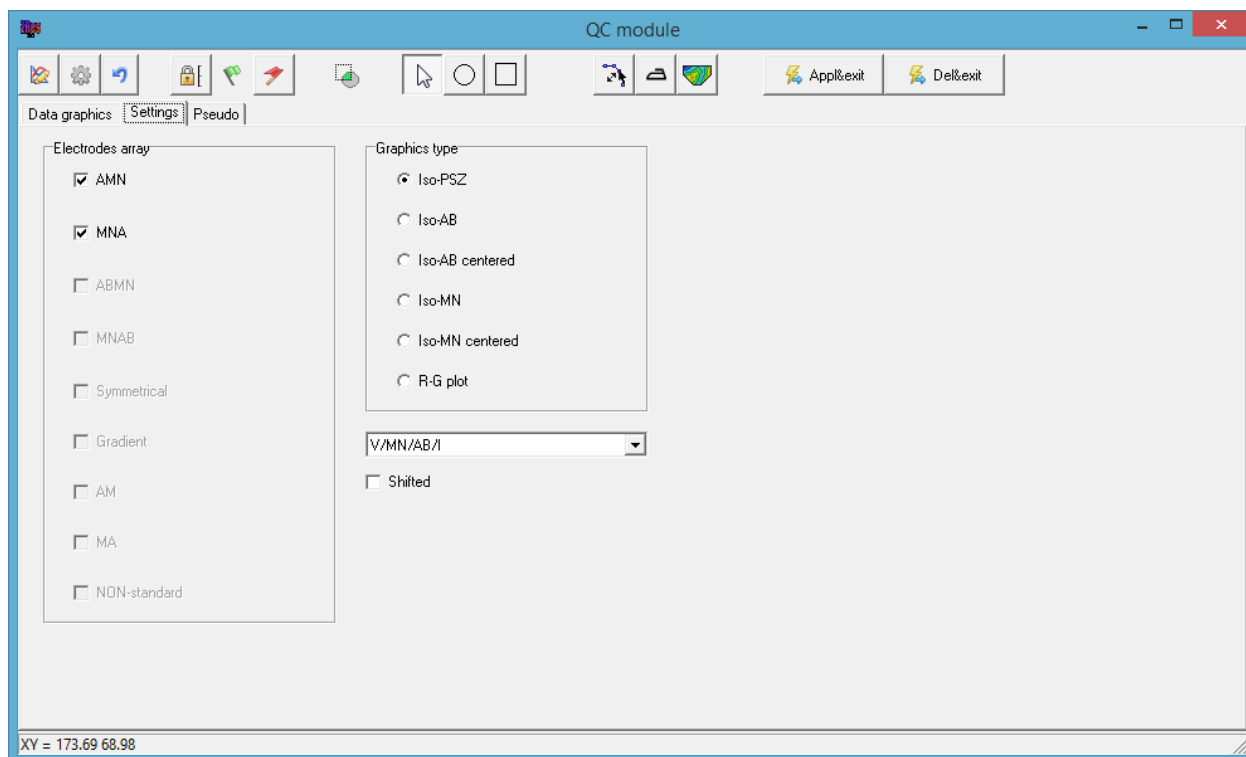


Fig. 24 Módulo de control de calidad, pestaña «Settings»

La pestaña **Pseudo** muestra la pseudosección.

Los gráficos de los parámetros seleccionados se muestran en la pestaña *Data graphics*. Aquí se pueden procesar los datos de forma interactiva mediante la barra de herramientas. Las mediciones se muestran como puntos en los gráficos. La posición de los electrodos correspondiente a una medición se muestra en la parte inferior de la ventana de gráficos al seleccionar el punto de medición con el botón izquierdo del ratón. Los valores del parámetro correspondientes a la medición seleccionada se muestran al situar el puntero sobre el punto correspondiente del gráfico.

Graphics settings	Abrir la configuración de visualización de gráficos.
Operations and routines	Abrir el menú de operaciones con puntos: seleccionar los puntos visibles u ocultos, quitar la selección de todos los puntos, suavizar los puntos seleccionados, asignarles pesos o corregir sus signos según los datos calculados.
Undo last changing	Deshacer el último cambio.
Fix axes ranges	Activar o desactivar la escala automática de los ejes. Al cambiar de opción, se modifica el modo de escala automática de los ejes izquierdo e inferior.
Show or hide selected points	Activar o desactivar la visualización de los puntos seleccionados.
Draw calculated data. If inspection	Activar o desactivar la visualización de los datos calculados; esta función está destinada a la comprobación posterior a la inversión.

goes after inversion.	
Selection mode	Activar o desactivar el modo de selección de puntos. Con este modo activo, el botón derecho del ratón marca un punto para realizar operaciones con los datos seleccionados, y el botón izquierdo quita la marca.
Select points by standart-cursor	Seleccionar el cursor estándar de selección de puntos; se utiliza el botón derecho del ratón para seleccionar.
Select points in circle-cursor	Seleccionar puntos dentro de un área circular alrededor del cursor; el tamaño del área se modifica con la rueda del ratón y se utiliza el botón derecho para seleccionar.
Select points in rectangle-cursor	Seleccionar puntos dentro de un área rectangular alrededor del cursor; el tamaño del área se modifica con la rueda del ratón y se utiliza el botón derecho para seleccionar.
Edit mode by mouse	Activar o desactivar el modo de edición de puntos con el ratón. En este modo, se puede arrastrar un punto hacia arriba o hacia abajo para modificar su valor.
Smooth data. It is not recommended.	Suavizar los datos. En el modo de pozo, el botón no aplica el suavizado.
Redraw pseudosection	Redibujar la pseudosección.

En el menú **Operations and routines**, el comando **Select visible** selecciona los puntos de las series activas, mientras que **Select invisible** selecciona los puntos de las series inactivas. El comando **Deselect all** anula la selección de todos los puntos. **Smooth selected** suaviza los puntos seleccionados. **Set weights selected** asigna un peso a los puntos seleccionados mediante una solicitud de valor que muestra el rango sugerido 0..1 y el valor inicial 1; el código no comprueba que el valor introducido esté dentro de ese rango. El peso se registra como peso de IP si se muestra la cargabilidad y como peso normal en los demás modos. **Correct signs by calc** cambia el signo del valor medido si difiere del signo calculado; se recomienda realizar primero la inversión. También indica que los signos incorrectos son habituales en las mediciones entre pozos.

Para ampliar una zona concreta o desplazarla, se mantiene pulsado el botón izquierdo del ratón.

Para mostrar momentáneamente un solo gráfico, se hace clic con el botón izquierdo del ratón en la línea de ese gráfico; los demás gráficos se ocultan. Para mostrar uno o varios gráficos seleccionados de forma permanente, se utiliza la lista, que es la leyenda de los gráficos situada a la derecha de la ventana. Si los gráficos están activos (inactivos), al mantener pulsada la tecla Shift y seleccionar uno de ellos, los demás se desactivan (activan).

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

La visualización de los gráficos calculados para el modelo de inversión (trazados 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:

- Los datos están muy afectados por el ruido. En este caso, se deben eliminar.
- El intervalo de variación de la resistividad especificado es demasiado estrecho o el problema está sobrerregularizado. En este caso, se deben modificar los ajustes y repetir la inversión.

Para eliminar datos de baja calidad, se deben seleccionar los puntos correspondientes con el botón  (modo de selección de puntos) activado. Los puntos se pueden seleccionar haciendo clic derecho en cada uno por separado (debe estar activa la herramienta ) o en un área del gráfico (herramientas  o ). Los puntos seleccionados se muestran como cruces en los gráficos. Los puntos seleccionados se pueden ocultar o mostrar con el botón .

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

La configuración de los parámetros de visualización de los gráficos se realiza mediante el botón  (parámetros de las líneas y los puntos: grosor, color, etc.). Para fijar los límites de los ejes y evitar que cambien automáticamente durante el trabajo con los datos, se utiliza el botón .

Los procedimientos para procesar los valores de los gráficos a lo largo del perfil se abren con el botón . Al pulsarlo, se pueden seleccionar o deseleccionar todos los puntos, suavizar los puntos seleccionados (no se recomienda), asignar un peso a los puntos seleccionados y corregir el signo (más o menos) de los puntos.

El botón  permite suavizar los datos. Cada pulsación sucesiva del botón aumenta el grado de suavizado. Esta opción no se recomienda, ya que distorsiona los datos. Se debe utilizar únicamente en casos extremos y solo con datos sometidos a una fuerte influencia de las interferencias.

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

La última acción se puede deshacer con el botón .

De forma predeterminada, no se guardan los cambios realizados en los datos durante la edición en QC module. El botón **Appl&exit** aplica los cambios y pasa a la inversión: desactiva los puntos seleccionados.  **Appl&exit** El botón **Del&exit** elimina los puntos seleccionados y pasa a la inversión.  **Del&exit** Al hacer clic con el botón derecho en el submenú, se puede abrir el menú contextual:

El botón **Del&exit** abre un menú contextual adicional al hacer clic con el botón derecho del ratón. En él, **Remove Rho&Eta** elimina el punto seleccionado de resistividad aparente y su valor de IP correspondiente en todos los canales; **Remove all IP chan** elimina los valores de IP del punto seleccionado en todos los canales.

«Remove Rho&Eta» solo se utiliza en el modo de edición del valor de resistividad aparente. Elimina el punto de resistividad seleccionado y el valor de cargabilidad correspondiente en todos los canales.

«Remove all IP chan» elimina el valor de cargabilidad del punto seleccionado en todos los canales. Solo se utiliza en el modo de edición del valor de cargabilidad aparente.

El módulo de control de calidad procesa los datos del perfil activo; para procesar otro perfil, es necesario abrirlo por separado.

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

Ventana Data misfits

Al abrir la ventana, se establece el título **Misfit of records**. La pestaña **Scatter plot** contiene el gráfico de errores de ajuste; **Cross-plot** contiene el gráfico cruzado. Al cambiar el umbral, se actualizan los límites de los gráficos. La casilla de verificación **with IP** aparece cuando hay datos de IP disponibles en el modo correspondiente; en ese caso, está activada al abrir la ventana. El botón **Apply&exit** cierra la ventana tras la confirmación.

Modelización

La modelización es un proceso importante previo a los trabajos de campo. A partir de la información a priori sobre el objetivo de prospección, sus propiedades físicas y los parámetros del medio encajante, el geofísico puede definir un modelo teórico que represente el contexto geológico esperado. El resultado de la modelización permite determinar el nivel de señal y la capacidad de resolución del diseño de adquisición seleccionado. El análisis preliminar permite optimizar la metodología de los trabajos de campo. Este enfoque se considera profesional.

El programa **ZondRes3D** permite modelizar datos de los métodos de resistividad eléctrica y polarización inducida en 3D, teniendo en cuenta la topografía. Los datos de entrada necesarios para la modelización son la geometría del diseño de adquisición y el modelo del medio. Se pueden crear diseños de adquisición y modelos del medio en el propio programa **ZondRes3D** o utilizar diseños de medición creados en programas de terceros. Además, se pueden construir modelos geoeléctricos a partir de otros modelos del paquete **Zond** y de secciones geológicas definidas como imágenes rasterizadas.

Diálogo Start model and constraints

Abrir el diálogo al definir un modelo 1D. Indicar el número de capas en el campo **Number of layers**: se admiten valores de 1 a 300; el valor inicial es 1. Al cambiar el número de capas, el programa reconstruye el modelo estratificado y los gráficos mostrados.

Si la casilla de verificación **Set limites +/-** está activada, indicar en el campo adyacente el valor de los límites del parámetro con respecto a su valor. El cálculo de los límites depende del modo del parámetro: en el modo logarítmico se utiliza una tolerancia porcentual relativa y, en el modo lineal, se suma y se resta el valor especificado.

Pulsar **Apply** para crear el modelo estratificado y las restricciones de sus parámetros. Estas se transfieren al modelo.

Ventana Set apriori boundaries

Add user defined polygon	Activar el modo de definición de un límite personalizado: marcar los puntos del polígono con clics del ratón y, a continuación, hacer clic con el botón derecho para cerrarlo. El límite creado se guarda para el corte actual.
Add whole plane	Crear un límite siguiendo el contorno de todo el plano del corte actual.
Remove current boundary	Eliminar el límite del corte actual.
Caurrent boundary index	Seleccionar el índice del límite. Al cambiar el índice, se muestra el límite correspondiente; la etiqueta indica la profundidad.
Copy boundaries to project and close	Finalizar el trabajo con los límites y devolverlos al proyecto. Si se cierra la ventana sin confirmar, los límites se borran.

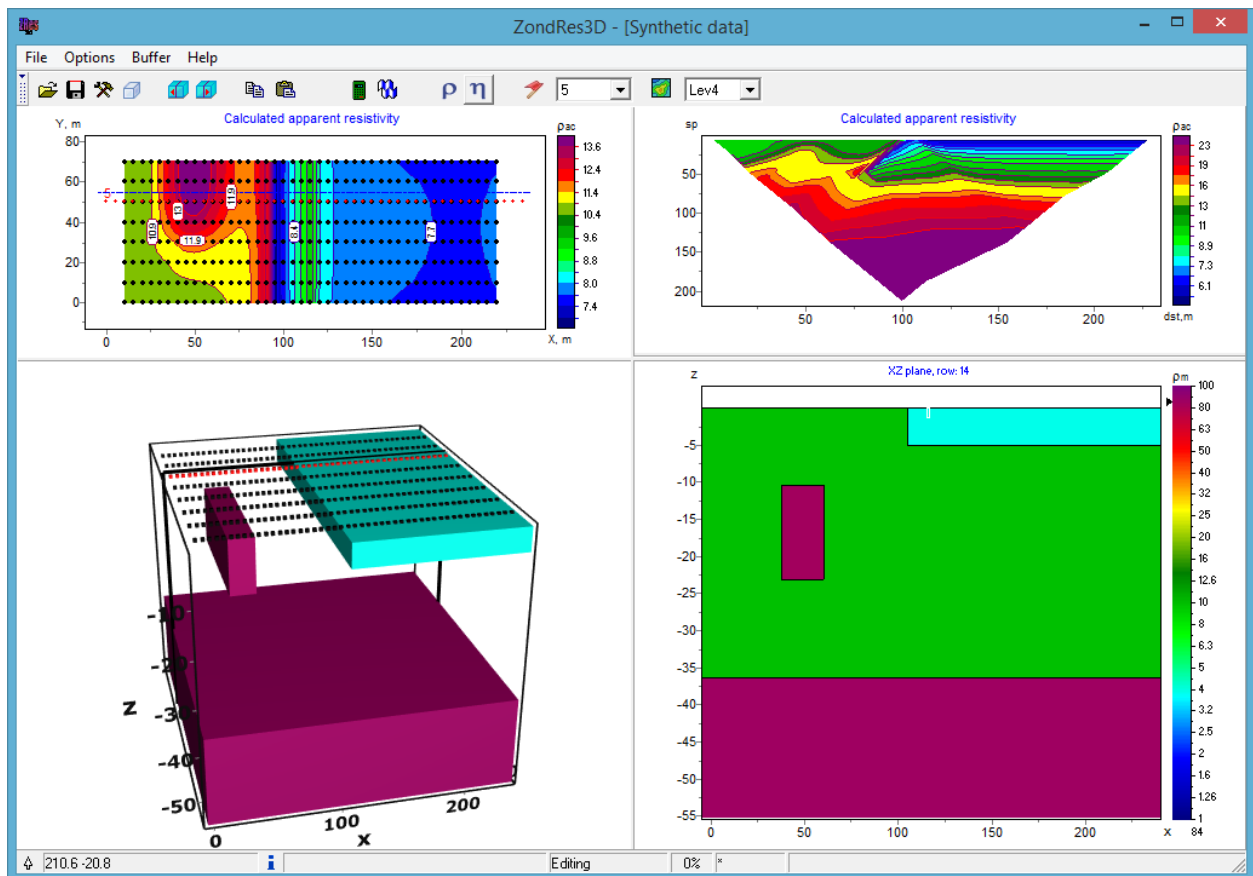


Fig. 25 Ventana principal del programa en el modo de modelización

Edición del modelo

La edición del medio geoelectrico se realiza en el **editor del modelo**: la sección gráfica inferior derecha de la ventana del programa en el modo **Options / Model / Block-section**.

El editor del modelo sirve para modificar los parámetros de celdas individuales del modelo con el ratón. A la derecha del área de edición del modelo se encuentra una escala de colores que relaciona el color con el valor de resistividad. Para seleccionar el valor actual, se hace clic derecho en la escala; el valor se muestra debajo de la escala de colores.

Con la opción **Options / Model / Plane** se puede seleccionar la orientación del corte del modelo (XZ, YZ, XY). La orientación del corte se puede cambiar con las teclas de acceso rápido:

- «Alt+1»: corte en el plano XZ;
- «Alt+2»: corte en el plano YZ;
- «Alt+3»: corte en el plano XY.

El trabajo con las celdas del modelo es similar a la edición de una imagen ráster en un editor gráfico. Al mover el cursor por el área del modelo, en la barra de estado inferior de la ventana principal del programa se muestran las coordenadas y los parámetros de la celda activa situada bajo el cursor. La celda activa en ese momento está rodeada por un rectángulo que actúa como cursor. Una celda seleccionada o fijada se marca con un patrón de puntos blancos o negros.

Para crear modelos rápidamente, el programa ofrece varios modos de selección de celdas: rectangular, elíptico, de forma libre y por un valor determinado del parámetro. Las opciones correspondientes se pueden abrir haciendo clic derecho en el área del editor del modelo:

Display cell setup	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de 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 los límites definidos por el usuario.
Selection \ Rectangular selection	Seleccionar un conjunto de celdas dentro del área de edición con el ratón. El área tiene forma rectangular.
Selection \ Elliptical selection	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.
Selection \ Remove selection	Eliminar la selección.
Clear model	Borrar el corte actual.

Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón en una celda, su parámetro cambia al valor actual.

La ampliación de una zona concreta o su desplazamiento se realiza en el modo **Zoom&Scroll** con el botón pulsado. 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 realizan las mismas acciones, pero se mueve el ratón hacia arriba y a la izquierda.

Al hacer clic con el botón del 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.

También se pueden asignar valores de parámetros a las celdas seleccionadas mediante el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros de la celda **Display Cell setup**:

Apply	Aplicar los parámetros definidos a la celda o a la selección y cerrar el cuadro de diálogo.
Cancel	Cerrar el cuadro de diálogo sin aplicar los parámetros definidos.

--	--

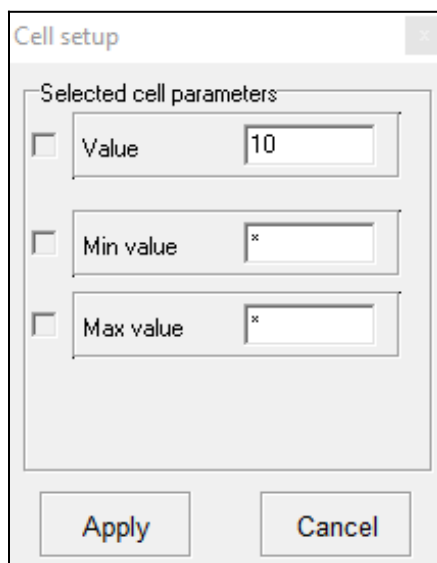


Fig. 26 **Cuadro de diálogo «Display Cell setup»**

El cuadro de diálogo sirve para seleccionar los parámetros de una celda individual o de un conjunto de celdas seleccionado.

