

**Programa de procesamiento e interpretación tridimensional
de datos sísmicos
(variantes terrestre, en pozo y acuática)**

ZONDST3D

Manual del usuario

Índice

Velocidad de las ondas elásticas.....	7
<i>Cambios en la versión actual.....</i>	<i>11</i>
Inicio del trabajo con el módulo.....	14
Barra de herramientas de la ventana de picado de sismogramas.....	15
Menú de funciones de la ventana de picado de sismogramas.....	18
Diálogo de configuración general de lectura de archivos SEG-Y.....	24
Diálogo de recopilación automática de amplitudes de primeras llegadas.....	25
Diálogo de configuración del tipo de observaciones.....	25
Configuración de visualización y escalado del sismograma.....	26
Diálogo de configuración de escalas del sismograma.....	27
Diálogo de configuración gráfica de las trazas.....	28
Introducción de la geometría de observación.....	30
Cuadro de diálogo de configuración de tendidos (ordenación de sismogramas).....	32
Modos de visualización del sismograma.....	33
Opciones principales del módulo de picado de sismogramas.....	34
Opciones de la sección multipestaña.....	35
Operaciones con sismogramas.....	41
Picado de primeras llegadas.....	42
Diálogo de filtrado de datos.....	43
Etapas principales de trabajo.....	45
<i>Módulo de inversión de datos de campo.....</i>	<i>46</i>
Vista general de la ventana principal del programa.....	46
Barra de herramientas de la ventana principal del programa.....	47
Submenú de trabajo con el modelo tridimensional.....	48
Menú de funciones de la ventana principal del programa.....	49
Teclas de acceso rápido.....	59
Barra de estado.....	60
Creación y apertura del archivo de datos para inversión.....	60
Formato del archivo de datos principal.....	62
Creación de un sistema de observación sintético.....	64
Editor de perfiles.....	67
Diálogo de configuración de la malla del modelo.....	69
Datos de tomografía entre pozos.....	73
Datos de mediciones acuáticas.....	73
Plano de gráficos.....	74
Pseudosección.....	76
<i>Modelado.....</i>	<i>80</i>
Resolución del problema directo de sismotomografía.....	81

Edición del modelo.....	83
Diálogo de configuración de parámetros de inversión.....	86
Pestaña Calculation: esquema de cálculo del problema directo.....	94
Límites de variación de los parámetros.....	94
Modo de modelado e inversión de anisotropía.....	95
Modo Attenuation tomography.....	95
Estimación del error de ajuste como resultado de la inversión.....	96
Uso de imágenes de fondo para modelos 2D y 3D.....	97
Creación de datos de pozo.....	98
Modos y parámetros de visualización del corte del modelo.....	102
Modos y parámetros de visualización del modelo volumétrico.....	103
Recorte del modelo.....	107
Trabajo con varios modelos en un mismo proyecto.....	108
<i>Ventanas y diálogos adicionales.....</i>	<i>110</i>
Módulo de picado de sismogramas (Trace editor).....	110
Diálogo Crop shot.....	110
Diálogo Resampling.....	111
Diálogo Shift traces.....	113
Diálogo Group&Sort traces.....	114
Diálogo Windowing.....	116
Ventana «in Zoom».....	117
Ventana Spectrum.....	119
Ventana principal del programa.....	121
Diálogo Project information.....	121
Ventana Import text data.....	123
Diálogo 2D to 3D converter.....	126
Ventana Survey layout.....	128
Diálogo Set apriori boundaries.....	129
Diálogo «Start model and constraints».....	131
Diálogo «Extra layered term».....	133
Ventana Data misfits.....	134
Ventana RMS vs iteration.....	136
Ventana «Sections from buffer».....	137
Diálogo Set depths.....	138
Ventana Record video.....	140
Constructor de malla.....	141
Diálogo Simple grid maker.....	141
Diálogo Set search range.....	144
Diálogo Trapezoidal mesh.....	145
Ajustes gráficos y capas de fondo.....	148
Diálogo Contour settings.....	148
Diálogo Set rectangle.....	151
Cuadro de diálogo Corners.....	153
<i>Configuración de parámetros gráficos.....</i>	<i>155</i>
Diálogo de configuración de la imagen exportada.....	155
Diálogo de configuración de parámetros del mapa de contornos y la pseudosección.....	155
Diálogo de configuración de paleta.....	158
Editor del conjunto de gráficos.....	159
Editor de gráfico.....	159
Editor de ejes.....	161
Diálogo de configuración de los parámetros de visualización del modelo.....	164

Diálogo de vista previa de impresión.....	165
--	------------

Propósito y funcionalidades del programa

El programa ZondST3D está diseñado para el procesamiento tridimensional y la interpretación de datos de prospección sísmica de ondas refractadas y KMPV (método de ondas refractadas correlacionadas) en las variantes terrestre, en pozo, entre pozos y acuática. Además, en el programa se han implementado los siguientes módulos: inversión de amplitudes y anisotropía de velocidades sísmicas.

ZondST3D representa una solución completa para la tomografía sísmica y resuelve un amplio espectro de tareas, desde el modelado matemático y el análisis de sensibilidad hasta el procesamiento e interpretación de datos de campo. La interfaz cómoda y las amplias posibilidades de representación de datos permiten resolver de la manera más eficiente posible la tarea geológica planteada.

El programa se divide en dos módulos principales. El primero está destinado al picado (correlación) de las primeras llegadas (y amplitudes) en los sismogramas. El segundo se utiliza para la resolución del problema directo e inverso de la sismotomografía.

Para el procesamiento de sismogramas se ha desarrollado una interfaz especial, cuyo objetivo es simplificar y automatizar al máximo el proceso de picado de las primeras llegadas. El énfasis principal se ha puesto en la diversidad de los modos de visualización y en la accesibilidad de las funciones de uso frecuente. En este módulo el usuario puede picar simultáneamente los siguientes tipos de ondas: Vs y Vp. El procesamiento del material está optimizado para el uso conjunto de ondas refractadas longitudinales y transversales.

Para la resolución del problema directo de trazado de rayos se utiliza un algoritmo especial de la teoría de grafos (Shortest path's method). Este método permite calcular el camino más corto por el que se propaga la onda refractada. Dicho algoritmo se caracteriza por una alta velocidad de cálculo y una precisión controlable.

El problema directo, es decir, el algoritmo de trazado de rayos, está implementado en dos variantes:

- Aproximación de rayos. Velocidad constante dentro de la celda.
- Aproximación de rayos. Variación lineal de la velocidad dentro de la celda. Las velocidades se asignan en los nodos.

El módulo de sismotomografía permite obtener secciones de velocidades tanto para ondas longitudinales como transversales, lo cual es necesario para la zonificación sísmica. Las fuentes y los receptores pueden estar ubicados en la superficie del terreno, en pozos, en el fondo o en la superficie de una masa de agua. Es posible utilizar el módulo para la interpretación de datos de perfilaje sísmico vertical (VSP). Junto con las secciones de velocidades, se ha implementado un algoritmo de reconstrucción de la distribución de la anisotropía de velocidades y del parámetro de

atenuación. En el programa se utiliza la variante más simple del coeficiente de anisotropía de las velocidades sísmicas: la relación V_{xy} a V_z . La consideración de la anisotropía es muy importante, especialmente en la interpretación de mediciones entre pozos.

El módulo "Inversión de amplitudes" implementa el algoritmo "Attenuation tomography" y permite obtener una sección del parámetro de atenuación Q en el medio a partir de los valores de amplitudes de las primeras llegadas. El problema se resuelve sobre la base de una sección de velocidades obtenida previamente. Los valores de las amplitudes de las primeras llegadas se pican en paralelo con los tiempos.

Una etapa importante, previa a las mediciones de campo, es el modelado matemático de la estructura de velocidades del área de trabajo. El modelado permite evaluar la capacidad de resolución y llevar a cabo la selección de los parámetros óptimos de la configuración para la resolución de la tarea geológica planteada.

Dado que la tarea principal del programa es la recuperación de los parámetros de la sección de velocidades, en ZondST3D se han implementado varias opciones de resolución del problema inverso, entre las cuales las más importantes son: inversión con suavizado, para obtener una distribución suave; inversión por bloques, para obtener una distribución en bloques; e inversión focalizante, para obtener una distribución suave por tramos de los parámetros de velocidad con la profundidad.

Durante el desarrollo del programa se prestó especial atención a la incorporación de información a priori. Debido a la equivalencia de los problemas inversos geofísicos, la calidad de los resultados obtenidos depende directamente de la cantidad de datos a priori utilizados. En ZondST3D es posible asignar pesos a las mediciones, fijar y establecer límites de variación de las propiedades de celdas individuales, así como utilizar un modelo a priori como modelo de referencia durante la inversión. Además, en el programa se han implementado esquemas robustos de estimación de la componente de ruido. También es posible importar y visualizar resultados de mediciones obtenidos por otros métodos y datos de pozo, lo que contribuye a un enfoque más integral en la interpretación de los datos.

Para la resolución del problema inverso (inversión) se utiliza el método de Newton con regularización. La regularización aumenta la estabilidad de la solución y permite obtener una distribución más suave de la velocidad en el medio.

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

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 (misfit) entre los valores observados y calculados, R es el operador de focalización.

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

ZondST3D utiliza un formato de archivo de datos sencillo y comprensible, que permite combinar diferentes sistemas de observación en una misma área. El programa permite importar y visualizar resultados de mediciones obtenidos por otros métodos, lo que contribuye a un enfoque más integral en la interpretación de los datos.

El programa ZondST3D constituye una herramienta cómoda para la interpretación automática e interactiva de datos de sismotomografía, y puede utilizarse en computadoras personales compatibles con IBM PC con sistema operativo Windows.

Velocidad de las ondas elásticas

De acuerdo con la teoría de la elasticidad, las velocidades de las ondas sísmicas v_p y v_s dependen de la densidad del medio ρ y de sus módulos de elasticidad E y σ .

$$v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}} \qquad v_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\sigma)}}$$

En las rocas, estos parámetros están determinados por una multitud de factores heterogéneos: composición litológica y granulométrica, presencia de huecos (porosidad, cavidades, fracturación), saturación de fluidos, presión intracapa, efectos del metamorfismo y la tectónica, profundidad de yacimiento, edad, temperatura, etc.

La influencia de la densidad en las variaciones de las velocidades sísmicas es en general pequeña, ya que en la mayoría de las rocas el rango de variación de la densidad está limitado entre 1.4 y 3.2 g/cm³. Las variaciones relativas mínimas ρ son características de las rocas ígneas, y las máximas, de las rocas sedimentarias, aunque tampoco superan el 20-30%. De la estructura de las fórmulas mencionadas se deduce una dependencia inversa de la velocidad respecto a la densidad: si la densidad aumenta (disminuye) relativamente en $\varepsilon\%$, y los valores de los módulos elásticos permanecen invariables, entonces la velocidad disminuye (aumenta) relativamente en $\varepsilon/2\%$.

Según los datos experimentales, para la mayoría de las rocas es característica una correlación positiva entre su densidad y las velocidades sísmicas v_p y v_s , es decir, las rocas más densas suelen ser también las de mayor velocidad. Esta situación aparentemente contradice las fórmulas consideradas; sin embargo, esta discrepancia es solo aparente. El hecho es que al aumentar la densidad de la roca ρ , por regla general, su módulo de Young E crece aún más rápidamente, lo que da lugar a un aumento de las velocidades v_p y v_s . El módulo de Young E en las distintas rocas varía en varios órdenes de magnitud: desde un nivel de aproximadamente 10² MPa en

formaciones sedimentarias débiles hasta un nivel del orden de 10^5 MPa (10^6 kg/cm²) en rocas ígneas resistentes. Debido a este factor, los valores de las velocidades sísmicas pueden diferir en decenas de veces.

El coeficiente de Poisson σ teóricamente varía en el rango de 0 a 0.5. Al límite izquierdo se aproximan las propiedades elásticas de las rocas cristalinas rígidas, y al derecho, las de los depósitos blandos y plásticos. En medios líquidos incompresibles, donde no existen deformaciones de cizalla, $\sigma = 0.5$. En la mayoría de las rocas, el coeficiente de Poisson tiene valores de 0.15 a 0.35, es decir, varía respecto al valor medio de 0.25 dentro de un margen de solo ± 0.1 . Sin embargo, en las fórmulas que determinan v_p y v_s , la magnitud σ interviene de tal manera que incluso pequeñas variaciones de la misma afectan significativamente los valores de las velocidades.

La influencia de múltiples factores característicos sobre las propiedades elásticas de las rocas conduce a que no exista una relación unívoca entre la definición geológica de una roca y su característica de velocidad: rocas completamente diferentes pueden tener valores iguales de velocidades, mientras que rocas del mismo nombre pueden diferir sustancialmente en sus velocidades. Por ello, para las distintas rocas o sus complejos solo es posible indicar los límites de los valores probables de velocidades.

La velocidad de las ondas longitudinales en rocas sueltas de la parte superior meteorizada de la sección generalmente no supera 1 km/s. En los depósitos terrígenos consolidados rara vez supera los 4 km/s, mientras que en rocas carbonatadas e hidroquímicas puede aumentar hasta 6 km/s. En rocas ígneas y metamórficas v_p alcanza 6.5–7 km/s, aumentando en general con el incremento de su basicidad y grado de metamorfismo. En la base de la corteza terrestre (límite de Mohorovičić) el valor de v_p , a juzgar por las estimaciones de velocidad de la onda refractada, alcanza 8 km/s. No obstante, la composición material de las rocas a esa profundidad no se conoce con certeza.

Las velocidades de las ondas transversales en general varían de manera concordante con las velocidades de las ondas longitudinales. Teóricamente, la relación $\gamma = v_s/v_p$ puede encontrarse en un rango desde 0 (fluidos) hasta $1/\sqrt{2} = 0.7$ (en el caso de $\sigma = 0$). En la mayoría de las rocas consolidadas el valor de γ es de 0.4–0.6, lo que corresponde para σ a un rango de valores de 0.4–0.2. Sin embargo, en formaciones arenoso-arcillosas muy sueltas el valor de γ puede ser de 0.2–0.3 e incluso menor. En general, las regularidades de la distribución de v_s están menos estudiadas que v_p .