Value establece el valor del parámetro de la celda.

Min value, *Max value* define el intervalo de variación del parámetro de la celda durante la inversión.

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

Área superior sobre el modelo	Display model mesh	Indica si se debe mostrar la malla.
	Display objects border	Indica si se debe mostrar el límite del objeto.
	Display color bar	Indica si se debe mostrar la escala de colores.
	Setup	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de los parámetros del modelo.
	Zoom&Scroll	Activar el modo de ampliación y desplazamiento.
	Print preview	Imprimir el modelo.
	X:Y=1:1	Establecer la misma escala para los ejes horizontal y vertical.
Escala de colores	Set range	Definir los valores mínimo y máximo de la

		escala de colores.
	Automatic	Determinar automáticamente los valores mínimo y máximo de la escala de colores a partir de los parámetros del corte (los valores mínimo y máximo del parámetro del modelo se seleccionan como límites de la escala).
	Log scale	Escala logarítmica de la escala de colores.
	Smooth image	Mostrar el modelo con una paleta de interpolación suave.
	Set cursor value	Situar el cursor en un valor determinado de la escala.

Cuadro de diálogo Model setup

Abrir **Setup** en el menú contextual del modelo para configurar los colores y los parámetros de visualización.

Colors	Abrir la pestaña de configuración de colores.
Mesh	Definir el color de la malla del modelo.
Body border	Definir el color de los límites entre celdas contrastantes.
Selection	Definir el color del patrón de selección.
Fixed	Definir el color del patrón de la celda fijada para impedir su modificación.
Palette	Abrir la configuración de la escala de colores. En la ventana se representa la distribución de los valores del parámetro del modelo entre los intervalos de la paleta.
Options	Abrir la pestaña de configuración de los parámetros de visualización.
Selection admissibility, %	Definir la tolerancia para la herramienta Magic wand; el intervalo del campo es de 0 a 200.
Transparency	Definir la transparencia de la imagen en porcentaje; el intervalo es de 0 a 80.
Left margin, Top margin, Right margin, Bottom margin	Definir los márgenes correspondientes de la imagen en píxeles. Se admiten valores de 0 a 100 para cada margen; el valor inicial es 0.
Font	Abrir la configuración de la fuente de la escala de colores.
Apply	Guardar la configuración y actualizar la paleta y la imagen del modelo.

Cancel	Cerrar el cuadro de diálogo.
---------------	------------------------------

Almacenamiento y uso de datos del modelo

Para utilizar los valores calculados como datos de campo en la inversión, es necesario guardar el resultado en el modo **Calculated data**. Los datos se guardan en un archivo de texto. Después, el archivo guardado puede abrirse como datos observados. Como alternativa, se puede utilizar la opción **Project with calculated**, pero antes de la inversión será necesario borrar el modelo actual. Para exportar los resultados de la modelización 3D a 2D se utiliza la opción **Export line to z2d**.

A continuación, se puede invertir este tipo de datos y analizar las diferencias entre el modelo recuperado y el original.

Este mecanismo permite probar los diseños de adquisición y comprobar distintas hipótesis.

Diálogo Extra layered term

Enable	Activar o desactivar el término estratificado adicional.
Pushing factor	Definir el valor del factor. El valor inicial del campo es 1; al leer el valor, el programa acepta números en el intervalo de 0 a 1000.
Num top layers off	Definir el número de capas superiores excluidas del procesamiento; se admiten valores de 0 a 5 y el valor inicial es 0.
Window size	Definir el tamaño de la ventana; se admiten valores de 1 a 5 y el valor inicial es 1.

La opción **Build-in mod3d** (Options / Import/Export) permite incorporar a la malla actual un modelo obtenido en otro proyecto o en un programa externo. Además de los archivos MOD3D, se admite el archivo de texto XYZV: cada línea contiene cuatro números: las coordenadas X, Y, Z del centro de la celda (punto) y el valor del parámetro (resistividad o cargabilidad, según el modo actual); se omiten las líneas que contienen menos de cuatro números. Al guardar el modelo en formato XYZV [*.dat], se crea un archivo del mismo tipo. El valor de cada celda de la malla actual se calcula a partir de los 12 puntos más cercanos del archivo mediante el método de la inversa de la distancia (los puntos más cercanos tienen mayor peso; para los parámetros en escala logarítmica se promedian los logaritmos). El cálculo se realiza en paralelo en todos los núcleos del procesador.

Inversión de datos

El programa permite invertir los resultados de mediciones de resistividad y polarización inducida. Se puede invertir únicamente la resistividad aparente o realizar una inversión conjunta de los datos de resistividad aparente y cargabilidad aparente (opción **Options / Inversion / Cross-gradient**).

Cuando hay datos de IP, aparecen en la barra de herramientas los botones  y , que permiten cambiar entre los modos de trabajo con datos de resistividad y de cargabilidad.

Configuración de los parámetros de inversión

Después de cargar el archivo de datos y configurar el modelo inicial, el siguiente paso es seleccionar el tipo de inversión y configurar sus parámetros. El diálogo de configuración de los parámetros de inversión se puede abrir mediante el botón  o la opción de menú **Option / Program setup**.

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

La pestaña **Inversion** permite configurar los parámetros de inversión:

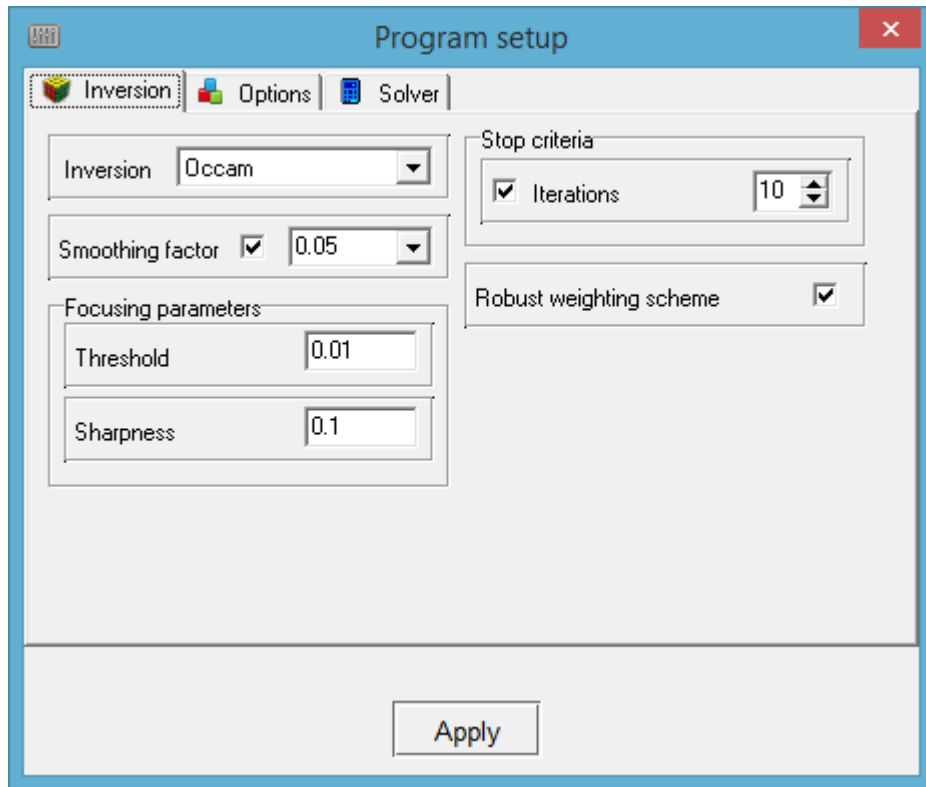


Fig. 27 Ventana de diálogo «Program setup», pestaña «Inversion»

La opción **Inversion** define el algoritmo utilizado para resolver el problema inverso.

Se examinan los distintos algoritmos de inversión mediante el ejemplo de una sección bidimensional de un modelo del subsuelo compuesto por varios bloques (véase la figura siguiente):

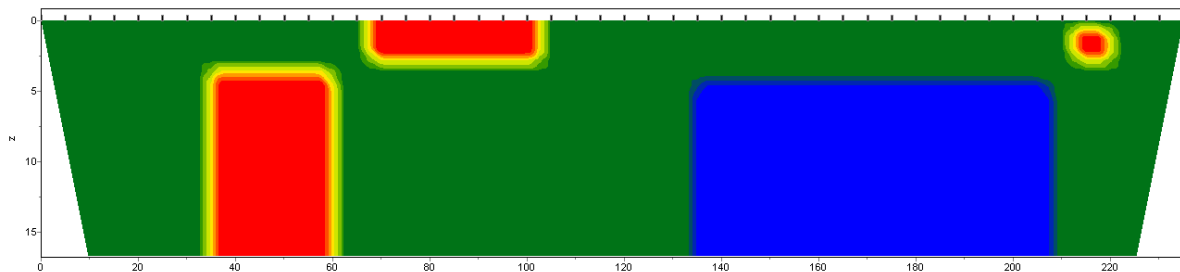


Fig. 28 Modelo de prueba del subsuelo

Para probar los algoritmos, se calculó la respuesta teórica de este modelo y se añadió a los resultados un 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).

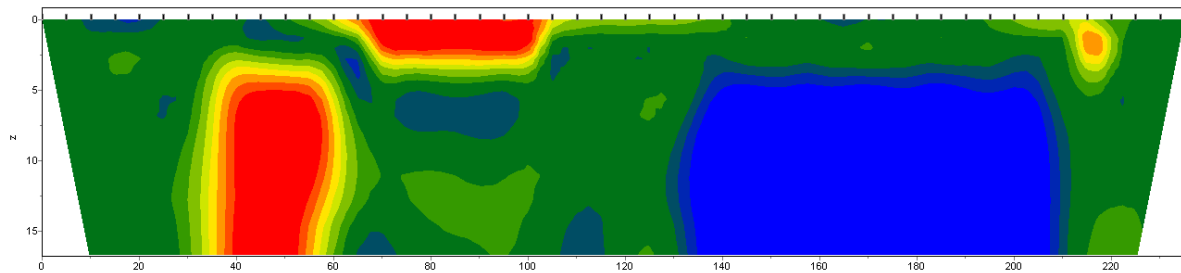


Fig. 29 **Modelo recuperado mediante la inversión Smoothness constrained**

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 una minimización adicional del contraste [Constable, 1987]. Este algoritmo produce la distribución de parámetros más suave (véase la figura siguiente).

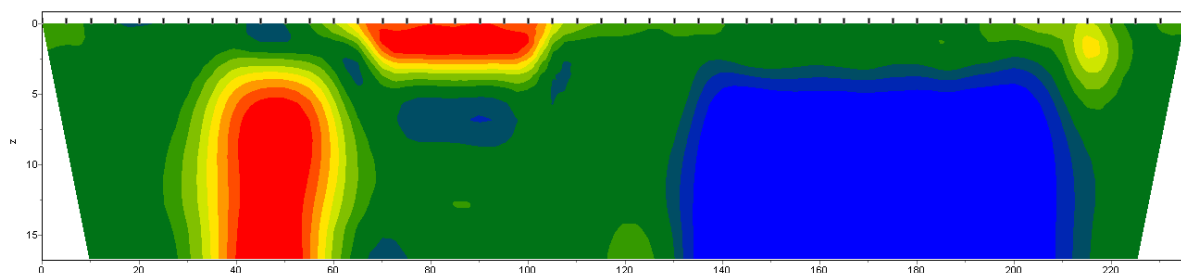


Fig. 30 **Modelo recuperado mediante la inversión Occam**

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 subsuelo con contrastes marcados (véase la figura siguiente).

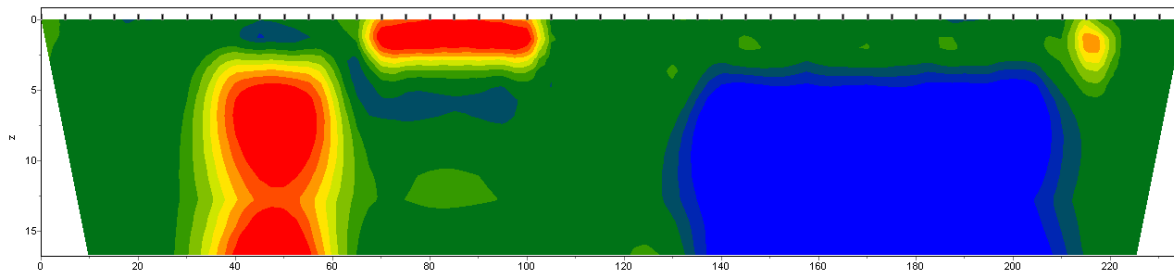


Fig. 31 **Modelo recuperado mediante la inversión *Marquardt***

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 imprudente de esta modificación de la inversión puede dar lugar a resultados inestables o a un aumento de la desviación cuadrática media, es decir, a la divergencia del algoritmo.

El método ***Marquardt*** se aplica mejor 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 resistividades diferentes. 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***:

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

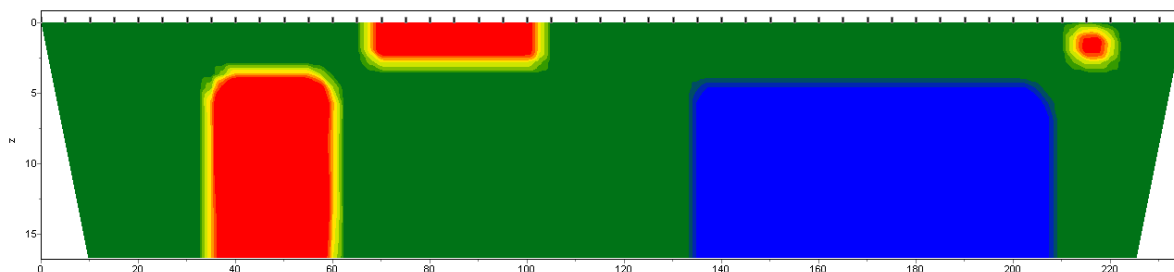


Fig. 32 **Modelo obtenido como resultado de la inversión *Blocks***

Se recomienda utilizar el algoritmo para refinar los resultados de métodos anteriores (preferiblemente ***Focused***), tras agrupar previamente las celdas en los bloques necesarios mediante la opción ***Smooth/Raster***.

Al seleccionar bloques individuales manualmente, se debe utilizar el editor de modelos y asignar parámetros diferentes a cada región. Los bloques individuales se delimitarán durante el uso de la ventana de este cuadro de diálogo.

Focused – inversión por mínimos cuadrados mediante 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 formado por bloques con resistividad constante (véase la figura siguiente).

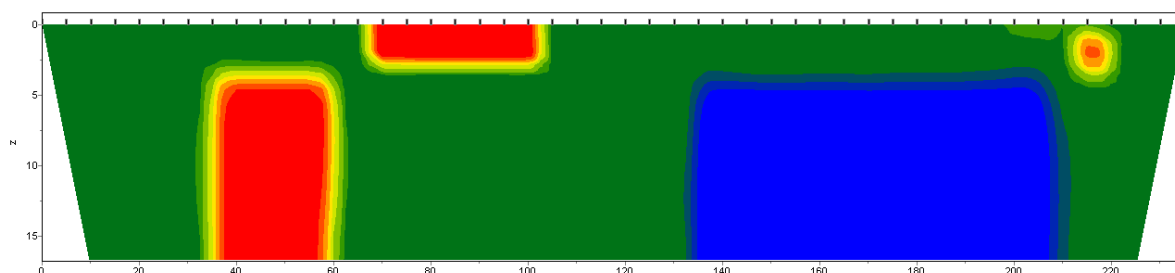


Fig. 33 **Modelo obtenido como resultado de la inversión *Focused***

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

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

El uso de esta variante de inversión requiere seleccionar cuidadosamente el parámetro del umbral de contraste *Threshold* (se establece en la pestaña ***Inversion***). Este parámetro determina el valor umbral del contraste entre celdas adyacentes a partir del cual sus parámetros dejan de promediarse 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:

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

Al seleccionar bloques individuales manualmente, se debe utilizar el editor de modelos y asignar parámetros diferentes a cada región. Los bloques individuales se delimitarán durante el uso de la ventana de este cuadro de diálogo.

Smoothing factor – establece la relación entre la minimización del error de ajuste de las mediciones y el error de ajuste del modelo (por ejemplo, la suavidad). Para datos con mucho ruido o para obtener una distribución de parámetros más suave y estable, se seleccionan valores relativamente altos del parámetro de suavizado: 0.5 - 2; para mediciones de alta calidad se utilizan valores de: 0.005 - 0.01. Los valores altos del parámetro de suavizado suelen dar lugar a un mayor error de ajuste de los datos (véase la figura siguiente). Se utiliza en los algoritmos de inversión ***Occam*** y ***Focused***.

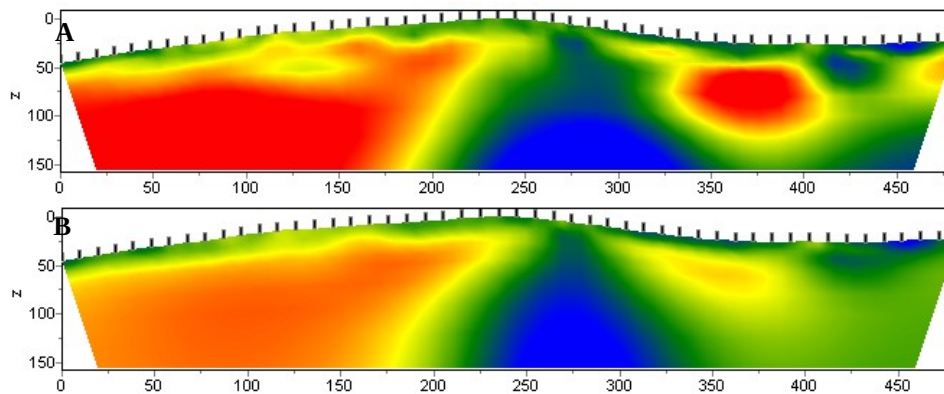


Fig. 34 **Modelos geoelectricos obtenidos mediante la inversión *Occam* con el parámetro smoothing factor: 0.01 (A) y 1.0 (B).**

Robust weighting scheme – esta opción debe activarse si los datos contienen algunos valores atípicos importantes debidos 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 dé resultados satisfactorios.

El área *Stop criteria* contiene los criterios de parada de la inversión.

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

El área *Focusing parameters*.

Threshold – establece el valor umbral del contraste entre celdas adyacentes, a partir del cual sus parámetros dejan de promediarse 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). Un valor demasiado bajo puede hacer que el algoritmo diverja (en tal caso, se debe aumentar su valor). Los valores demasiado altos producen una distribución suave.