Rocas de la misma composición litológica pueden diferir notablemente en sus velocidades sísmicas debido a su estructura interna, condicionada por las condiciones de formación. Esto se observa claramente en rocas terrígenas formadas en distintos ambientes hidrodinámicos: los

depósitos originados en ambientes de baja energía de plataformas, granulométricamente más homogéneos, suelen tener velocidades menores que los depósitos acumulados en ambientes costeros de alta energía y granulométricamente menos clasificados. Los carbonatos organógenos resultan relativamente de baja velocidad en comparación con los quimiogénicos.

Un factor muy significativo para los valores de las velocidades sísmicas es el grado de vacuidad de las rocas, ante todo su porosidad. En igualdad de condiciones, al aumentar la porosidad de la roca las velocidades sísmicas en ella disminuyen. Esta dependencia es más pronunciada en los depósitos terrígenos, cuya porosidad puede alcanzar el 30-40%. Dichas rocas, especialmente las arenas y areniscas, se consideran como medios heterogéneos compuestos por un esqueleto sólido (granos) y poros rellenos de fluido (líquido, gas y su mezcla). Para un modelo semejante, la velocidad v_p se estima mediante una relación empírica aproximada, conocida como ecuación del tiempo promedio:

$$\frac{1}{v_p} = \frac{k_n}{v_\phi} + \frac{1-k_n}{v_\tau},$$
 donde k_n - coeficiente de porosidad, v_τ y v_ϕ – velocidades de las ondas longitudinales en el esqueleto sólido y en el fluido, respectivamente.

La dependencia $v_p(k_n)$ tiene carácter exponencial. La presencia de aire (gas) en rocas saturadas de humedad conduce, debido a su alta compresibilidad, a una disminución de la elasticidad global de la roca y a una reducción de la velocidad en ella. Cuando los poros están completamente saturados de agua, se produce una disminución brusca de la compresibilidad de la roca y un aumento abrupto de la velocidad v_p . Sobre las velocidades de las ondas transversales v_s , el grado de saturación de agua prácticamente no influye. Este efecto se utiliza para determinar mediante prospección sísmica el nivel freático (NF) en depósitos sueltos.

La congelación del agua presente en poros, cavernas y fracturas provoca un aumento brusco de las velocidades sísmicas en la roca, ya que la velocidad v_p en el hielo es casi 2.5 veces mayor que en el agua. Dependiendo de la porosidad, del contenido relativo de agua congelada y no congelada, de su mineralización y de la temperatura, la velocidad de las ondas longitudinales puede aumentar en 1-2 km/s. Esto modifica sustancialmente las características de velocidad de la parte superior de la sección en las zonas de distribución de rocas congeladas: aquí se observa la denominada inversión de velocidades, cuando desde la superficie, en un cierto intervalo de profundidades, las velocidades disminuyen a medida que se pasa de depósitos congelados a depósitos descongelados.

Para las rocas sedimentarias es característico un aumento más o menos significativo de la velocidad con la profundidad de su yacimiento, debido al incremento de la presión litostática. Esto se debe, por un lado, a la disminución de la porosidad, lo cual según (5) incrementa v_p , puesto que $v_\tau > v_\phi$. Por otro lado, la velocidad v_τ depende del área de contacto entre granos adyacentes de la roca, la cual aumenta con el incremento de la presión, lo que conduce a un

aumento del módulo de Young y , correspondientemente, de las velocidades v_t y v_p . El aumento de las velocidades con la profundidad es más pronunciado en las rocas terrígenas, que se caracterizan por una alta porosidad inicial. En los depósitos carbonatados, menos porosos, esta propiedad se manifiesta de forma considerablemente más débil, y en las rocas quimiogénicas es prácticamente imperceptible.

Con la misma composición material e igual profundidad de yacimiento, las rocas más antiguas presentan velocidades más altas. Este efecto se explica por la duración de la acción de los procesos de diagénesis, metamorfismo y esfuerzos tectónicos, que hacen las rocas más rígidas y elásticas. Esta dependencia es bastante débil: la velocidad aumenta aproximadamente como la raíz sexta de la edad absoluta de los depósitos.

En depósitos porosos a profundidades significativas, la velocidad depende de la relación entre la presión geostática externa ejercida por la columna suprayacente y la presión del fluido intersticial que rellena los poros. La primera, al reducir la porosidad, incrementa la velocidad. La segunda, al crear una fuerza de separación entre los granos de la roca, impide la reducción de la porosidad y disminuye la velocidad. La presión efectiva, que determina el valor de la velocidad, es prácticamente igual a la diferencia entre la presión externa y la interna. En algunos casos, la evacuación del fluido de los depósitos arenosos bajo la acción de la presión geostática se ve dificultada por el efecto sellante de la roca arcillosa encajante. Por esta razón, la presión intersticial resulta más alta que la presión hidrostática normal a dicha profundidad, y la velocidad v_p en la capa es inferior al nivel normal.

Las zonas de fallas tectónicas se caracterizan por una disminución significativa de las velocidades sísmicas, que puede alcanzar entre el 30-40 % o más, dependiendo del grado de desintegración de las rocas. Generalmente este efecto es más pronunciado para las ondas transversales, por lo que la relación de velocidades $\gamma = v_s/v_p$ en las zonas de fallas tectónicas, descompactación y fracturación de las rocas presenta un valor reducido.

Con una composición litológica constante de una capa de roca sedimentaria, pueden observarse en ella variaciones laterales de la velocidad asociadas a estructuras plegadas (plicativas). Con mayor frecuencia se registra una disminución de la velocidad hacia las zonas de cresta de los levantamientos, donde la fracturación de las rocas está más desarrollada. Sin embargo, también puede producirse un efecto aparente causado por un dinamometamorfismo más intenso en las partes de cresta de los pliegues.

Los datos experimentales indican que las variaciones de las velocidades sísmicas pueden reflejar cambios en el estado de esfuerzos de los macizos rocosos. En particular, la disminución de las velocidades y la manifestación de su anisotropía pueden estar asociadas a zonas de descompactación y fracturación de las rocas de origen tectónico.

Otra propiedad importante que frecuentemente se detecta en los macizos rocosos es la anisotropía de sus propiedades elásticas, la cual provoca la dependencia de los valores de las velocidades sísmicas respecto a la dirección. Este efecto surge tanto por la estructura finamente estratificada de los depósitos como por el desarrollo de una fracturación espacialmente orientada de las rocas. Según los datos experimentales, entre las series litológicamente homogéneas, los depósitos arcillosos presentan la mayor anisotropía, distinguiéndose por una textura escamosa ordenada. En ellos, para las ondas longitudinales k_p alcanza valores de 1.2-1.5 y superiores. En las areniscas k_p rara vez supera el nivel de 1.1-1.2. Los depósitos carbonatados presentan una anisotropía de velocidades débil. Para las ondas transversales, la anisotropía es generalmente mayor que para las ondas longitudinales en las mismas secciones.