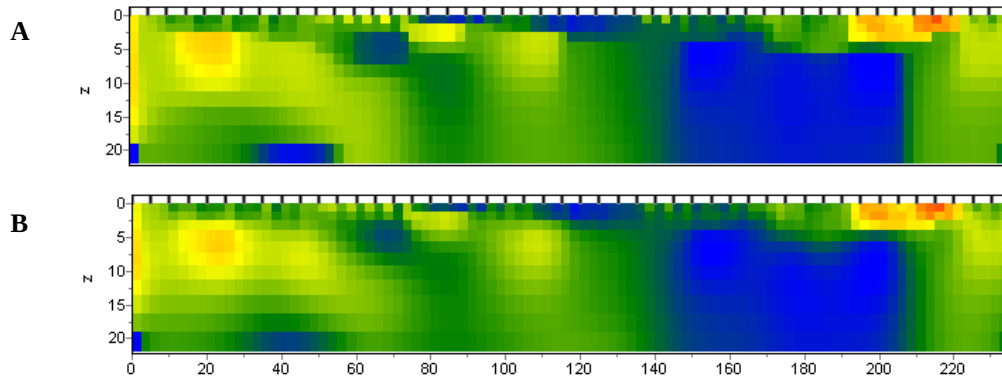


Fig. 35 **Modelos geoelectricos obtenidos mediante la inversión *Focused* con el parámetro Threshold: 0.01 (A) y 0.1 (B)**

Sharpness – determina el equilibrio entre la minimización del volumen de los cuerpos anómalos (0) y la obtención de una distribución suavizada por tramos en el medio (1) (véase la figura siguiente). El valor de este parámetro se determina empíricamente.

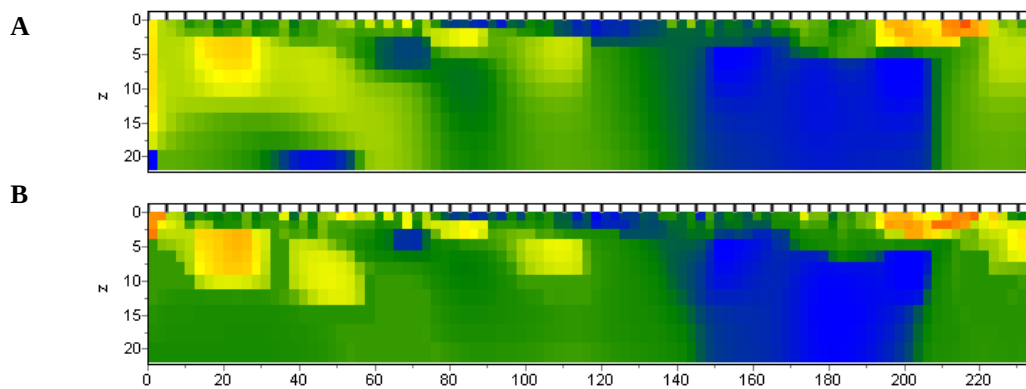


Fig. 36 **Modelos geoelectricos obtenidos mediante la inversión *Focused* con el parámetro Sharpness: 0.8 (A) y 0.2 (B)**

La segunda pestaña **Options** sirve para configurar parámetros adicionales de la inversión:

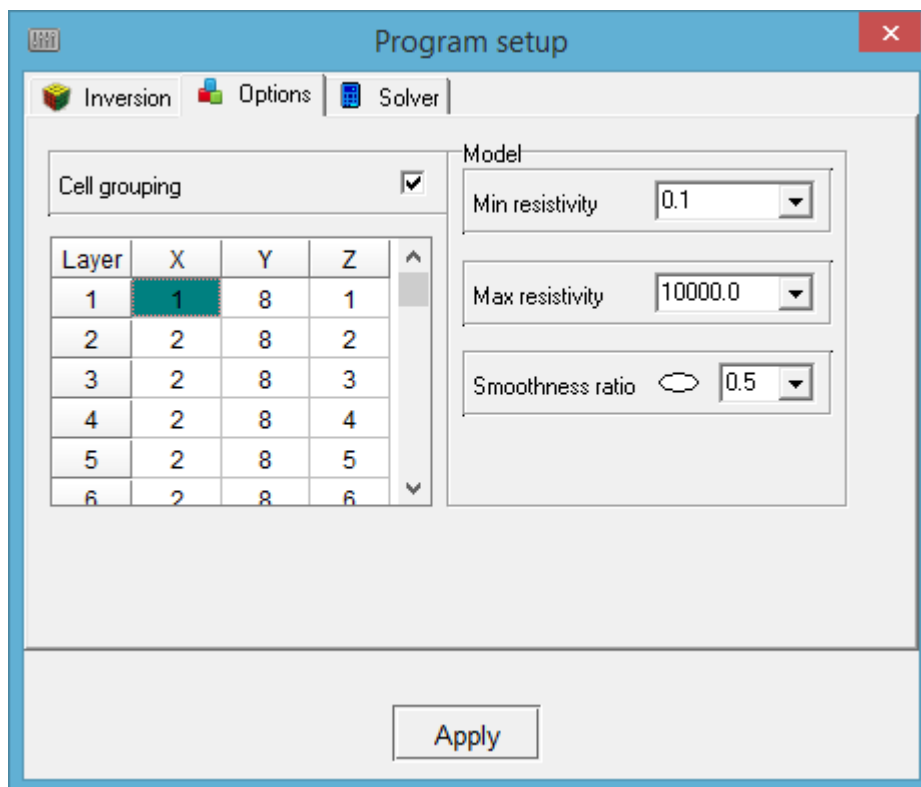


Fig. 37 Ventana de diálogo «Program setup», pestaña «Options»

Área **Model**:

Min resistivity (polarizability), *Max resistivity (polarizability)* – establece los límites de variación de los parámetros del modelo durante la inversión. Si estos límites se conocen con suficiente precisión, se recomienda activar la opción *lim based inv* en el menú principal.

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

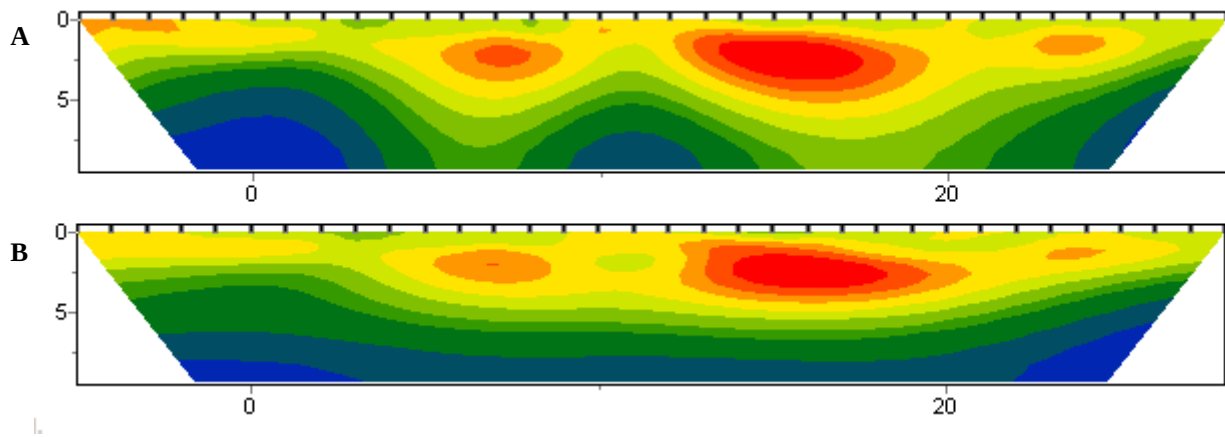


Fig. 38 **Modelos geoelectricos obtenidos mediante inversion «suave» con el parámetro Smoothness ratio: 1 (A) y 0.3 (B)**

Cell grouping – utilice esta opción con modelos grandes. Esta 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 para la inversión disminuye. Idealmente, el número de parámetros que se ajustan debe ser comparable al número de datos.

La tabla contiene cuatro columnas: en la primera (**Layer**) se indica el número de la capa del modelo original; en las tres columnas siguientes (**X, Y, Z**) se debe indicar el número de celdas (en la dirección correspondiente) que contiene cada celda de la malla de inversión para dicha capa. La malla de inversión se muestra en el editor del modelo y en el modelo 3D mientras se configura. Al hacer clic derecho en una celda de la columna X o Y, se puede establecer la anchura del grupo de celdas en la dirección horizontal para esta capa y todas las capas inferiores.

A continuación se muestran tres ejemplos de mallas de inversión para un corte XZ del modelo: en la primera, la malla de inversión coincide con la malla 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 la dirección horizontal X (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 la dirección horizontal X (véase la figura siguiente, C).

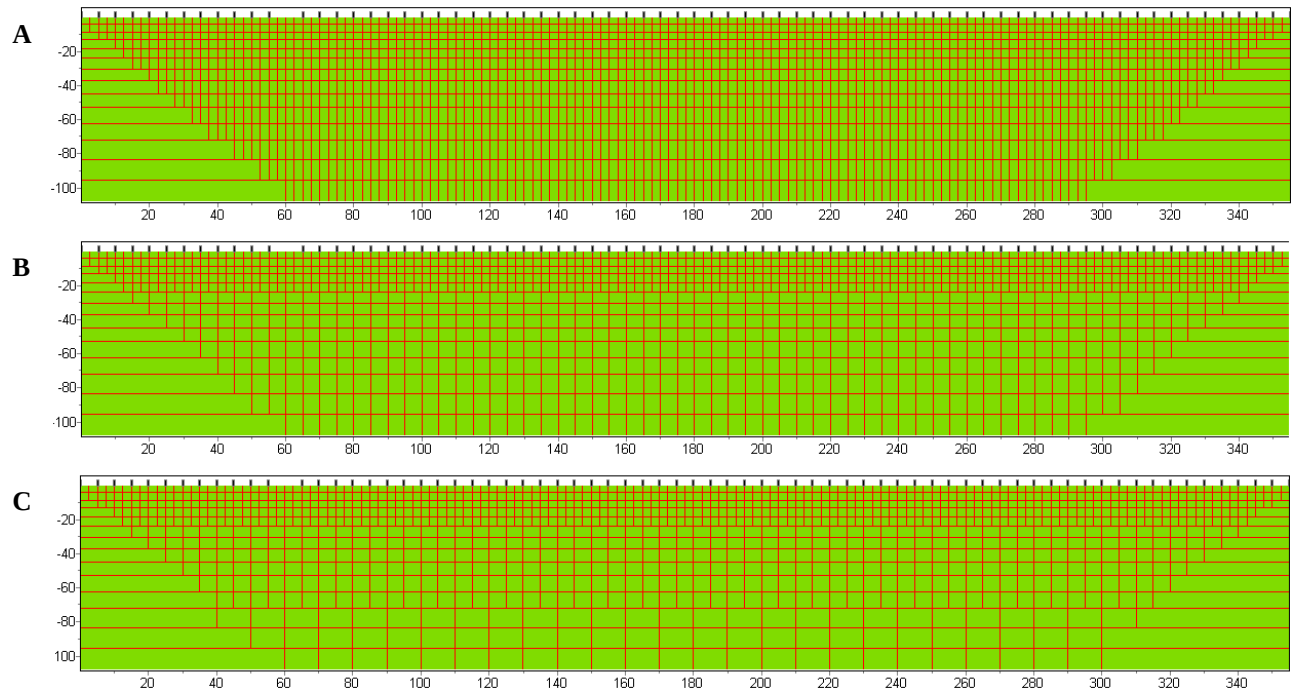
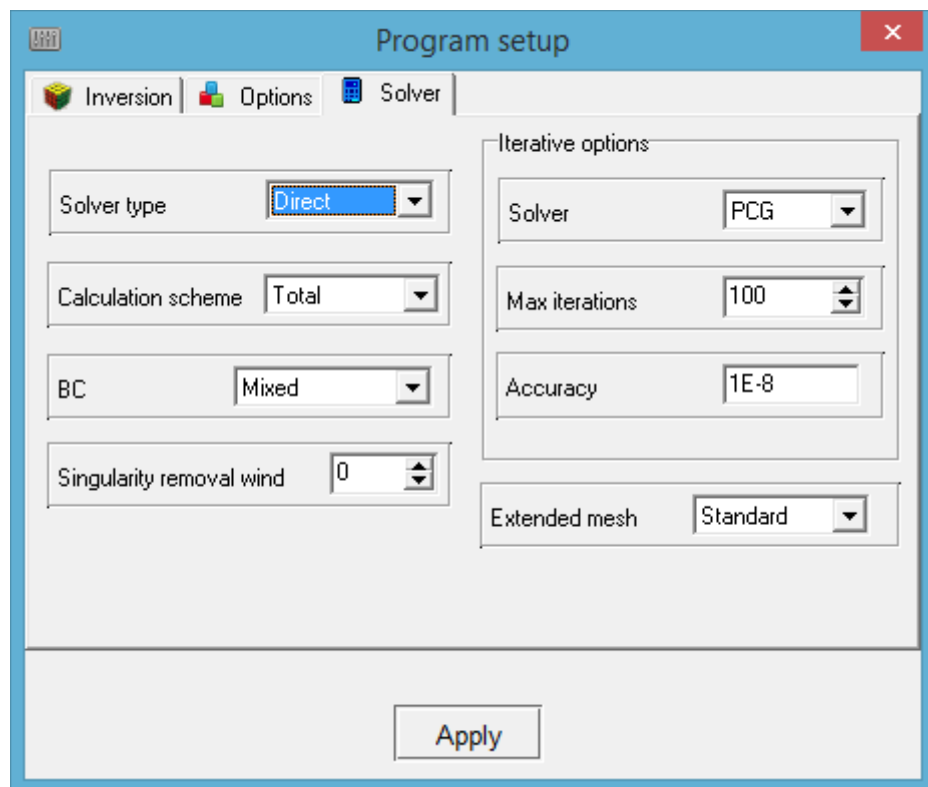


Fig. 39 Ejemplos de mallas de inversión

La tercera pestaña **Solver** permite configurar los parámetros para resolver el problema directo.



La opción *Solver type* establece cómo se resuelve el sistema de ecuaciones del problema directo. El valor *Direct* utiliza un método directo para resolver el sistema de ecuaciones y se recomienda en la mayoría de los casos. El valor *Iterative* utiliza un método iterativo para resolver el sistema de ecuaciones y se recomienda para modelos muy grandes o cuando el número de posiciones de las

fuentes es relativamente pequeño. Al seleccionar *Iterative*, el área **Iterative solver** queda disponible para configurar los parámetros del método iterativo.

La opción *Calculation scheme* determina el esquema utilizado para calcular el potencial de la fuente. El valor *Total* implica el cálculo del potencial total y se utiliza de forma predeterminada. Es el esquema de cálculo más rápido y estable, pero, debido a la singularidad de la fuente, puede producir errores grandes en la determinación del potencial cerca de la fuente y, por consiguiente, requerir una malla más densa cerca de los electrodos. El valor *Secondary* utiliza el esquema de cálculo del potencial secundario (con respecto al semiespacio) y reduce considerablemente la singularidad cerca de la fuente, pero es más lento que la primera opción.

La opción *Singularity removal window* es una opción experimental original para reducir la singularidad cerca de las fuentes en el esquema *Total*. Permite reducir a la mitad el error de los cálculos cerca de las fuentes para el dispositivo de potencial. El tamaño de la ventana (en nodos de la malla) se determina mediante la distancia entre la fuente y el electrodo de medida más cercano. Si hay un nodo de la malla entre la fuente y el receptor, se recomienda seleccionar un valor de tres o más para este parámetro. Si los errores cerca de las fuentes son grandes, se recomienda utilizar el esquema *secondary* en lugar de esta opción, ya que es más eficaz y requiere cálculos adicionales.

En el campo *Extended mesh*, seleccione *Double* si, para un levantamiento alargado en una dirección, es necesario ampliar la malla exterior. Esto amplía la malla exterior y ralentiza los cálculos, pero proporciona resultados más precisos.

El área **Iterative solver** se utiliza para configurar los parámetros de resolución del sistema mediante un método iterativo.

La opción *Solver* establece el tipo de método iterativo utilizado para resolver el sistema. El valor *PCG* establece el método de gradientes conjugados preconditionado simple. Para alcanzar un nivel de error aceptable (10^{-8} - 10^{-9}) suelen ser necesarias entre 60 y 100 iteraciones. El valor *biPCGstab* establece el método de gradientes biconjugados estabilizado y preconditionado, que es más estable y converge mejor, pero requiere el doble de cálculos por iteración (entre 40 y 80 iteraciones).

La opción *Max iterations* establece el número máximo de iteraciones para resolver el sistema. Si se alcanza antes el nivel de precisión especificado, el proceso iterativo finaliza.

La opción *Accuracy* establece el nivel de precisión de la solución (10^{-8} - 10^{-10}), al alcanzarlo finaliza el proceso iterativo.

Apply	Guarde la configuración, cárguela en el formulario y cierre el cuadro de diálogo confirmando la operación. Al cerrar la ventana, el programa reconstruye la malla si es necesario y actualiza la visualización 3D.
Iterations	Activa la detención de la inversión no lineal tras el número de iteraciones especificado. El campo del número de iteraciones está disponible cuando se marca la casilla de verificación; el intervalo

	permitido es de 1–150 y el valor inicial es 1.
Casilla de verificación para la selección automática del valor inicial de Smoothing factor	Activa la selección automática del parámetro de suavizado inicial. Esta selección no garantiza el mejor valor, pero asegura una convergencia estable.
Smoothing factor	La lista contiene los valores 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1 y 0.2. El efecto del parámetro depende del uso de line search y de la configuración del suavizado.
Min resistivity (polarizability) y Max resistivity (polarizability)	La lista del límite inferior ofrece los valores –500, –200, –100, –50, –10, 0 y 1; la del límite superior, 500, 200, 100, 50, 10, 1 y 0. Durante la inversión, los valores del parámetro inferiores al mínimo o superiores al máximo se recortan. Si se conoce con exactitud el intervalo, se recomienda activar lim based inv.
Smoothness ratio	En la lista están disponibles los valores 1, 0.5, 0.1, 2 y 10.
Number of surface layers	Establecer el número de capas superficiales en el intervalo 0–3; el valor inicial es 0. Si la zona superficial presenta un contraste heterogéneo, el operador de suavizado puede extender las heterogeneidades al resto del modelo.
Extended mesh	Seleccionar Standard o Double. Para los levantamientos extendidos en una sola dirección, el tamaño doble de la malla puede mejorar la precisión.
Singularity removal window	Establecer el tamaño de la ventana de supresión de singularidades en nodos de la malla: el intervalo permitido es 0–7; el valor inicial es 0. El campo está disponible al seleccionar Total en Calculation scheme . Los valores típicos son 3–5.
Max iterations	Establecer el número máximo de iteraciones del solucionador iterativo en el intervalo 30–200; el valor inicial es 100. Al seleccionar PCG, el valor se establece en 100; al seleccionar biPCGstab, en 60.
Accuracy	Establecer la precisión del solucionador iterativo. El valor inicial es 1e-8; el intervalo típico es 1e-8–1e-10.

Inversión de datos de tomografía entre pozos

Se recuerda que, al describir los electrodos sumergidos, debe utilizarse la coordenada Z con signo negativo (profundidad desde la superficie). Al cargar este archivo, el programa solicitará confirmar que se trata de datos de pozo:

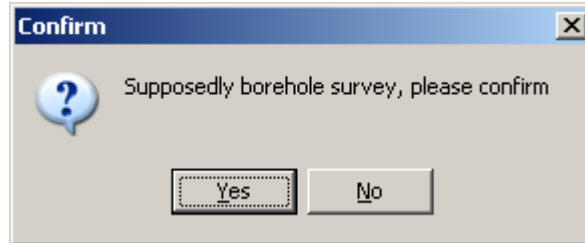


Fig. 40 Ventana de diálogo para confirmar las mediciones entre pozos

En la ventana **Mesh constructor** que aparece a continuación, en la sección de discretización del eje vertical Z-axis, debe seleccionarse el tipo de eje *Borehole*. En este caso, el programa discretiza automáticamente el eje vertical basándose en las posiciones de los electrodos.