Otra causa de la anisotropía de las velocidades sísmicas es la fracturación intensa de las rocas, que altera la continuidad de su esqueleto mineral. En presencia de un sistema de fracturas con una orientación determinada, la velocidad de las ondas a lo largo de dicha dirección es máxima, y en dirección perpendicular es mínima. El coeficiente de anisotropía determinado depende de la forma y las dimensiones relativas de las fracturas en comparación con la longitud de onda predominante, así como de las propiedades elásticas del material de relleno de las fracturas [Boganik G.N., Gurvich I.I. Seysmórazvedka. 2006].

Cambios en la versión actual

En esta versión se han corregido errores en los módulos del programa y se ha acelerado la lectura, el preprocesamiento y la visualización de los datos. El formato de los archivos de proyecto (*.st3) y de los datos no ha cambiado: los proyectos de versiones anteriores se abren sin necesidad de conversión.

Cambios perceptibles durante el trabajo:

- Análisis de datos de campo al abrir un archivo: la búsqueda de electrodos (puntos de fuentes y receptores) por coordenadas se realiza mediante una malla hash. En sistemas de observación grandes, el tiempo de apertura se reduce de minutos a fracciones de segundo; el resultado (numeración de puntos) permanece igual.

- Modo Collect P/S (diálogo Multi-files case): los registros coincidentes del segundo archivo se buscan por hash de geometría (coordenadas de fuente y receptor). Se ha corregido un error: un registro del segundo archivo sin par en el primero sobrescribía el último registro del primer archivo. Ahora dicho registro se añade como una nueva medición.

- La lectura y escritura del proyecto se realizan a través de memoria sin búfer intermedio.

- El modelo volumétrico en modo inside (3D options) se dibuja más rápido: las caras internas ocultas de celdas opacas no se construyen.

- La incorporación de modelos (Import/Export / Buld-in mod3d, Build in mod2d's) se calcula en varios hilos. El valor en la celda se determina a partir de los 12 puntos más cercanos del modelo con pesos inversamente proporcionales a la distancia. Anteriormente, el peso era erróneamente la propia distancia, y los puntos lejanos predominaban.
- Constructor de malla: la vinculación de nodos de la malla a los puntos de observación se realiza mediante una malla de celdas (bins), sin recorrido exhaustivo.
- Histograma del modelo (Options / Model / Model histogram), plano de líneas de perfiles (Options / Set survey lines) y estructura alámbrica de la malla en el constructor de malla se construyen más rápido.
- Los fondos con relieve para los cortes se construyen mediante acceso línea por línea al ráster, sin representación píxel a píxel.
- Módulo de picado: los procedimientos rápidos de supresión de ruido (Options / Apply denoising) se han trasladado desde ZondST2D; el algoritmo en sí no ha cambiado.
- Se han corregido errores de física y lógica. Entre ellos: cálculo de atenuación (Attenuation) por subcapas, restablecimiento de la profundidad de pozos, procesamiento de modelos de una sola capa, interpolación por distancias inversas en el constructor de malla y en la ventana 3D options, bucles que podían bloquearse en mallas con un solo nodo, lectura de líneas de tendidos de proyectos antiguos, índices en la carga y guardado de coordenadas de fuentes y receptores (Load/Save coordinates), selección y adición de ventanas en los picadores de primeras llegadas.

Instalación y desinstalación del programa

El programa ZondST3D se distribuye a través de internet. El paquete de distribución incluye el presente Manual. Puede descargar las últimas actualizaciones del programa en el sitio web: www.zond-geo.com.

Para instalar el programa, copie el programa en el directorio elegido. Para instalar una actualización, simplemente copie la nueva versión del programa sobre la anterior.

Antes del primer inicio del programa es necesario instalar el controlador de la llave de protección SenseLock. Para ello, abra la carpeta SenseLock (el controlador se puede descargar del sitio web) y ejecute el archivo InstWiz3.exe. Después de instalar el controlador, inserte la llave. Si todo está correcto, en la bandeja del sistema aparecerá un mensaje indicando que la llave ha sido detectada.

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

Requisitos del sistema

El programa ZondST3D puede instalarse en un ordenador con sistema operativo Windows 7 de 64 bits o superior. Parámetros mínimos del sistema: procesador P IV-2 GHz, 4 Gb de memoria (se recomienda no menos de 17 Gb), resolución de pantalla 1024 X 768 (no se debe cambiar la resolución de pantalla en el modo de trabajo con datos), modo de color - True color.

Dado que el programa utiliza recursos del registro del sistema, en sistemas superiores a Windows XP debe ejecutarse como administrador (clic derecho sobre el icono del programa – ejecutar como administrador).

Unidades de medida

Unidades geométricas (coordenadas de fuentes y receptores, topografía) – metros.

Unidades de tiempo de primeras llegadas – milisegundos.

Unidades de velocidad de ondas sísmicas – kilómetros por segundo.

Módulo de picado de sismogramas

El objetivo del procesamiento de los datos de campo es la obtención de las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) de tiempos (o amplitudes) de las primeras llegadas de la onda objetivo. Para iniciar el proceso de procesamiento de los materiales de campo es necesario disponer de un archivo o archivos de observaciones de campo en formato SEG-Y Y(SEG2). El proceso de picado de los sismogramas de campo se realiza en un módulo especial (Fig. 1), que se invoca mediante el elemento Trace editor (Módulo de picado) del menú principal del programa o mediante el botón

en la barra de herramientas . Una vez invocado este módulo, es necesario cargar en él los sismogramas de campo y comenzar el proceso de picado.