El ejemplo de modelo 3D para un proyecto con datos de tomografía entre pozos se muestra en la figura siguiente. Para mostrar todos los electrodos, se debe activar la casilla de verificación en la configuración del modelo 3D **Show / Survey points**.

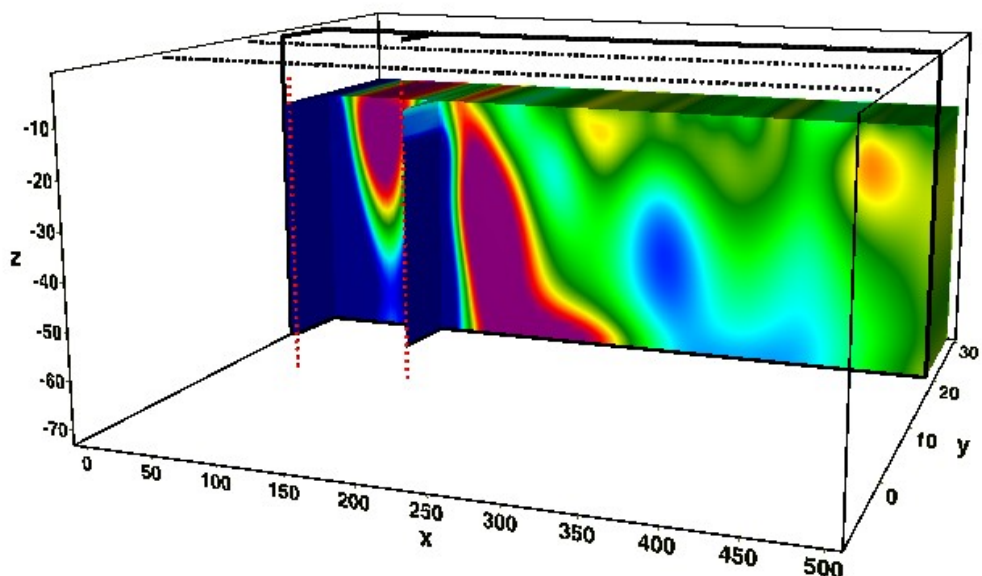


Fig. 41 Ejemplo de modelo 3D para datos de tomografía entre pozos

Inversión de parámetros de IP

Se puede cambiar al modo de inversión de IP haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas. En este modo, al hacer clic en el botón  se invertirán los datos de cargabilidad teniendo en cuenta la sección actual de resistividad.

Si el proyecto contiene datos de IP, en el menú **Options / Model** aparece la opción **MF factor display** – mostrar el factor metálico en el área del modelo. Tras invertir los datos de cargabilidad, se puede mostrar este parámetro.

Si el proyecto contiene mediciones de IP multicanal (en el dominio temporal o frecuencial), se puede realizar una inversión Cole-Cole. Este elemento del menú aparece en el modo de inversión de IP (después de invertir todos los canales, por ejemplo, mediante el procedimiento Time-lapse inversion) en el menú principal del programa **Time lapse / Cole-cole inversion**. Los parámetros del modelo Cole-Cole se pueden mostrar en el área del modelo una vez finalizados los cálculos. Para ello, en el menú principal del programa, seleccione **Options / Model / Cole-cole model** y elija el parámetro necesario: **Chargeability, Time constant, C exponent**.

Los elementos del menú **Time lapse**, relacionados con la inversión de datos de IP se describen a continuación.

La opción **Time lapse / Channels** abre la tabla de tiempos de los canales (que deben estar definidos). En ella se pueden editar los valores de los retardos temporales o las frecuencias de medición, así como los encabezados de los valores definidos (que se mostrarán en la lista desplegable de la barra de herramientas de la ventana principal del programa).

La opción **Time lapse / Channel plot** abre una ventana (véase la figura siguiente) que muestra las curvas de decaimiento (o las dependencias frecuenciales) del registro actual. Para pasar a otra medición, se utiliza el ratón (en el mapa de isolíneas o en el gráfico) o los botones  y ; las coordenadas de los electrodos de corriente y de potencial del punto de medición seleccionado se muestran en la parte superior de la ventana. Los puntos individuales de la curva mostrada se pueden editar mediante las opciones del menú contextual que aparece al hacer clic derecho sobre ellos. Se pueden eliminar (**Delete point**), mover o sustituir por un valor suavizado (**Smooth point**), restablecer la posición original del punto (**Origin point**) o eliminar todos los puntos (**Delete All**). El botón  de la barra de herramientas de la ventana permite suavizar la curva actual.

La herramienta  permite eliminar mediciones de forma selectiva.

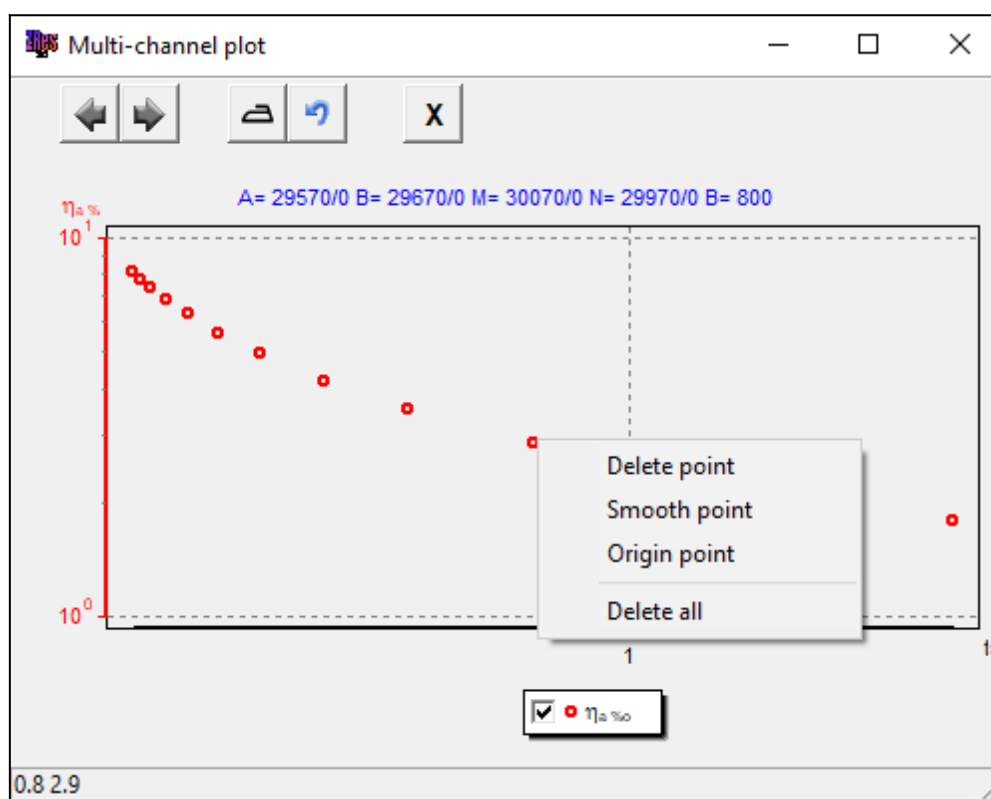


Fig. 42 Ventana de edición de la dependencia temporal de IP

Inversión de datos de monitorización

Al trabajar con datos de monitorización, aparece una pestaña adicional en el menú principal del programa: **Time Lapse**, que permite configurar la inversión para todas las realizaciones a la vez. La pestaña contiene los siguientes elementos:

Time lapse / Channels	Abre la lista de canales. Se puede asignar un nombre a cada canal (columna name) e indicar si se debe invertir o no (columna inv).
------------------------------	--

Time lapse / Channel plot	Mostrar gráficos de la variación del parámetro en función de la realización.
Time lapse / Time lapse inversion	Iniciar la inversión de todos los canales/mediciones.
Time lapse / Next from previous	Invertir la realización siguiente basándose en los resultados obtenidos con la anterior. Si la opción no está activada, se utiliza como aproximación inicial para cada iteración siguiente el modelo actual de esa realización.
Time lapse / Max iter numb for next	Establecer el número máximo de iteraciones para cada realización siguiente.
Time lapse / Clear all models	Eliminar los modelos de todos los canales.

Si hay modelos de varias realizaciones de monitorización, aparece un elemento adicional en la pestaña del menú **Options / Model: Time lapse summary**, que permite evaluar la velocidad de variación del parámetro a lo largo del tiempo.

Evaluación del error de ajuste tras la inversión

Se puede realizar una evaluación rápida del resultado de la inversión a partir del valor del error relativo de ajuste. Este parámetro se muestra en porcentaje en la parte central de la barra de estado del programa (sección 5). Por lo general, con datos de calidad satisfactoria, el valor no debe superar el 5%.

La convergencia de cada medición entre los valores observados y calculados se puede evaluar en un mapa de isolíneas o en una pseudosección mediante la opción **Options / Data / Data Misfit**.

Las estimaciones del error de ajuste permiten volver a filtrar los datos. Se pueden excluir los datos con un error de ajuste elevado mediante la opción **Options / Extra / Remove data with big misfit**.

Información a priori

Uso de imágenes de fondo para modelos 2D y 3D

La integración de métodos geofísicos de exploración y el uso de información a priori son algunas de las técnicas más eficaces para mejorar la calidad de la interpretación de los datos. El programa ofrece varias opciones para visualizar la información a priori. Mediante la opción

Options / Import/Export se pueden cargar diversos tipos de información geológica y geofísica: modelos de proyectos de otros programas Zond, e imágenes de fondo para la sección (por ejemplo, una sección geológica o sísmica) (véase la figura siguiente).

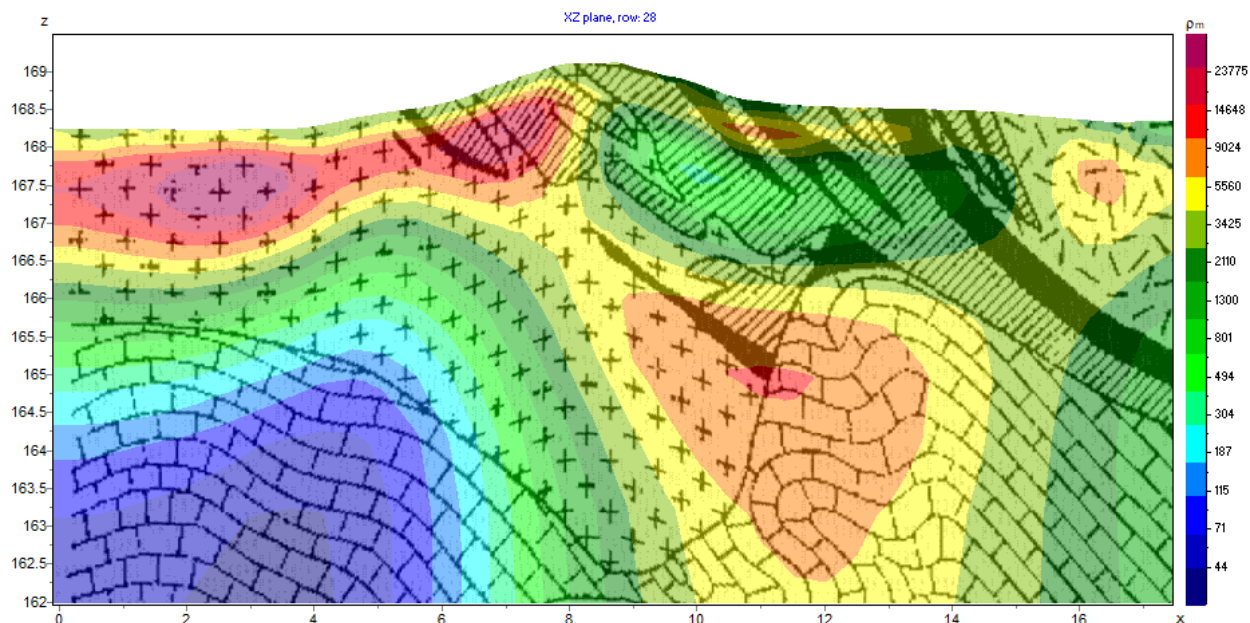


Fig. 43 Ejemplo de uso de la función «Background 2D»

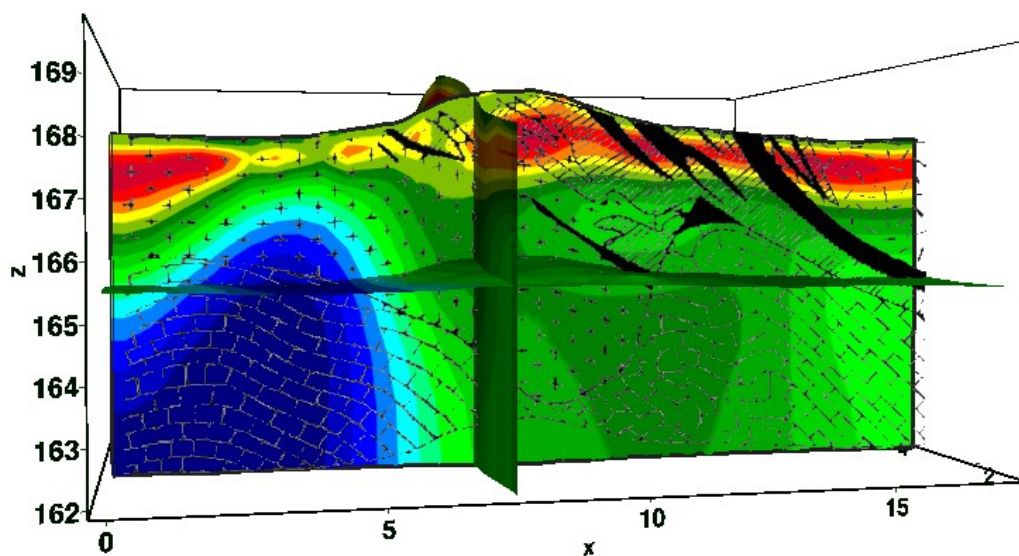


Fig. 44 Ejemplo de uso de la función «Background 3D»

Para comparar los resultados de distintos métodos, también resulta práctico utilizar las funciones **Import mod2d's** y **Import mod3d**. Estas opciones permiten cargar en el modelo actual modelos guardados en otros programas Zond, como archivos con las extensiones MOD3D y MOD2D.

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.

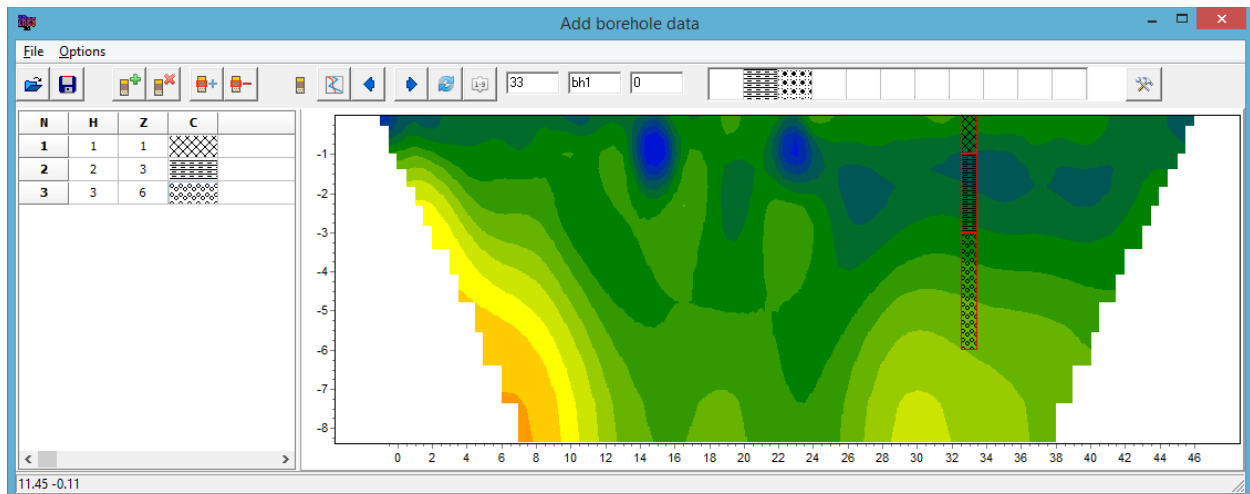


Fig. 45 Módulo para añadir datos de registros de pozo y litología

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

	Abrir un proyecto o una imagen de fondo
	Guardar el proyecto o exportar imágenes de los pozos
	Crear un pozo nuevo
	Eliminar un 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 visualización de datos
	Ordenar los pozos por coordenada

30	Establece la coordenada horizontal (a lo largo del perfil)
bh1	Etiqueta del pozo
1	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 derecha, los datos de los pozos se muestran gráficamente.

Para empezar a crear un archivo de litología, se debe pulsar el botón  de la barra de herramientas. A continuación, aparecerá una tabla nueva en la sección izquierda. Con el botón  se debe especificar el número de capas deseado. Después, se debe editar la tabla, indicando 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. 48). El programa ofrece una amplia selección de rellenos litológicos. En la opción **Color** se puede seleccionar el color del relleno.



Fig. 46 **Ventana del editor de rellenos**

Una vez introducidos los datos del pozo, se debe pulsar el botón  y el pozo aparecerá en la ventana gráfica. A continuación, se debe establecer la posición horizontal del pozo; no hay un campo independiente para la coordenada vertical en la barra de herramientas. El pozo se mostrará entonces de acuerdo con 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 ello, seleccione el relleno deseado en la columna de rellenos de la **Ventana de datos**, y haga clic con el botón derecho en el área de rellenos de la barra principal del programa. De este modo, se puede crear un conjunto de rellenos y guardarlo. Para ello, pulse el botón  y seleccione **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.

Al guardar el archivo de datos, también se guarda el archivo de proyecto *.crt, que se puede abrir en el programa ZondRes3D

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

File / Open project	Abrir un proyecto con datos de pozos o seleccionar un archivo de imagen de fondo. Para los archivos de fondo se utiliza un filtro independiente en el cuadro de diálogo.
File / Save project	Guardar el proyecto en CRT o exportar imágenes de pozos a BMP. Al exportar, las imágenes se guardan en la carpeta seleccionada; la extensión del nombre de archivo se sustituye por .bmp.
Remove background	Desactivar la visualización de la imagen de fondo cargada.
Show background	Activar la visualización de la imagen de fondo cargada.
Botón para seleccionar el color de fondo de la ventana gráfica.	Abrir el selector de color y establecer el color seleccionado como fondo de la ventana gráfica.
Exchange P&&C	Sustituir tanto el tipo de relleno como el color de las capas de todos los pozos que coincidan con el tipo de relleno y el color originales.
Exchange P	Sustituir el tipo de relleno de las capas de todos los pozos que tengan el mismo tipo de relleno original.
Exchange C	Sustituir el color de las capas de todos los pozos que coincidan con el tipo de relleno y el color originales.

Parámetros de los datos de registros de pozo

Al cargar los registros de pozo, el programa abre la ventana **Settings**. En **To logarithm** se activa la transformación logarítmica. En **Type of norming** se selecciona el límite común, el límite común con la mediana o la mediana. En **Data index** se establece un índice de 0 a 5. En **Color** se selecciona

el color de la serie y en **Title**, su nombre. En **Depth units** se seleccionan las unidades de profundidad: m, km o ft.