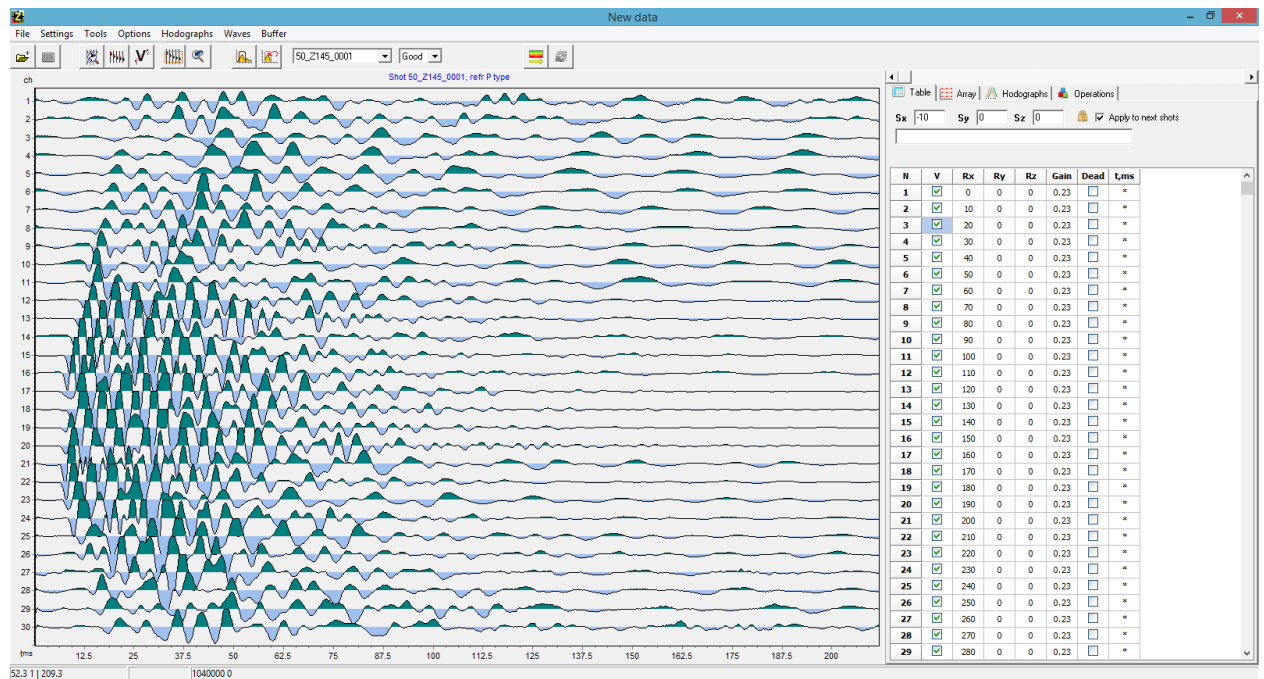


Fig. 1 Ventana de trabajo del módulo de picado de sismogramas Trace editor

La ventana está dividida en dos partes: el gráfico de visualización de sismogramas (a la izquierda) y una sección con múltiples pestañas para la configuración y visualización de los parámetros del sistema de observación (a la derecha).

Inicio del trabajo con el módulo

El trabajo comienza con la apertura de un archivo o varios archivos SEG-Y(SEG2) o de un archivo de proyecto. Inmediatamente después de cargar el archivo aparece el diálogo Show parameters for every file (Mostrar información detallada para cada archivo). Si se pulsa Yes, aparecerá una ventana en la que se propone al usuario seleccionar las trazas necesarias y establecer las coordenadas de las fuentes y receptores, si es necesario (las coordenadas de los receptores y fuentes se pueden establecer posteriormente), (Fig. 2).

tr	used	shot	tx	rx	tz	rz
1	☒	1	0	40	0	0
2	☒	1	0	45	0	0
3	☒	1	0	50	0	0
4	☒	1	0	55	0	0
5	☒	1	0	60	0	0
6	☒	1	0	65	0	0
7	☒	1	0	70	0	0
8	☒	1	0	75	0	0
9	☒	1	0	80	0	0
10	☒	1	0	85	0	0
11	☒	1	0	90	0	0
12	☒	1	0	95	0	0
13	☒	1	0	100	0	0
14	☒	1	0	105	0	0
15	☒	1	0	110	0	0
16	☒	1	0	115	0	0
17	☒	1	0	120	0	0
18	☒	1	0	125	0	0
19	☒	1	0	130	0	0
20	☒	1	0	135	0	0
21	☒	1	0	140	0	0
22	☒	1	0	145	0	0

Fig. 2 Ventana de selección de trazas y establecimiento de coordenadas.

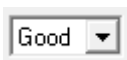
Antes de cargar archivos SEG-Y es necesario asegurarse de que la configuración de lectura del archivo sea correcta  (se describe con más detalle en la sección Diálogo de configuración general de lectura de archivo).

Barra de herramientas de la ventana de picado de sismogramas

La barra de herramientas sirve para el acceso rápido a las funciones más utilizadas del módulo. Contiene los siguientes botones funcionales (de izquierda a derecha):

	Abrir un archivo o un conjunto de archivos de datos de campo en formato SEG-Y (SEG2) o un proyecto de trabajo BIN3.
	Invocar un submenú adicional de acceso rápido a diversas configuraciones.
	Activar el modo de zoom/selección de un área del sismograma. La selección se realiza mediante un rectángulo elástico con ayuda del ratón. Tras activar este modo aparecen los dos botones siguientes.
	Establecer la ventana de trabajo de datos. Las dimensiones de la ventana se definen en el modo  . La ventana de trabajo se utiliza para el filtrado y el autoescalado de las trazas.
	Ir al área de selección anterior del sismograma.

	Activar el modo de picado de primeras llegadas. La selección de las primeras llegadas se realiza con el botón izquierdo del ratón. Al pulsar el botón derecho del ratón se elimina el valor seleccionado en la curva tiempo-distancia (dromocrónica). El trazado se realiza en modo normal o semiautomático. Tras activar este modo aparecen los dos botones siguientes.
	Activa el modo Multipicking. El trazado se realiza automáticamente, desde el primer punto pulsado en el sismograma hasta el segundo. La trayectoria de trazado se muestra como una línea que une el primer punto pulsado y la posición actual del cursor. Si se ha seleccionado uno de los modos de multipicking, en lugar de la línea se muestra una franja en la que se realiza la búsqueda y los valores preliminares de tiempos (en forma de círculos). El ancho de la franja de búsqueda se regula con la rueda del ratón (con la tecla ctrl presionada).
	Opción Autopicking. Activa el procedimiento de ajuste automático de las posiciones de los tiempos de primeras llegadas según uno de los criterios establecidos. En el modo Multipicking, el procedimiento se aplica a todos los tiempos (que caen dentro de la franja) en el área definida; en caso contrario, la búsqueda se realiza dentro de la traza seleccionada (ventana de selección). Para Autopicking es importante elegir correctamente el ancho de la franja (o ventana) en la que se realiza la búsqueda de la solución según el criterio establecido (se regula con la rueda del ratón con la tecla ctrl presionada). El criterio de selección se establece en el menú emergente, que se puede invocar pulsando el botón derecho del ratón. Criterios disponibles: To null: búsqueda de valores nulos o cercanos a cero en la ventana/banda de selección y asignación de las primeras llegadas en ese punto (picado por fase). <i>To extremum: búsqueda del valor máximo en valor absoluto en la ventana/banda de selección y asignación de las primeras llegadas en ese punto.</i> <i>To maximum: búsqueda del valor máximo en la ventana/banda de selección y asignación de las primeras llegadas en ese punto.</i> <i>To minimum: búsqueda del valor mínimo en la ventana/banda de selección y asignación de las primeras llegadas en ese punto.</i> <i>To best correlated point: búsqueda de las zonas de mejor correlación con</i>

	las trazas vecinas y asignación de las primeras llegadas en ese punto. <i>Move to reciprocity point: si para el valor asignado existe un valor recíproco designado, sus tiempos se promediarán.</i>
	Activar el modo de determinación de velocidad entre dos puntos. Para determinar la velocidad en el tramo seleccionado del sismograma, es necesario elegir la posición del primer punto. A continuación, sin soltar el botón del ratón, desplace el cursor a la posición deseada. El valor de la velocidad se mostrará en la barra de estado de la ventana (segunda sección). Antes de determinar la velocidad, asegúrese de que las coordenadas de los receptores están correctamente definidas.
	Invocar el diálogo de filtrado de datos.
	Deshacer los resultados del filtrado o volver a los datos originales.
	Seleccionar el sismograma activo de la lista. La lista contiene todos los sismogramas del proyecto.
	Asignar la estimación de calidad del picado para el sismograma dado. Esta estimación se utilizará durante la inversión.
	Crear el sistema de observación y el modelo, y pasar a la ventana de modelado e inversión de datos.
	Actualizar los picados para el proyecto actual y pasar a la ventana de modelado e inversión de datos. Al actualizar los picados no se debe modificar la geometría del sistema de medición.

La subsección



de la configuración general contiene las siguientes opciones:

	Configurar los parámetros de lectura del archivo (más detalles)
	Invocar el diálogo de configuración gráfica de las trazas y las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) (más detalles).
	Invocar el diálogo de configuración de escalas y muting del sismograma (más detalles).
	Invocar el diálogo de configuración de los parámetros gráficos del fondo.
	Activar el modo de selección de la traza activa mediante el ratón. La traza activa se resalta con otro color y se dibuja en último lugar. No se recomienda utilizar este modo durante el picado, ya que ralentiza el funcionamiento del programa.

	Mostrar líneas entrecruzadas que siguen al cursor.
	Mostrar el fondo que representa el sismograma en vista interpolada.
	Rotar las trazas noventa grados. Dependiendo del tipo de datos, resulta conveniente utilizar una orientación vertical u horizontal del sismograma.
	Mostrar el perfil de potencia de las trazas. La potencia caracteriza la energía de la traza, la cual varía en función de la distancia a la fuente.

Menú de funciones de la ventana de picado de sismogramas

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

File	Open SEG-Y/Project	Abrir archivo(s) de datos de campo en formato SEG-Y(SEG2) o un proyecto de trabajo.
File	Add to project	Añadir datos al proyecto de trabajo. La opción sirve para unificar datos obtenidos en diferentes momentos en un solo proyecto.
File	Save project	Guardar datos, resultados de procesamiento, correlación de ondas y diversas configuraciones en el proyecto de trabajo BIN.
File	Recents	Lista de proyectos abiertos recientemente para acceso rápido.
File	Close project	Cerrar todos los sismogramas del proyecto de trabajo.
File	Print preview	Invocar el diálogo de impresión del sismograma.
Settings	Survey type	Diálogo de configuración de los parámetros del sistema de observación. Es muy importante definir el tipo de levantamiento inmediatamente antes del proceso de picado, especialmente si se trabaja con datos entre pozos.
Settings	Survey indexing	Abrir el diálogo Sort and set lines (véase la sección «Diálogo de configuración de tendidos (clasificación de sismogramas)»): clasificar el sismograma areal por líneas de receptores para un picado más cómodo. Las curvas tiempo-distancia se muestran de acuerdo con el orden seleccionado.
Settings	Background settings	Abrir el diálogo de ajustes gráficos del fondo de interpolación. Duplica la opción 
Settings	Show background	Mostrar el fondo que representa el sismograma en forma de interpolación. Duplica la opción  .

Settings	Color scheme	Esquema de color de la ventana: Light – claro, Dark – oscuro.
Settings	Plot's color	Abrir el diálogo de configuración del relleno del fondo del sismograma.
Settings	File settings	Abrir el diálogo de ajustes generales de lectura de archivos SEG-Y (véase la sección «Diálogo de ajustes generales de lectura del archivo SEG-Y»).
Settings	Trace/hodograph settings	Abrir el diálogo de ajustes gráficos de trazas y curvas tiempo-distancia. Duplica la opción  .
Settings	Scale/muting settings	Abrir el diálogo de configuración de escalas y muting del sismograma. Duplica la opción  .
Settings	Amplitudes collect settings	Abrir el diálogo de configuración de parámetros de recopilación de amplitudes.
Settings	Working area/Display rectangle	Mostrar el área de la ventana de trabajo en forma de recuadro.
Settings	Working area/Set working area	Establecer la ventana de trabajo de datos. Las dimensiones de la ventana se definen en el modo  . La ventana de trabajo se utiliza para el autoescalado de trazas. Si en la pestaña Table de la sección multipestaña está activada la opción Apply for next shots, la ventana de trabajo se asigna a todos los sismogramas posteriores del proyecto.
Settings	Working area/Select all	Seleccionar todo el sismograma como ventana de trabajo.
Settings	Units	Unidades del eje de distancias del sismograma: Channel – número de canal; X, Y, Z – coordenada del receptor; Spacing – distancia del receptor a la fuente; IJ – índices del receptor (número de línea y número dentro de la línea, definidos en Survey indexing). mSec units – tiempo en milisegundos (de lo contrario, en muestras).
Settings	Set sample time	Establecer el paso de muestreo del eje de mediciones, ms. Si no está definido o está definido incorrectamente en el archivo.
Tools	Undo filtering	Volver a los datos originales (antes del procesamiento).
Tools	Picking mode	Activar el modo de picado de primeras llegadas. La selección de primeras llegadas se realiza con el botón izquierdo del ratón. Al presionar el botón derecho del ratón se elimina el

		valor seleccionado en la curva tiempo-distancia. Duplica el botón  .
Tools	Zoom mode	Activar el modo de zoom/selección de un área del sismograma. La selección se realiza mediante un rectángulo elástico con el ratón. A continuación se puede activar el modo de autoescalado para la ventana seleccionada. Duplica el botón  .
Tools	Display cross	Mostrar líneas en cruz que siguen al cursor. Sirve para un posicionamiento más preciso.
Tools	Crop shot	Recortar el sismograma por tiempo y/o por trazas (diálogo Crop shot).
Tools	Resample shot	Cambiar el paso de muestreo de los sismogramas (diálogo Resampling).
Tools	GroupSort	Agrupar u ordenar las trazas del proyecto (diálogo Group&Sort). La nueva disposición puede guardarse.
Tools	Swap SR	Intercambiar fuentes y receptores.
Tools	Shift traces	Desplazar las trazas en tiempo (diálogo Shift traces).
Tools	Correct all zeros	Eliminar la componente constante de todas las trazas y llevar su polaridad a positiva. Los resultados del procesamiento se pierden.
Tools	Apply trigger shot	Utilizar el sismograma actual como registro de tiempo de disparo: los demás sismogramas se recortan según el picado del sismograma actual.
Tools	Change Z sign	Cambiar el signo de las coordenadas verticales de fuentes y receptores.
Tools	Processed to original	Convertir los datos procesados en datos originales. Los datos originales se pierden.
Tools	Edit source pos	Abrir el diálogo de asignación de coordenadas de fuentes (más detalles).
Options	Delete current shot	Eliminar el sismograma actual del proyecto.
Options	Delete empty shots	Eliminar del proyecto todos los sismogramas para los cuales no se realizó el picado (por ejemplo, repeticiones fallidas o datos con alto nivel de ruido).
Options	Delete dead traces	Eliminar trazas «muertas». Normalmente estas trazas