Para cargar una imagen de fondo gráfica se utiliza un archivo de texto: en la primera línea se indica la ruta al archivo de imagen y en la segunda, cuatro valores numéricos que representan las coordenadas de dos puntos de referencia (X1, Z1, X2, Z2). Si no se encuentra la imagen en la ruta indicada, el programa busca un archivo con el mismo nombre en la carpeta del archivo de texto.

La carga de archivos TXT y DAT se realiza línea por línea: para procesar una línea, el programa debe obtener de ella al menos dos valores numéricos. El primer valor se utiliza como profundidad y el segundo, como medición. Para LAS se dispone de un cuadro de diálogo independiente para seleccionar las columnas y el rango de líneas.

Selección de datos del archivo de texto

En la ventana **Export text data**, para importar los datos, se seleccionan los encabezados de las columnas en la primera fila de la tabla. Con los botones **Start** y **End** se definen las líneas inicial y final de los datos. Se pulsa **OK** para confirmar la selección.

Estructura del archivo *.txt: la primera columna contiene la profundidad del punto de registro (desde la superficie del terreno) y la segunda, las mediciones de registros de pozo. Al leer archivos TXT y DAT se utilizan los dos primeros valores numéricos de cada línea; la tercera y la cuarta columnas no se utilizan durante la carga.

A continuación se muestra un ejemplo de archivo de datos de registros de pozo representados en una sección mediante gráficos (véase la figura siguiente):

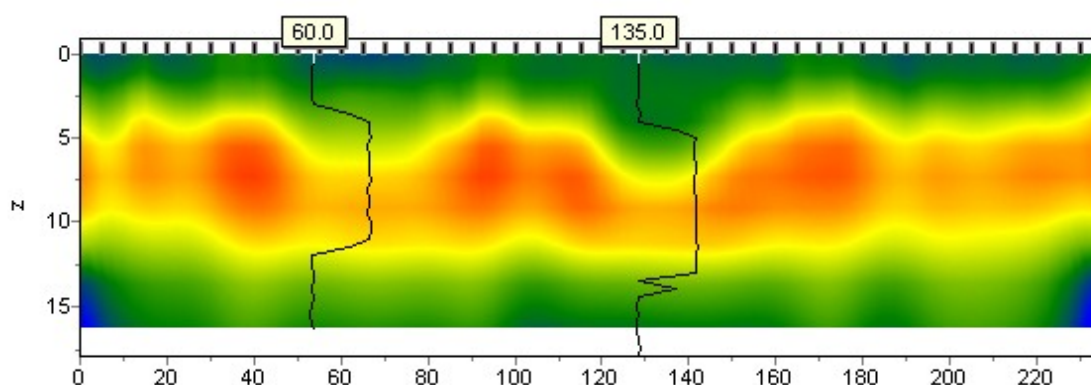


Fig. 47 **Modelo con diagramas de registros de pozo superpuestos**

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 debe rellenarse con ceros; la tercera columna indica el color de la capa en la columna

litológica y la cuarta, el tipo de trama de la capa. Las columnas se separan con espacios. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de modelo con columnas litológicas superpuestas.

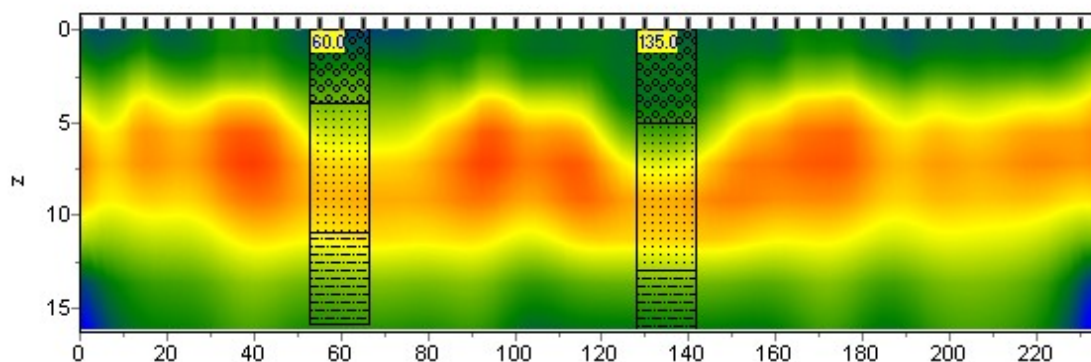


Fig. 48 **Modelo con columnas litológicas superpuestas**

A continuación se muestra una lista de los primeros 23 tipos de trama que se pueden utilizar al crear una columna litológica.

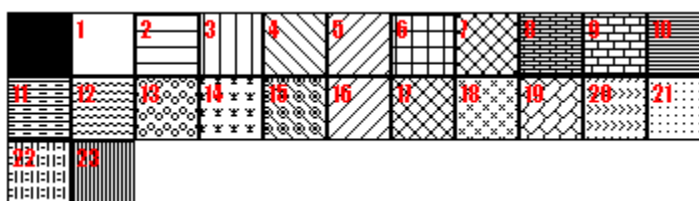


Fig. 49 **Opciones de tramado de la columna litológica**

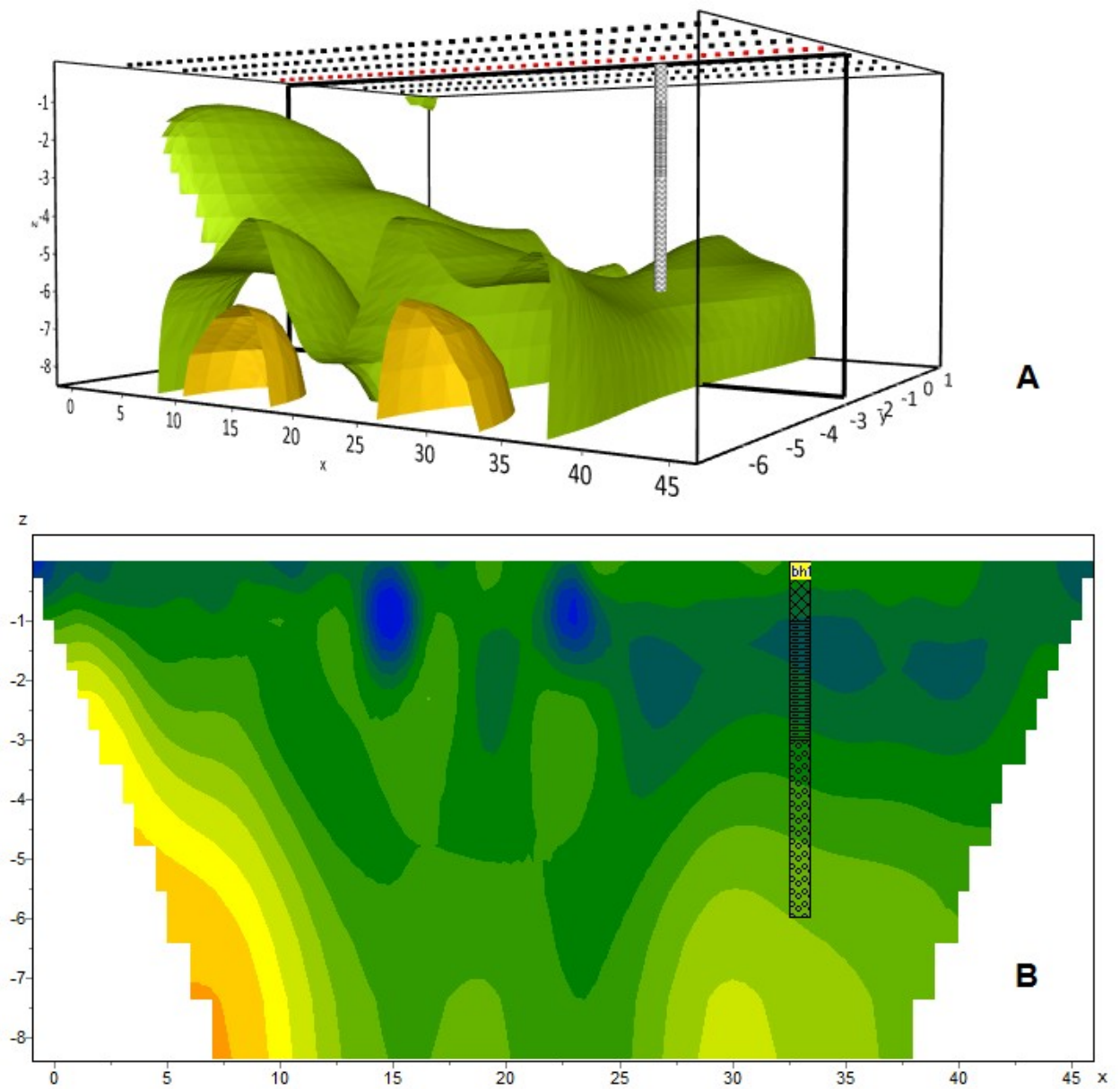


Fig. 50 Visualización de la información de pozo en el modelo 3D (A) y en el corte (B).

Resultados de la interpretación

Modos y parámetros de visualización del corte del modelo

El corte del modelo se puede mostrar como celdas en **Options / Model / Block-section** (véase la figura siguiente) o con una paleta de interpolación suave en **Options / Model / Smooth-section** (véase la figura siguiente).

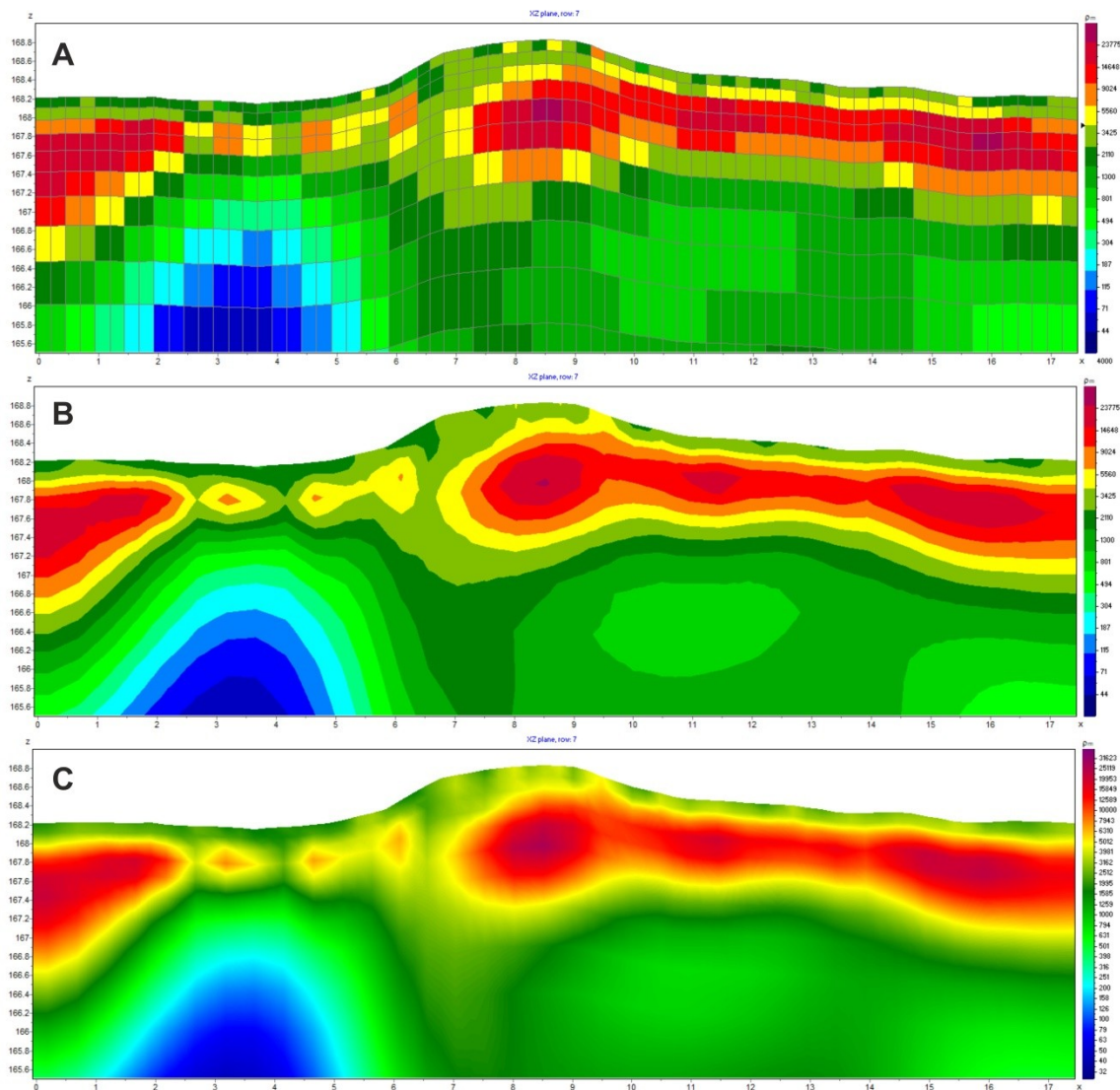


Fig. 51 Opciones de visualización del modelo: Block-section (A), Smooth-section como sección de isolíneas (B) y Smooth-section como modelo con paleta de interpolación suave (C)

Para representar un modelo de contornos con una paleta de interpolación suave, se debe activar la función «Continuous» en la pestaña «Colors». La pestaña «Colors» se encuentra en el cuadro de diálogo «Model setup» (véase la sección «cuadro de diálogo de configuración de la visualización de los parámetros del modelo»).

Modos y parámetros de visualización del modelo 3D

El modelo 3D permite visualizar el resultado en tres dimensiones. La escala de la imagen se controla con la rueda del ratón. El modelo se gira manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón.

Se puede acceder a opciones de visualización adicionales haciendo clic con el botón derecho en el área del modelo 3D; a continuación, aparece el cuadro de diálogo **3D Options**.

3D view settings	Abrir el cuadro de diálogo de configuración de la imagen 3D.
Print preview	Abrir la vista previa de impresión de la imagen 3D.

Plane cut	Seleccionar la dirección del corte: XZ , YZ o XY .
Model / Halfspace value	Establecer el valor del semiespacio.
Model / Clear model	Restablecer el modelo al semiespacio.
Model / Clear limits	Eliminar las restricciones de las celdas del modelo.
Model / MinMax auto	Ajustar automáticamente el rango de la escala de colores.
Model / Smooth/raster	Abrir el cuadro de diálogo para suavizar o rasterizar el modelo.
Axes settings / X - axis, Y - axis, Z - axis	Abrir el editor de configuración del eje correspondiente.
Show / Cutting plane	Activar o desactivar la visualización del rectángulo del plano de corte.
Show / Survey points	Activar o desactivar la visualización de los electrodos.
Show / Boreholes	Activar o desactivar la visualización de los pozos; la casilla de verificación está marcada de forma predeterminada.
Show / Background	Activar o desactivar la imagen de fondo XY, si se ha cargado; la casilla de verificación está marcada de forma predeterminada.
Synchronous cut	Activar o desactivar el redibujado del modelo 3D al cambiar el índice del plano de corte.
X:Y:Z = 1:1:1	Activar o desactivar la misma escala en los ejes del modelo.
Current, Current&&+, Current&&-, All params	Seleccionar un elemento del menú.

El diálogo de configuración de parámetros de imagen 3D consta de cinco pestañas. En la parte inferior se encuentra la opción **Opacity** (0-100), que permite establecer la transparencia general del modelo. Para configurar con mayor precisión los parámetros de transparencia del modelo, se debe utilizar el botón  (véase la figura siguiente).

La transparencia general del modelo se puede establecer en el campo **Opacity**: se admiten valores de 0 a 100; el valor inicial es 50. El perfil de transparencia en función del valor del parámetro se abre con el botón **Sets opacity vs parameter**. En la ventana **Opacity vs parameter value**, un clic derecho en el gráfico establece el nivel de transparencia de todos los puntos del perfil a la altura

seleccionada; los valores están limitados al intervalo 0–100. Al mantener pulsada la tecla Shift, el perfil no se modifica.

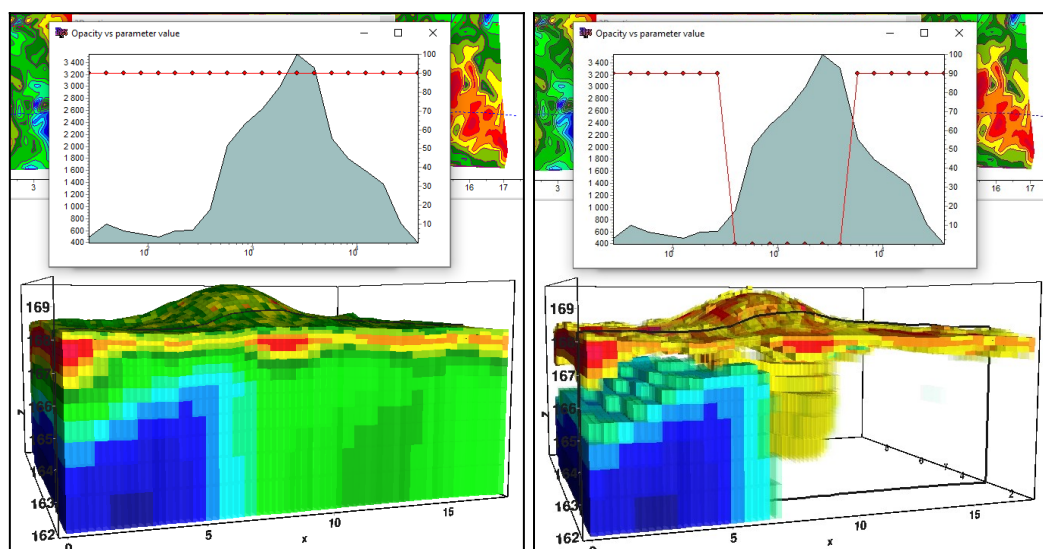


Fig. 52 **Ejemplo de uso del cuadro de diálogo Opacity vs parameter value**

En la ventana *Opacity vs parameter value*, el gráfico azul (relleno) muestra la distribución del parámetro actual. El gráfico rojo representa el valor de transparencia en función del parámetro. Por lo general, el valor del parámetro del medio encajante corresponde al máximo del gráfico de distribución. Si se desea mostrar únicamente los objetos anómalos, se reduce la transparencia de los valores del parámetro próximos al valor del medio encajante. El perfil de transparencia se puede modificar haciendo clic con el botón derecho del ratón en el gráfico; al mantener pulsada la tecla Shift, el perfil no cambia.

La pestaña **Pie-cut** construye un modelo limitado por los cortes seleccionados por el usuario (véase la figura siguiente).

La opción *Smooth* activa el modo de representación gráfica del modelo con sombreado interpolado continuo. Tres controles deslizantes determinan la posición de los límites de recorte del modelo.