		corresponden a geófonos defectuosos o no conectados. Las trazas «muertas» se seleccionan en la tabla.
Options	Sort shots	Ordenar los sismogramas por posiciones de la fuente.
Options	Combine shots	Añadir al sismograma actual las trazas de otros sismogramas con la misma coordenada de fuente. Resulta útil al emplear tendidos cortos. En este caso, por lo general, el tendido se desplaza a lo largo del perfil mientras la posición de la fuente permanece fija. La opción permite obtener un registro largo de una sola fuente para varias posiciones del tendido. Antes de utilizarla, conviene verificar la corrección de las coordenadas.
Options	Combine all	Unir las trazas de todos los sismogramas que tengan las mismas coordenadas de fuente.
Options	Apply AGC	Aplicar AGC (Automatic Gain Control) – Control Automático de Ganancia. Realiza la normalización del registro según el valor medio de su nivel en un determinado intervalo temporal de registro (ventana). El tamaño de la ventana se establece en muestras y se elige de forma experimental. La acción se revierte con el botón de cancelación de filtrado de datos  .
Options	Remove aver in window	Eliminar el valor medio en la ventana especificada. Permite resaltar señales de alta frecuencia. La acción se revierte con el botón de cancelación de filtrado de datos  .
Options	Apply denoising	Aplicar supresión de ruido al sismograma (diálogo de ajustes de la ventana de procesamiento).
Options	Apply derivative	Reemplazar las trazas por su derivada temporal.
Options	Simple smoothing	Suavizar las trazas del sismograma actual en el dominio temporal.
Options	Collect amplitudes from shot	Recolección de amplitudes de las primeras llegadas en los puntos donde se ha realizado el picado de tiempos para el sismograma dado. La opción permite recoger amplitudes no exactamente en el punto de picado, ya que este puede ser cero, sino en una cierta ventana alrededor del mismo. El tamaño de la ventana (se establece en muestras) y el método de recolección se seleccionan en el menú File settings/Amplitudes collect settings.
Options	Collect amplitudes	Recolección de amplitudes de las primeras llegadas en los puntos donde se ha realizado el picado de tiempos para todos

	from all	los sismogramas.
Options	Undo action	Deshacer la última acción del modo de picado.
Hodographs	Delete current	Eliminar la curva tiempo-distancia (dromocrónica) actual.
Hodographs	Delete all	Eliminar todas las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) del proyecto para el tipo de onda actual.
Hodographs	Autocorrect current	Corrección automática de la curva tiempo-distancia actual (se realiza una correlación de las primeras llegadas ya picadas, basándose en la forma de los picos cercanos a las mismas).
Hodographs	Autocorrect all	Corrección automática de las curvas tiempo-distancia de todos los sismogramas (igual que Autocorrect current).
Hodographs	Set 1D reference	Calcular un modelo de velocidades unidimensional a partir de los tiempos picados de todos los sismogramas (curva tiempo-distancia de referencia).
Hodographs	Apply to current	Calcular la curva tiempo-distancia del sismograma actual a partir del modelo unidimensional obtenido con Set 1D reference.
Hodographs	Apply to all	Calcular las curvas tiempo-distancia de todos los sismogramas a partir del modelo unidimensional obtenido con Set 1D reference.
Hodographs	Apply to empty	Si la opción está activada, Apply to current y Apply to all rellenan únicamente las trazas sin picado.
Hodographs	Copy current	Copiar la curva tiempo-distancia activa al portapapeles.
Hodographs	Paste to current	Pegar las primeras llegadas desde el portapapeles en la curva tiempo-distancia actual.
Hodographs	Load picks	Cargar los resultados de picado desde un archivo en uno de los formatos disponibles.
Hodographs	Save picks	Guardar los resultados de picado actuales en un archivo. Los tipos de archivo posibles son: Laccolite god file – guardar la curva tiempo-distancia actual en un archivo *.god, Laccolite directory – guardar las curvas tiempo-distancia de todos los sismogramas en el directorio indicado en formato *.god, SRT file – guardar un archivo en formato *.SRT
Hodographs	Load geometry	Cargar las coordenadas de fuentes y receptores desde un archivo de texto o una tabla Excel (xls, xlsx) mediante un diálogo de importación con asignación de columnas; la geometría se aplica a los sismogramas del proyecto.
Hodographs	Smooth all	Suavizar todas las curvas tiempo-distancia (para el suavizado

		se utiliza un algoritmo especial que tiene en cuenta el principio de reciprocidad).
Hodographs	Smooth current	Suavizar la curva tiempo-distancia actual (para el suavizado se utiliza un algoritmo especial que tiene en cuenta el principio de reciprocidad).
Hodographs	Correct start times(reciprocity)	Corrección de los tiempos de inicio de registro de los sismogramas basada en los tiempos recíprocos del picado actual.
Hodographs	Average reciprocity data	Promediar los tiempos recíprocos, si los hubiera.
Hodographs	Correct start times(calculated)	Corrección de los tiempos de inicio de registro de los sismogramas basada en los tiempos teóricos obtenidos en la inversión 3D.
Hodographs	Calc reciprocity error	Mostrar el error medio de correlación de los datos, calculado a partir del principio de reciprocidad.
Waves	P - refracted	Establecer el tipo de ondas a picar – P-refractadas
Waves	S - refracted	Establecer el tipo de ondas a picar – S-refractadas
Waves	Exchange PS	Cambiar el tipo de ondas durante el picado. Esta opción se utiliza en caso de que durante el picado se haya establecido un tipo de onda incorrecto.
Waves	Exchange PS current	Intercambiar los picados de ondas P y S solo para el sismograma actual.
Waves	Remove active data	Eliminar todas las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) para el tipo de onda actual
Waves	Switch PS auto	Cambiar automáticamente el tipo de ondas a picar (P/S) según el tipo del sismograma actual.
Buffer	Picks 1 ... Picks 5	Guardar los resultados actuales de picado en el búfer (Picks 1 – Picks 5) o cargarlos desde él. Al pulsar de nuevo una celda ocupada aparece el diálogo Working with buffer: From buffer – cargar la curva tiempo-distancia guardada en lugar de la actual, To buffer – guardar la actual en el búfer.
Buffer	Averaged	Escribir en la curva tiempo-distancia actual el valor promedio de los picados de todos los búferes no vacíos.
Buffer	Only t0	Cargar del búfer solo los tiempos de primeras llegadas.
Buffer	Current shot	Cargar del búfer (y promediar) solo para el sismograma actual.

Diálogo de configuración general de lectura de archivos SEG-Y

Se puede acceder al diálogo de configuración general de lectura de archivos en formato SEG-Y mediante la opción .

La pestaña SEG-Y contiene opciones que controlan la lectura de datos de campo (fig. 3). Como es sabido, este formato es el estándar básico para datos de prospección sísmica. Algunas estaciones pueden apartarse de la forma estándar de registro y, en estos casos, para una carga correcta de los datos es necesario seleccionar los parámetros de registro.