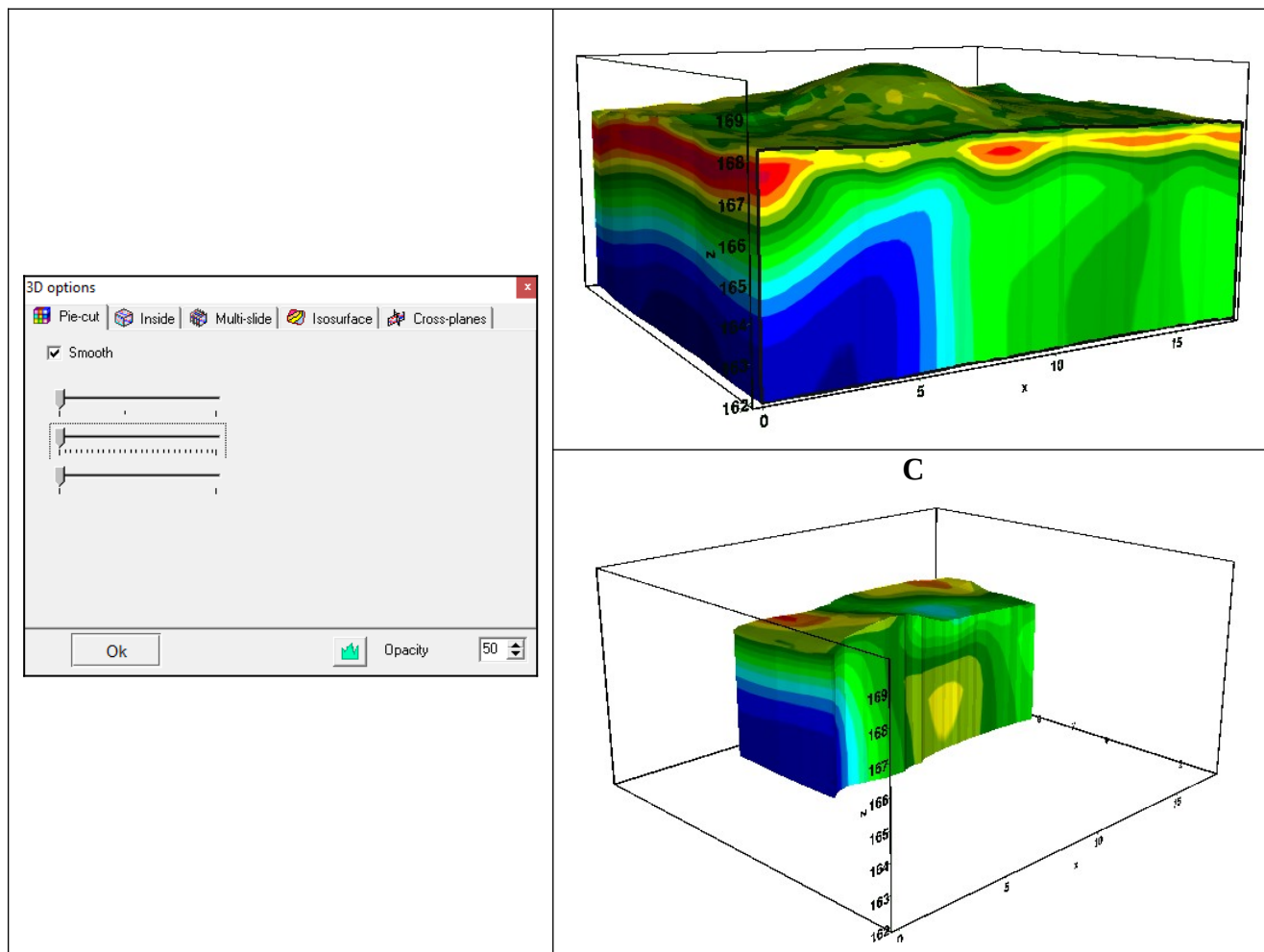


Fig. 53 Cuadro de diálogo de opciones 3D options, pestaña Pie-cut (A) y ejemplos de la visualización correspondiente del modelo (B, C)

La pestaña **Inside** muestra el modelo en forma de bloques (véase la figura siguiente). La transparencia de los bloques se controla con la opción *Opacity*. El control deslizante de la parte superior establece el tamaño relativo de la celda, de 0 a 100 por ciento. La opción *Hide half-space* impide dibujar los bloques cuyo valor es igual al del semiespacio (útil en el modo de modelización).

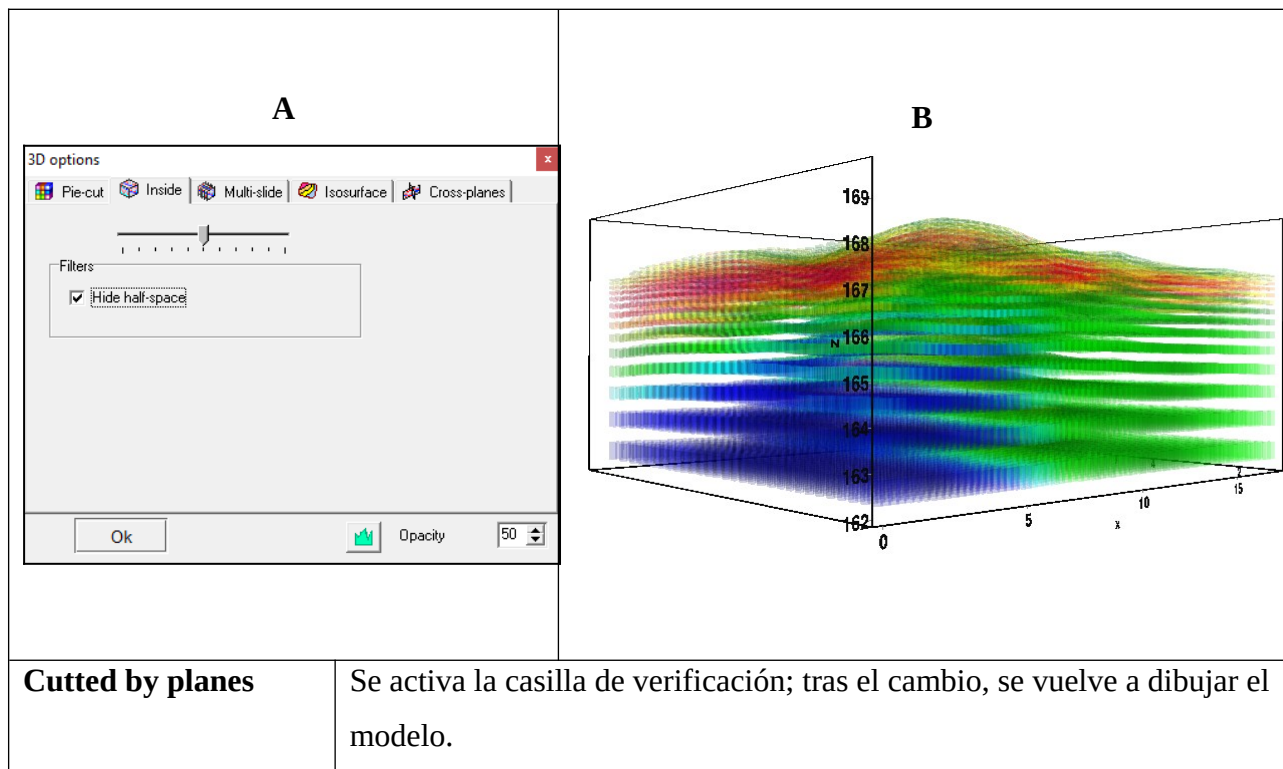


Fig. 54 **Cuadro de diálogo de opciones 3D options, pestaña Inside (A) y ejemplos de la visualización correspondiente del modelo (B)**

La pestaña **Multi-slide** muestra una pila de cortes semitransparentes del modelo a lo largo de una de las direcciones (véase la figura siguiente). La opción **Smooth** activa el modo de representación gráfica del modelo con sombreado interpolado continuo. La opción **Automatic** activa la selección automática de la dirección de la pila según el ángulo de visión.

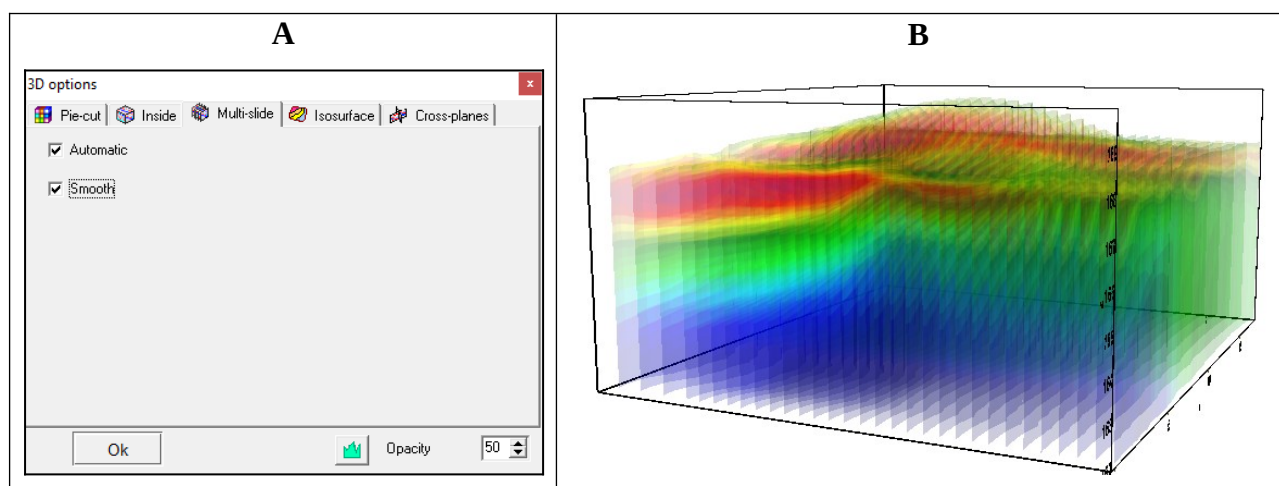
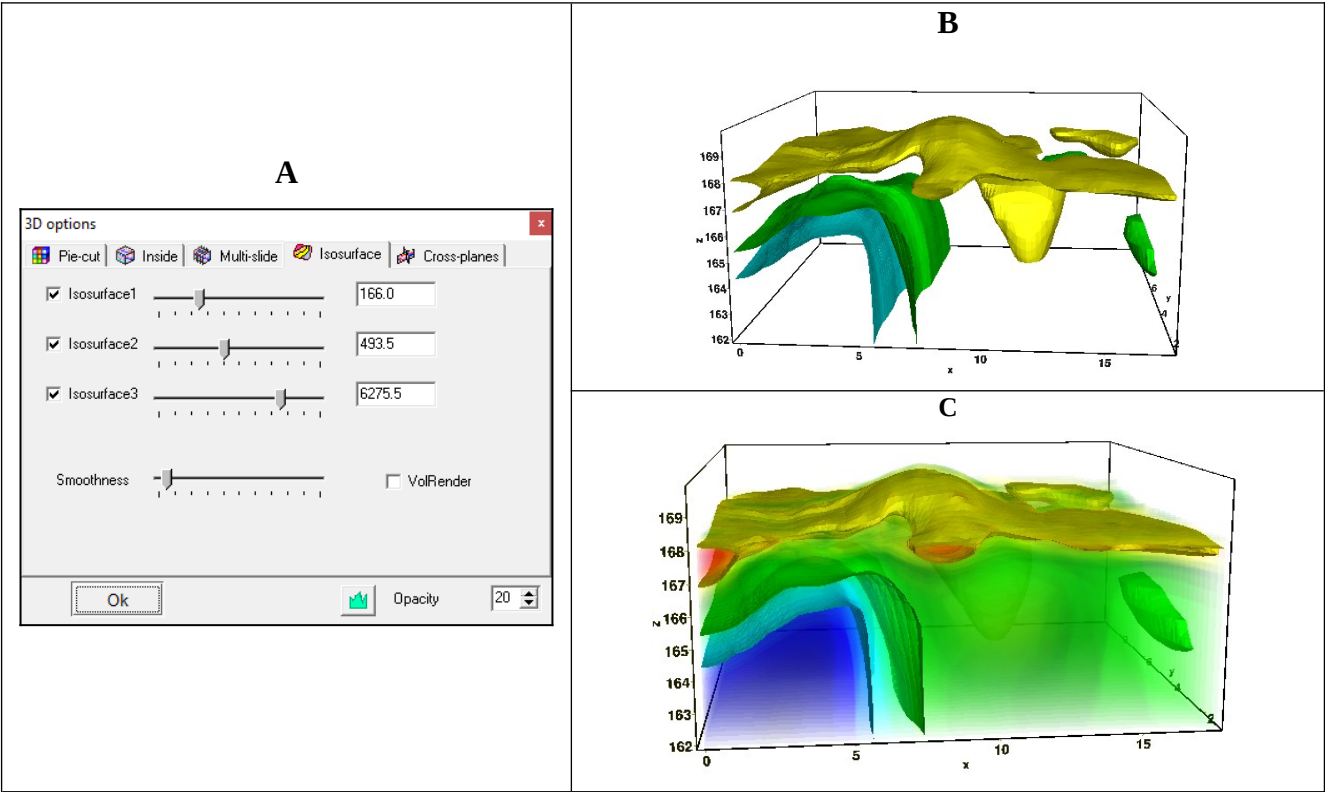


Fig. 55 **Cuadro de diálogo de opciones 3D options, pestaña Multi-slide (A) y ejemplo de la visualización correspondiente del modelo (B)**

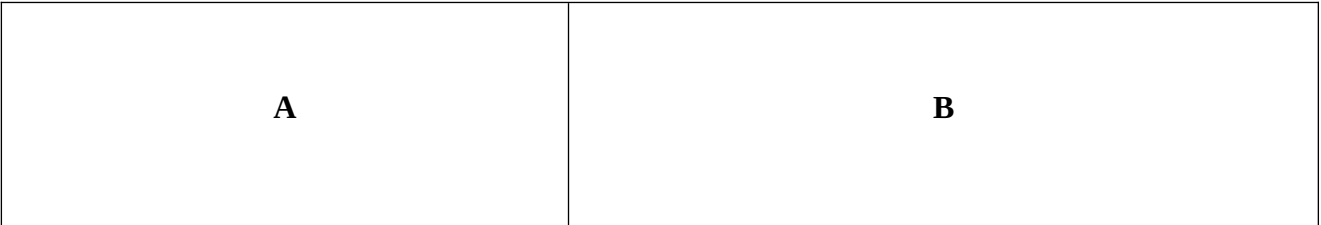
La pestaña Isosurface muestra las isosuperficies 3D del parámetro del modelo (véase la figura siguiente). Tres controles deslizantes determinan los valores para los que se construirán las isosuperficies. El control deslizante *Smoothness* determina el grado de suavidad de las isosuperficies. La opción *VolRender* activa el modo de visualización de una neblina semitransparente cuyo color viene determinado por los parámetros del modelo.



Los valores de las isosuperficies se pueden establecer con los controles deslizantes correspondientes o en los campos de entrada; si una isosuperficie está activada, al cambiar su valor se actualiza la imagen.

Fig. 56 **Cuadro de diálogo de opciones 3D options, pestaña Isosurface (A) y ejemplos de la visualización correspondiente del modelo (B, C)**

La pestaña **Cross-planes** muestra tres planos semitransparentes que se intersecan entre sí (véase la figura siguiente). La opción *Smooth* activa el modo de representación gráfica del modelo con sombreado interpolado continuo. Tres controles deslizantes determinan la posición de los planos de intersección del modelo.



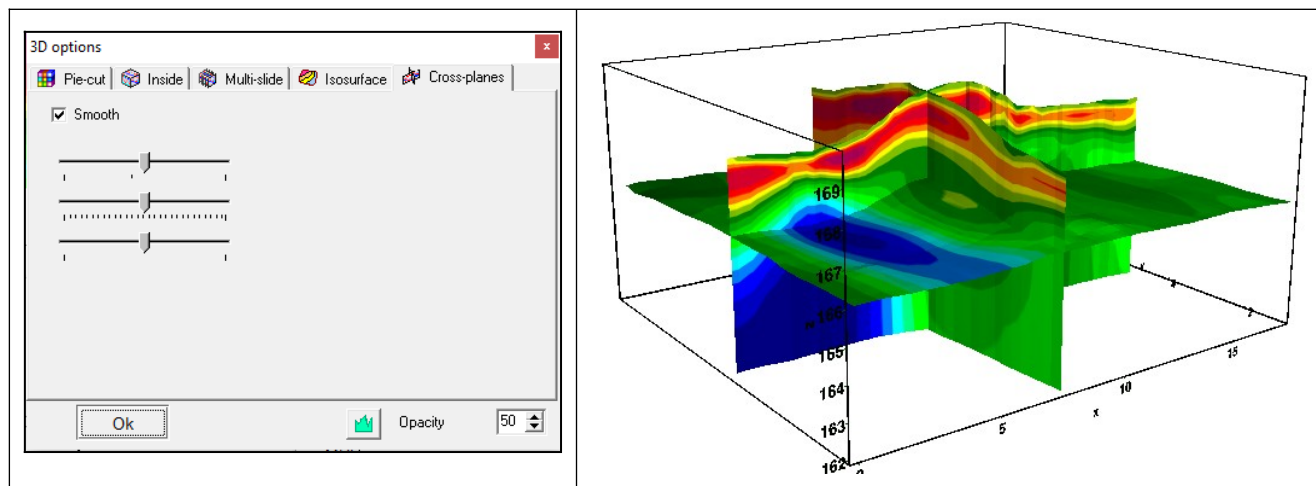


Fig. 57 Cuadro de diálogo de opciones 3D options, pestaña Cross-planes (A) y ejemplo de la visualización correspondiente del modelo (B)

Las opciones de recorte se aplican a todos los tipos de imágenes 3D, excepto a «Pie-cut».

Cuadro de diálogo Smooth/raster model

Operation	Se selecciona Rasterization o Smoothing . Al cambiar la selección, se vuelve a ejecutar la operación y se actualiza la imagen.
Degree	Se establece el grado de la operación entre 1 y 20; el valor inicial es 5. Al cambiarlo, se vuelve a ejecutar la operación y se actualiza la imagen.
Apply	Se cierra el cuadro de diálogo y se confirma la acción modal.

Recorte del modelo

Las zonas periféricas del modelo suelen tener una resolución peor. A menudo, estas áreas contienen numerosas anomalías falsas. La opción **Options / Cutting** permite ocultar los bordes del modelo estableciendo el ángulo de recorte en grados.

Se puede establecer el ángulo de recorte del modelo tanto en el eje X como en el eje Y (**Cut angle X** y **Cut angle Y**). Estas funciones solo están activas cuando está habilitada la opción *Blanking cut*.

El recorte no está disponible para todos los tipos de modelos 3D.

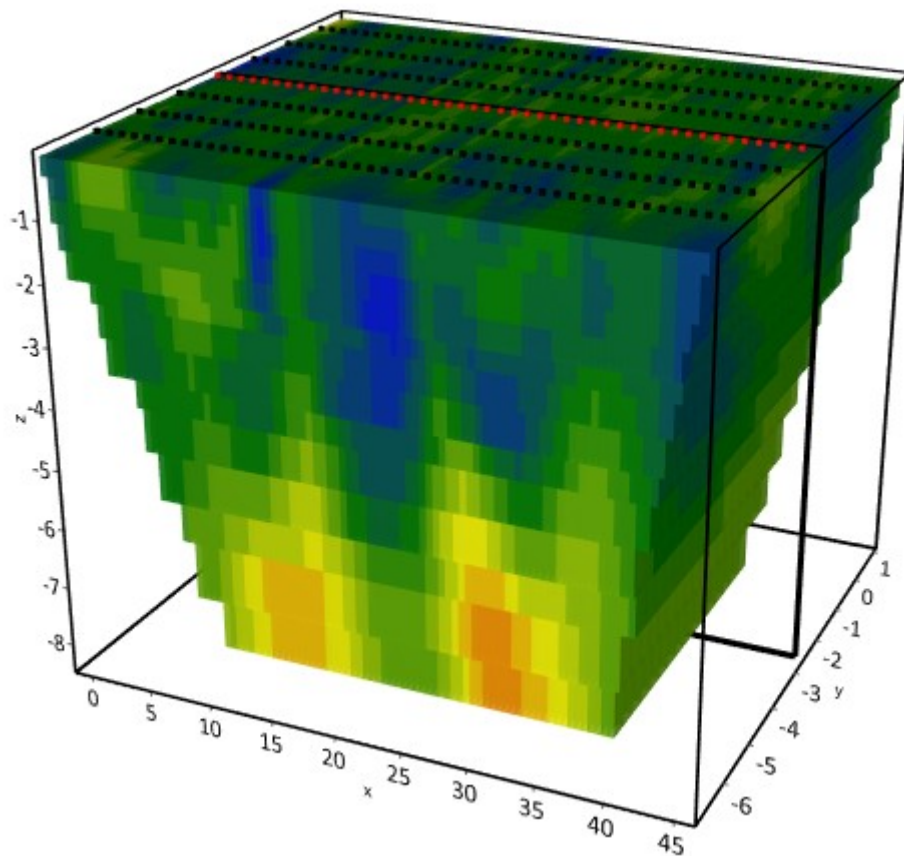


Fig. 58 **Ejemplo de modelo con recorte de los bordes**

Trabajo con varios modelos en un mismo proyecto

La opción **Buffer/Open** del menú principal del programa permite comparar modelos obtenidos con distintos parámetros de inversión. Al utilizar esta opción, todos los modelos calculados se muestran con una paleta de colores y escalas comunes.

Para guardar el modelo actual en el búfer, se debe pulsar uno de los botones correspondientes a las celdas del búfer. El cuadro de diálogo que aparece permite introducir el nombre del modelo, que después se mostrará en el botón correspondiente de la lista **Buffer** y como título al mostrar el modelo.

El botón **Buffer / Open** permite ver en una sola ventana todos los modelos cargados en el búfer, lo que facilita su comparación (para el corte seleccionado).

Una vez creado el primer modelo, se puede borrar el modelo actual en el editor de modelos y crear el siguiente.

Si la celda seleccionada del búfer no está vacía, el programa preguntará si se desea abrir ese modelo (**From Buffer**) o reemplazarlo por el modelo actual (**To buffer**). Al seleccionar **From Buffer**, el modelo del búfer se colocará en lugar del modelo activo actual en el editor de secciones.

Al utilizar la opción *Only current*, el programa carga en el búfer únicamente el modelo de resistividad eléctrica o de cargabilidad, según el modo en el que esté trabajando el usuario.

Guardar los resultados

El resultado de la interpretación (proyecto) se almacena en un archivo binario con formato **ZondRes3D** (extensión *.z3d). Este archivo contiene los datos de campo y calculados, los valores de los pesos relativos de las mediciones, el modelo actual del medio y otros datos.

Para guardar el resultado de la interpretación, se debe pulsar el botón  de la barra de herramientas o seleccionar la opción de menú correspondiente **File / Save file**.

Las opciones de guardado disponibles se muestran en la tabla:

Project file [*.z3d]	Guardar los valores medidos, el modelo actual del medio y todos los ajustes en un archivo de proyecto.
Project with calculated data [*.z3d]	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.
Observed [*.z3d]	Guardar los valores observados en un archivo de texto con formato z3d.
Calculated data [*.z3d]	Guardar los valores calculados en un archivo de texto con formato z3d.
XYZV [*.dat]	Guardar el modelo como archivo de texto. Este archivo puede utilizarse con programas de terceros para visualizar modelos 3D.
XYZ [*.dat]	Guardar el corte actual como archivo de texto. Este archivo puede utilizarse con programas de terceros para generar una malla y visualizar un corte 2D del modelo.

Diálogo Set depths

Diálogo de configuración de profundidades para generar mapas en Surfer. Introduzca las profundidades de los cortes en la tabla y pulse **Build**. Solo se tienen en cuenta los valores que están dentro del rango de profundidades de los datos. Para la generación, se utilizan las dimensiones de malla especificadas para X e Y.

X grid number	Establecer el número de nodos de la malla en X: de 10 a 10000; valor predeterminado: 100.
Y grid number	Establecer el número de nodos de la malla en Y: de 10 a 10000; valor predeterminado: 100.
XY slice number	Establecer el número de cortes: de 1 a 6; valor predeterminado: 3. Al cambiar el número de cortes, se actualiza el número de filas de la tabla

		de profundidades.
Tabla de profundidades		Introducir la profundidad de cada corte.
3D		Si la opción está activada, se genera un fence 3D con los cortes; si está desactivada, los cortes se disponen por separado en una misma hoja. La opción está activada de forma predeterminada.
From surface		Si la opción está activada, la profundidad se calcula desde la superficie; si está desactivada, se utiliza la profundidad absoluta. La opción está activada de forma predeterminada.
Build		Generar en Surfer mapas con los parámetros especificados.

Configuración de los parámetros gráficos

Diálogo de configuración de la imagen exportada

El 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**.

Font size	Establecer el aumento del tamaño de fuente de la imagen importada; valor predeterminado: 0.
Automatic	Si la opción está activada, se conservan las dimensiones originales de la imagen. La opción está activada de forma predeterminada.
Ok	Aplicar los ajustes. Los ajustes se aplican únicamente al formato BMP.

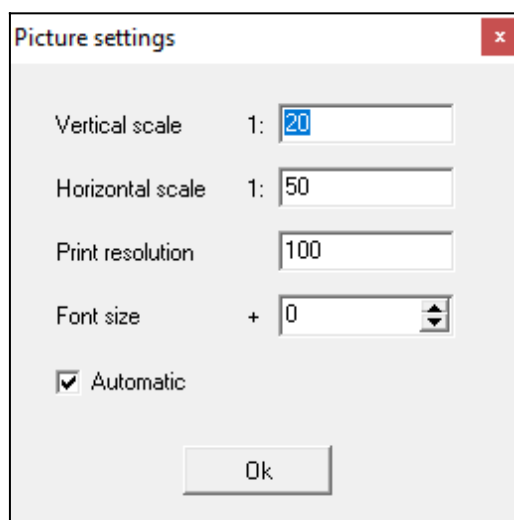


Fig. 59 **Diálogo Picture settings**

Diálogo de configuración de los parámetros del mapa de contornos y la pseudosección

El diálogo se abre desde el menú contextual (**Setup**) de la zona de la pseudosección o del mapa de contornos.

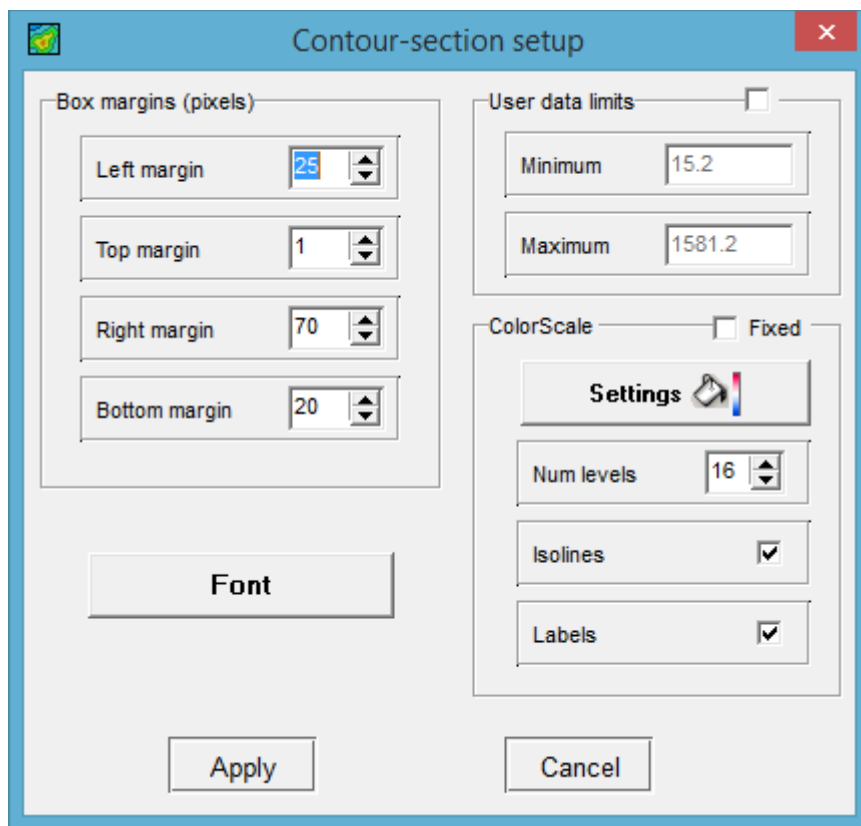


Fig. 60 **Ventana del diálogo «Contour-section setup»**

El diálogo permite 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) de la imagen con respecto al borde izquierdo de la ventana.

El campo **Right margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde derecho de la ventana.

El campo **Top margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde superior de la ventana.

El campo **Bottom margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde inferior de la ventana.

La opción **User data limits** indica al programa que utilice los valores mínimo y máximo de los datos o los valores de los campos Minimum y Maximum al definir los niveles de las isolíneas.

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

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

Diálogo Automatic para configurar los niveles de las isolíneas

El diálogo se abre al hacer clic con el botón derecho del ratón en el encabezado correspondiente de la tabla de niveles. Se establecen los valores mínimo y máximo de los niveles y, a continuación, se pulsa **Apply**. Si está activada la opción **Logarithmic**, los niveles se distribuyen logarítmicamente; de lo contrario, se distribuyen linealmente. El valor mínimo debe ser inferior al máximo y, para la distribución logarítmica, ambos valores deben ser positivos. Tras confirmar, los niveles se recalculan uniformemente entre los límites establecidos.

Minimal value	Establecer el límite inferior de los niveles.
Maximal value	Establecer el límite superior de los niveles.
Logarithmic	Si la opción está activada, distribuir los niveles logarítmicamente; de lo contrario, distribuirlos linealmente.
Apply	Confirmar los valores introducidos y cerrar el diálogo aplicando los cambios.

Área ColorScale:

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

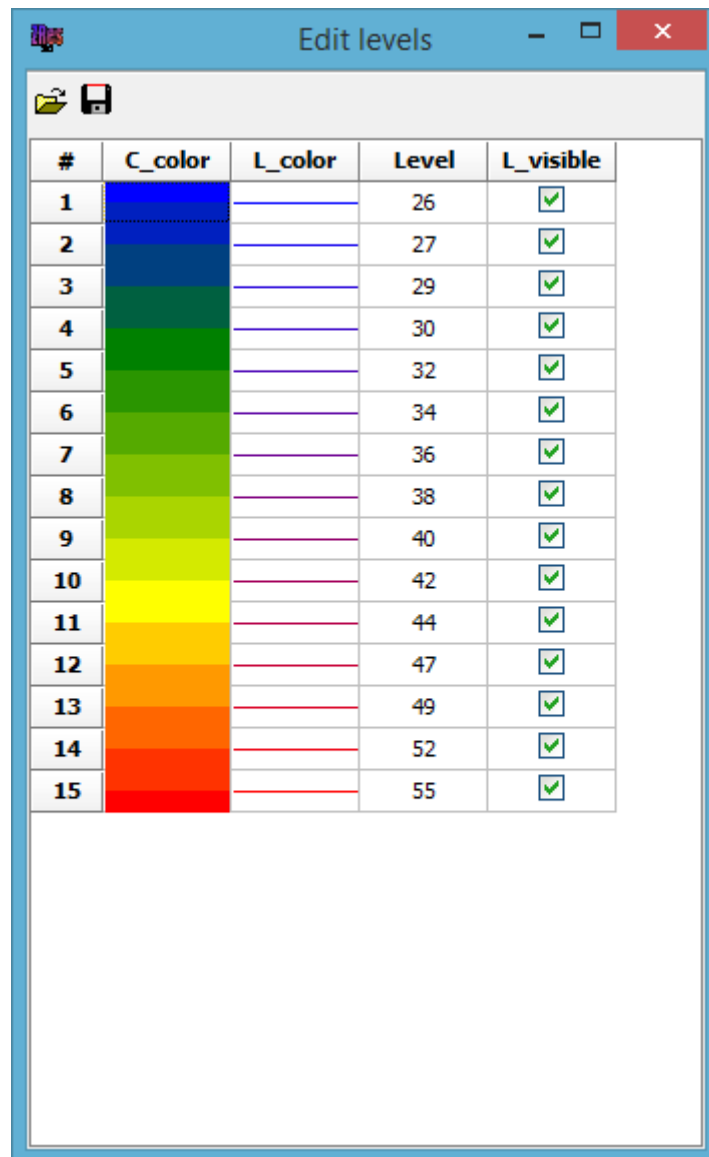


Fig. 61 Ventana de diálogo «Edit levels»

Al hacer clic con el botón derecho en los encabezados de la tabla, se puede abrir 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 diálogo permite editar los colores, los parámetros de las isolíneas, los valores de los parámetros y la visualización de un color determinado. Se pueden cargar y guardar paletas de colores en el formato *.clr de Surfer.

El campo **Num levels** determina el número de niveles de las isolíneas. Estos se definen con un paso lineal o logarítmico uniforme, según el tipo de datos.

La opción **Isolines** indica si se deben dibujar las isolíneas.

La opción **Labels** indica si se deben dibujar las etiquetas de las isolíneas.

El botón **Font** abre el diálogo de configuración de la fuente de la leyenda.

Diálogo de configuración de la paleta

El diálogo sirve para configurar la paleta del objeto del programa y se abre con el botón Palette (Fig. 64). Permite seleccionar una de las paletas predefinidas (arco iris directo e inverso, escala de grises, etc.) o crear una escala personalizada. Para añadir o eliminar un control intermedio, haga clic con el botón izquierdo del ratón en la escala mientras mantiene pulsada la tecla Ctrl. No se pueden eliminar los controles de los extremos. También se puede guardar una paleta personalizada con el botón  o cargar una existente con el botón .

Continuous	Si la opción está activada, se utiliza una paleta interpolada; si está desactivada, se utiliza una paleta escalonada. En el modo escalonado se muestran el campo N step y el contador del número de escalones.
N step	Establecer el número de escalones de la paleta escalonada: de 4 a 50; el valor predeterminado es 4.
Botón para cargar una paleta	Abrir un archivo de paleta en formato .csf o .clr. En un archivo .csf, la primera línea contiene el número de colores y las siguientes, el código de color entero y la posición del control, separados por un espacio. En un archivo .clr, cada línea se convierte en una matriz numérica; para las líneas con cuatro o más valores, se utilizan los valores de los índices 1–3 como componentes RGB.

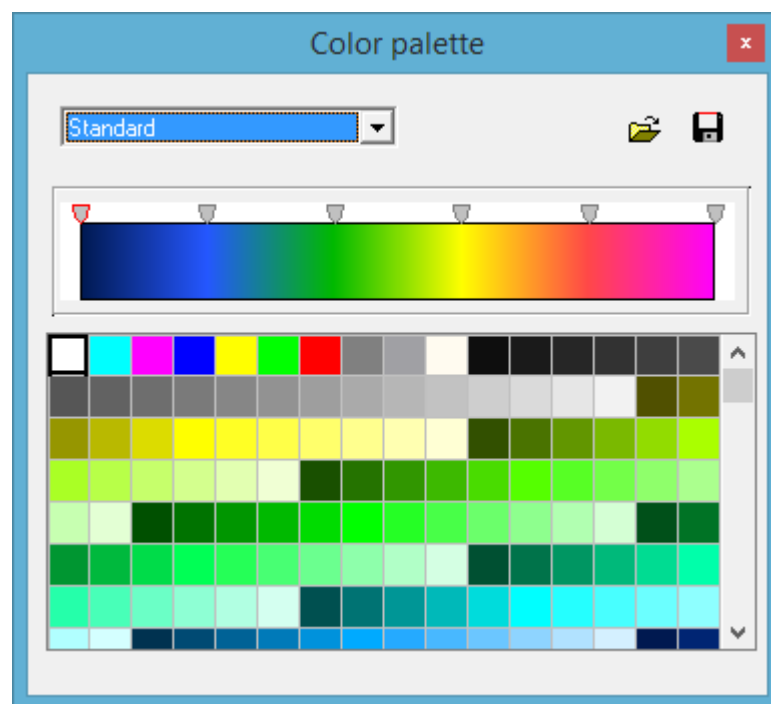


Fig. 62 **Diálogo de configuración de los parámetros de la paleta.**

La paleta se puede editar, cargar desde archivos en formatos *.csf y *.clr y guardar en formato *.csf.

Editor de conjuntos de gráficos

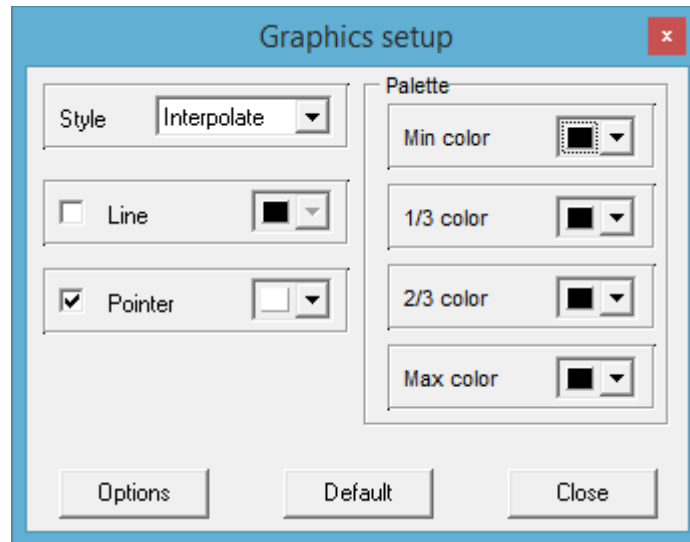


Fig. 63 **Editor de conjuntos de gráficos**

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

Diálogo Settings

En la pestaña **Graphics** se configuran los colores y los parámetros del gráfico 112. Los valores introducidos y los colores seleccionados se guardan al cerrar el diálogo.

Min color, Max color, Middle color, 2/3 color, 1/2 color	Seleccionar los colores de la escala gráfica. Varios botones de color están etiquetados como Middle color .
Casillas de verificación junto a los botones de color	Activar o desactivar los elementos de color correspondientes.
Min value, Max value, Origin, Scale	Establecer los valores mínimo y máximo, el valor Origin y la escala de visualización.
Transparency	Establecer la transparencia; este valor se aplica a los marcadores de las series de puntos.
Second graph	Seleccionar el color del segundo gráfico.

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

Al seleccionar el valor *Interpolate*, se utiliza una paleta interpolada construida con los colores definidos en las opciones: *min color*, *1/3 color*, *2/3 color* y *max color*. El valor *const* asigna el mismo color (opción *color*) a todos los gráficos. El valor *random* asigna colores aleatorios a todos los gráficos

La opción **Interpolated or stepped mode** cambia la paleta entre los modos interpolado y escalonado. El contador establece el número de escalones, entre 2 y 20; el valor predeterminado es 4. En los modos **Constant** y **Random**, el selector y el contador están desactivados.

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

Si la opción está desactivada, se utiliza el color de la paleta; de lo contrario, se utiliza el color establecido en *Border*.

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

El botón [Default] establece los ajustes de los gráficos en los valores predeterminados.

Editor de gráficos

El editor sirve para configurar la apariencia del gráfico. Se puede abrir haciendo clic derecho en el gráfico mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT.

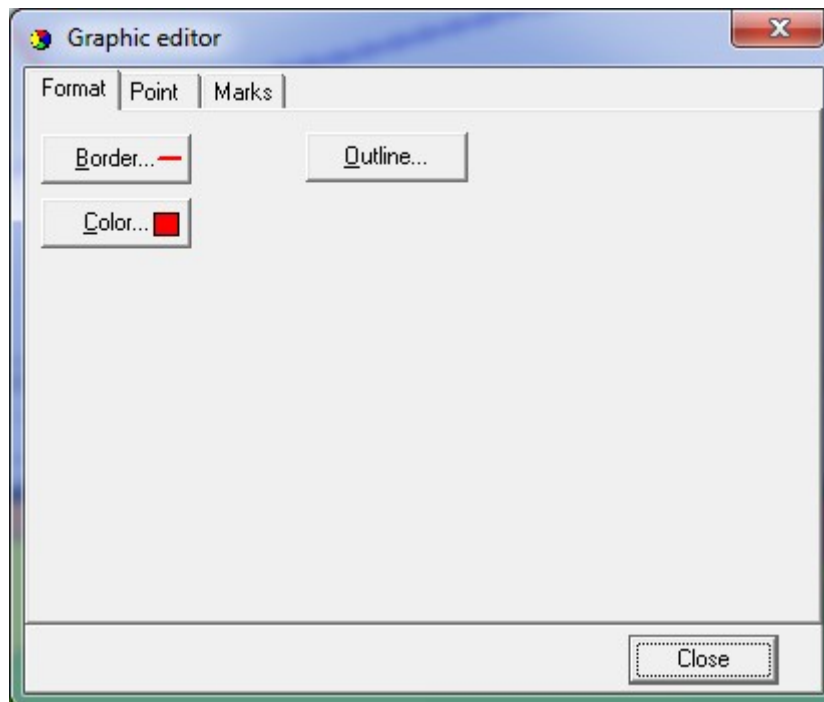


Fig. 64 Cuadro de diálogo del editor de configuración de gráficos

La pestaña **Format** contiene los ajustes de las líneas de conexión del gráfico.

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

La pestaña **Point** contiene los ajustes 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 la anchura 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 del relleno del marcador.

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

La pestaña **Marks** contiene los ajustes 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, según el 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** sirve para configurar la apariencia 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 los ajustes gráficos del marco que rodea 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 el contorno de las letras de las etiquetas de los marcadores.

Editor de ejes

Muchos objetos del programa contienen ejes de coordenadas. Para configurar la apariencia y la escala de los ejes de coordenadas, se utiliza el editor de ejes. Se puede abrir haciendo clic derecho en el eje deseado mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT (véase la figura siguiente).

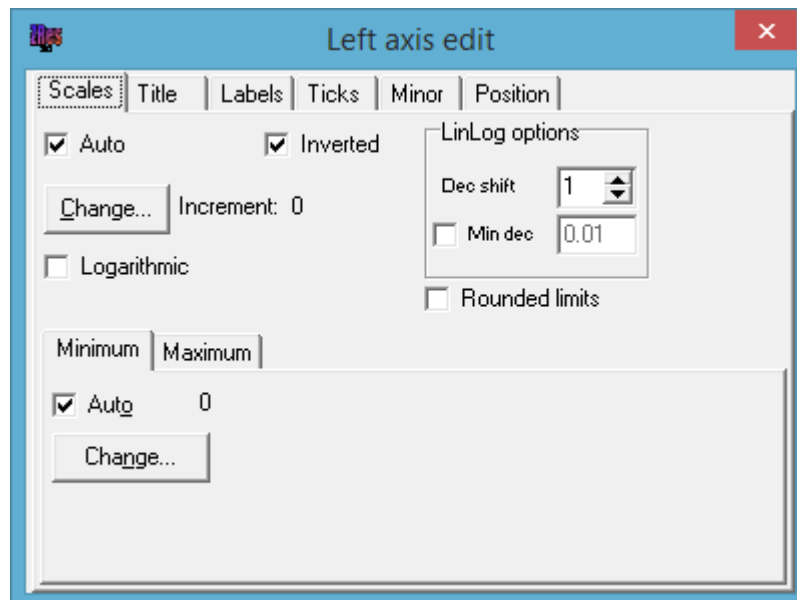


Fig. 65 Ejemplo del cuadro de diálogo del editor del eje izquierdo

Aparece un menú emergente con tres elementos: *options*, *default* y *fix range*. El primero abre el cuadro de diálogo y el segundo establece 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 se determinan los valores mínimo y máximo del eje. Si está activada, los límites del eje se determinan automáticamente; de lo contrario, el usuario los especifica en los campos **Minimum** y **Maximum**.

La opción **Inverted** determina la orientación del eje.

El botón **Increment change** abre el cuadro de diálogo para establecer 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 contienen 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 cero. La década mínima (anterior a cero) tiene una escala lineal; las demás, una escala logarítmica.

La opción **Min dec** establece y fija el valor de la década mínima (anterior a cero) cuando está activada.

La opción **Rounded limits** indica al programa si debe redondear los valores mínimo y máximo del eje.

Las áreas **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** determina 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 margen del texto del título del eje. Si se establece en 0, el margen 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 para configurar las etiquetas del eje.

La pestaña **Style**:

La opción **Visible** permite mostrar u ocultar las etiquetas del eje.

La opción **Offset** define el margen de las etiquetas del eje. Si se establece en 0, el margen se determina automáticamente.

La opción **Angle** define el ángulo de rotación del texto de las etiquetas del eje.

La opción **Min separation%** define la distancia porcentual mínima 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 para configurar 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 para configurar 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 para definir el tamaño y la posición del eje.

La opción **Position%** establece el desplazamiento del eje en el gráfico con 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 con respecto a su posición estándar (como porcentaje del tamaño del gráfico).

La opción **End%** establece el desplazamiento del final del eje en el gráfico con 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 seleccionando **Setup** al hacer clic con el botón derecho en la parte superior de la ventana del modelo. La pestaña **Options** (véase la figura siguiente)

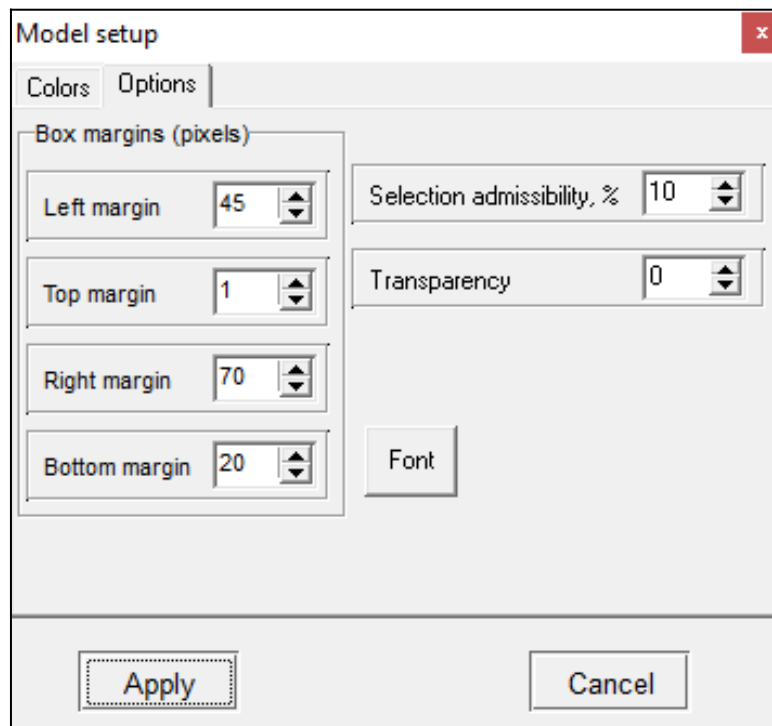


Fig. 66 Cuadro de diálogo «Model setup», pestaña «Options»

Área **Box margins**:

Campo **Left margin**– establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde izquierdo de la ventana.

El campo **Right margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde derecho de la ventana.

El campo **Top margin** establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde superior de la ventana.

Campo **Bottom margin** – establece el margen (en píxeles) de la imagen con respecto al borde inferior de la ventana.

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)

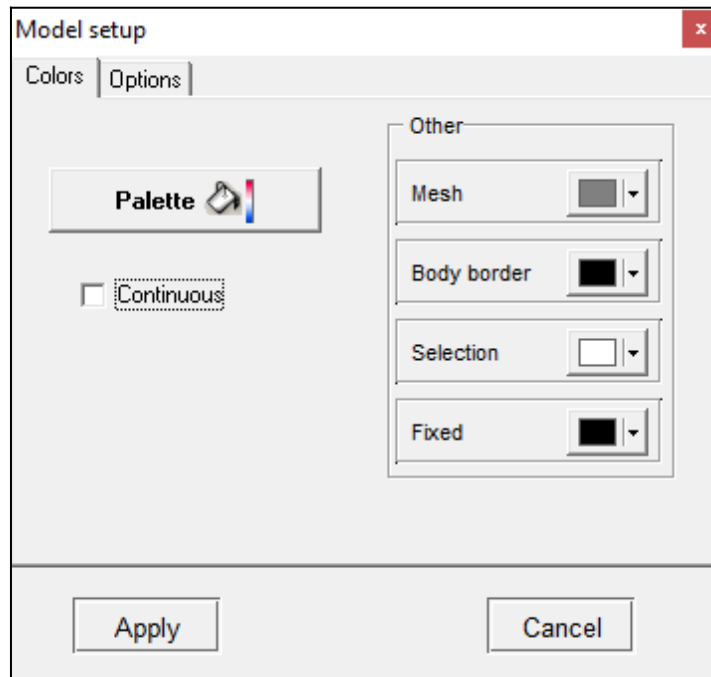


Fig. 67 Cuadro de diálogo «Model setup», pestaña «Colors »

El botón **Palette** – establece la paleta de colores.

La paleta se puede editar, cargar desde archivos en formatos *.csf y *.clr y guardar en formato *.csf.

La opción *Continues* establece el tipo de paleta: gradual (continua) o de contornos (por intervalos constantes).

Área **Other**:

Body border– permite establecer 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

El cuadro de diálogo de vista previa de impresión se puede abrir desde el menú principal del programa **File / Print preview**. También se puede acceder a él haciendo doble clic en el área de cualquier objeto del programa.

Al seleccionar esta opción con un clic derecho en el área de cualquier objeto del programa, solo se imprimirá ese objeto (véase la figura siguiente).

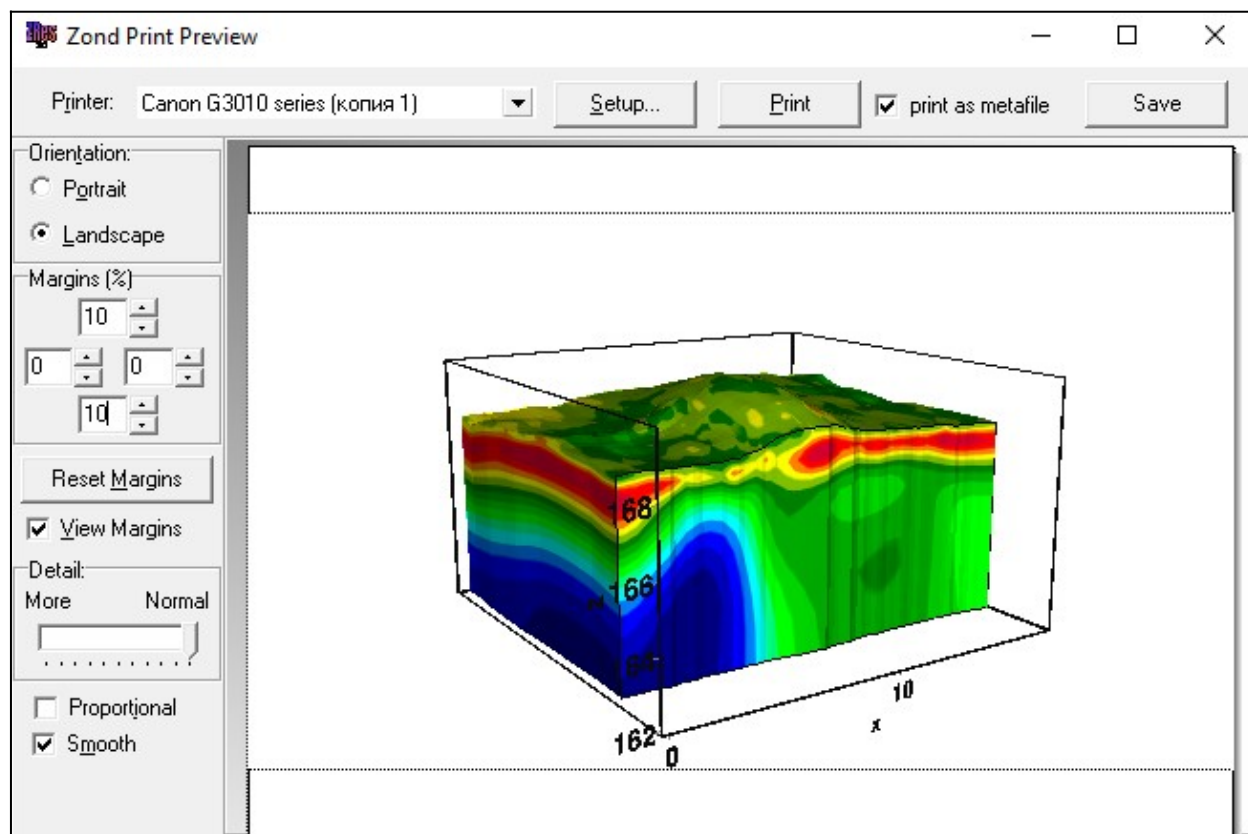


Fig. 68 Cuadro de diálogo «Print preview»

Para mover el objeto que se va a imprimir por la hoja, utilice el botón izquierdo del ratón.

En el menú principal de la ventana **Print Preview** se encuentran los siguientes botones

Printer: Canon G3010 series - selección de impresora para imprimir. En la lista desplegable se puede elegir una de las impresoras configuradas.

Setup... - botón de configuración de impresión. En la ventana que se abre se pueden elegir el tamaño y la orientación del papel, las propiedades de impresión, el número de páginas por hoja y otros parámetros.

Print - con este botón, una vez modificados los parámetros necesarios, se puede enviar el dibujo a imprimir.

☒ **print as metafile** - enviar a imprimir o guardar la imagen en formato vectorial.

Save - guardar en bitmap files o png files.

Diálogo Record video

El diálogo se abre mediante el comando de creación de vídeo. El botón **Start/Stop recording** inicia o detiene la grabación. El botón **Start/Stop rotation** activa o desactiva el temporizador de rotación mientras el diálogo está abierto.

Ventanas auxiliares del programa

Ventana Project information (Project information)

La ventana se abre mediante el comando Project information. Al abrirla, se cargan en los campos los datos guardados del proyecto; al cerrarla, los valores introducidos se incorporan a los datos del proyecto.

Territory	Indicar los datos del territorio.
Company	Indicar los datos de la empresa.
Client	Indicar los datos del cliente.
Project dates	Indicar las fechas del proyecto.
Coordinates	Indicar las coordenadas.
Project title	Indicar el nombre del proyecto.
Instruments	Indicar los instrumentos utilizados.
Operators	Indicar los operadores.
Campos para introducir datos	Consultar o modificar los datos del proyecto. Al cerrar la ventana, los valores se guardan en los datos del proyecto.
Menú contextual Geography info	Rellenar el campo seleccionado con los datos generados por la función de información geográfica.
Menú contextual Survey info	Rellenar el campo seleccionado con los datos generados por la función de información de la adquisición.

Para insertar datos generados automáticamente, hacer clic derecho en uno de los dos campos que disponen de menú contextual y seleccionar **Geography info** o **Survey info**.

Ventana Help info (Help info)

La ventana muestra el texto de ayuda asociado al elemento seleccionado del menú principal. El texto se obtiene de la sugerencia del elemento del menú; los caracteres «|» y «!» se sustituyen por espacios y los espacios repetidos se reducen a uno.

Campo de texto de ayuda	Mostrar el texto de la sugerencia del elemento seleccionado del menú principal, después de procesar los caracteres y los espacios.
-------------------------	--

Ventana Send message (Send message)

La ventana se abre mediante el comando Send message to us. Al abrirla, el programa carga el nombre, la empresa y la dirección de correo electrónico guardados. Al cerrar la ventana, se guardan los valores introducidos; a continuación, el programa valida la dirección y, si es válida, envía los datos y las líneas de texto no vacías del mensaje.

NAME	Introducir el nombre del remitente.
COMPANY	Introducir el nombre de la empresa.
EMAIL	Introducir la dirección de correo electrónico. El valor inicial del campo es «@».
Messages not in English will be ignored	Advertir que se ignorarán los mensajes que no estén en inglés.
Campo del mensaje	Introducir el texto del mensaje. Al enviarlo, el programa transmite cada línea no vacía por separado.
Send	Cerrar la ventana. Al volver de la ventana, el programa guarda los datos de contacto introducidos y valida la dirección de correo electrónico.

Si la validación es correcta, se transmiten el nombre del archivo del programa, el nombre y el de la empresa si no están vacíos, la dirección de correo electrónico y, a continuación, las líneas no vacías del mensaje. Si la validación falla, el programa muestra el mensaje «No email!». Los datos de contacto se guardan en un archivo INI junto al archivo ejecutable del programa: la extensión se sustituye por .in.

Referencias bibliográficas

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. 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.
4. Marquardt, D.W. [1963] An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters: *J. Soc. Indust. Appl. Math.*, 11, 431-441.
5. Portniaguine, O.N. and Zhdanov M.S. [1999] Focusing geophysical inversion images. *Geophysics*. V. 64. P. 874–887.
6. Khmelevskoy, V.K. [1997] *Geophysical methods for studying the earth's crust*. Dubna.

Materiales complementarios:

Videotutoriales en el canal de youtube:

https://www.youtube.com/channel/UCGtprIIZkc9CsLfiuz4VvmQ?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:

- El controlador del dongle no está instalado o está instalado incorrectamente. En algunos sistemas, el dongle se reconoce correctamente como dispositivo HID y 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”.
- Ha finalizado el período de actualizaciones gratuitas. En este caso, se debe utilizar la última versión que funciona o adquirir dos años adicionales de actualizaciones.
- A veces, al cambiar el dongle al modo HID, el sistema puede no reconocerlo como dispositivo HID. En este caso, se debe volver a cambiar al modo USB mediante una pequeña aplicación que se puede descargar en el siguiente enlace: <http://www.zond-geo.com/zfiles/raznoe/SenseSwitch.zip>. “senseswitch.exe” se ejecuta desde cmd con el comando: `senseswitch.exe usb`.