Antes de crear un nuevo proyecto a partir de archivos SEG-Y es necesario asegurarse de que la configuración de esta pestaña corresponde a los archivos utilizados (en la mayoría de los casos es así).

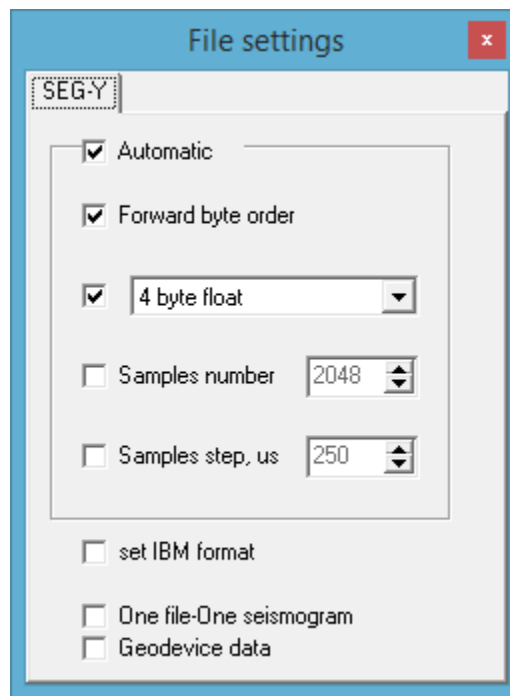


Fig. 3 Ventana de diálogo File settings, pestaña SEG-Y

La opción Automatic activa el modo de determinación automática del formato. Si esta opción está desactivada, las siguientes configuraciones se hacen accesibles.

La opción Forward byte order establece el orden de lectura de bytes. La lista desplegable está destinada a la selección del tipo de datos.

La opción Samples number establece el número de muestras en la traza. La opción Samples interval establece el intervalo de muestreo de la traza (en milisegundos).

La opción Set IBM format establece el formato numérico PC/UNIX.

Al configurar la lectura, se utilizan principalmente las opciones Set IBM format y Forward byte order.

La opción One file-One seismogram establece que cada archivo cargado es un sismograma independiente.

Diálogo de recopilación automática de amplitudes de primeras llegadas

Se puede acceder al diálogo de configuración general de recopilación de amplitudes mediante la opción Settings/ Amplitudes collect settings del menú principal de la ventana.

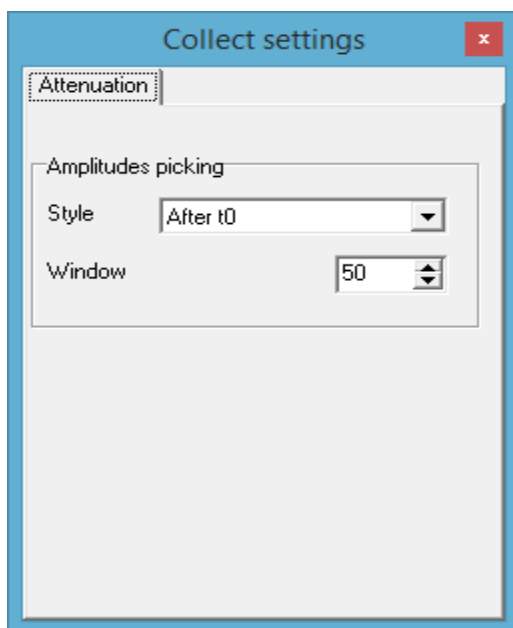


Fig. 4 Diálogo de configuración general de recopilación de amplitudes Amplitudes collect settings

La opción Style define el modo de recopilación de la amplitud: alrededor de t_0 o después de t_0 (si el picado se realizó por fase). En la ventana Window es necesario establecer el tamaño de la ventana en muestras en la que se busca la amplitud máxima. La longitud de la ventana generalmente se elige de acuerdo con la frecuencia de la onda útil.

Diálogo de configuración del tipo de observaciones

El diálogo está disponible en el menú principal del módulo de picado de sismogramas Settings/Survey type. Es muy importante establecer el tipo de levantamiento antes de comenzar la correlación.

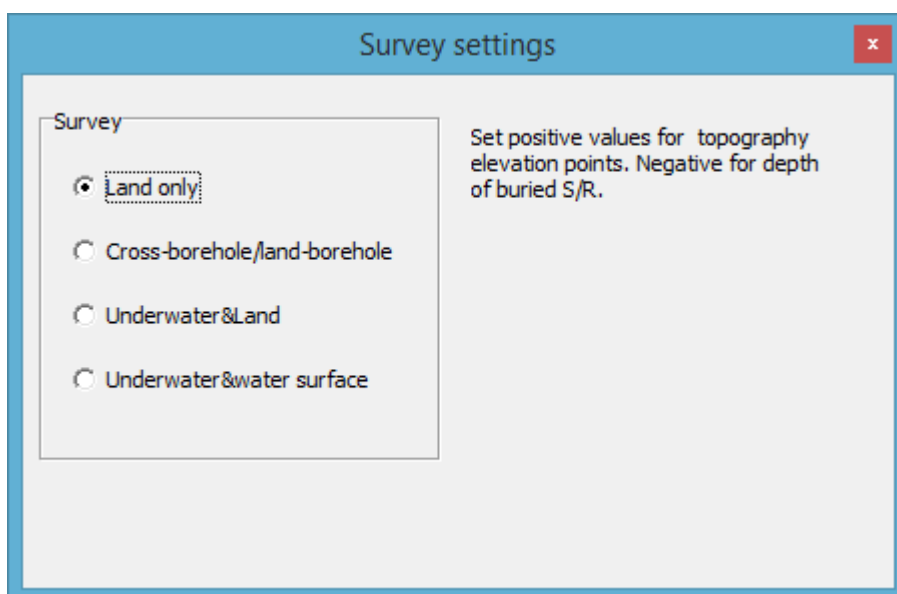


Fig. 5 Ventana de diálogo Survey settings

La ventana de diálogo Survey settings se divide en dos áreas. En la parte izquierda se encuentra el área Survey, en la que se establece el tipo de observaciones:

Land only – sistema de observación tierra-tierra; en este caso, en la pestaña Table de la sección multipestaña, la columna Rz contendrá datos de topografía. Para este tipo es posible establecer fuentes enterradas (valor negativo en Sz).

Cross-borehole/land-borehole – sistema de observación de transmisión entre pozos / perfilaje sísmico vertical. En este caso, en la pestaña Table de la sección multipestaña, la columna Rz contendrá los datos de profundidades ($Sz/Rz=0$ – significa que las fuentes/receptores están ubicados en la superficie).

Underwater&Land – sistema de observación combinado que incluye mediciones subacuáticas y terrestres.

Underwater&water surface – sistema de observación combinado que incluye mediciones en la superficie del agua y en el fondo.

Configuración de visualización y escalado del sismograma

Para facilitar el trabajo del procesador, el módulo de picado ofrece diversas posibilidades de escalado y visualización del sismograma.

La ampliación de una zona determinada o su desplazamiento se realiza en el modo de selección/ampliación  (herramienta – "rectángulo elástico"). Para seleccionar la zona que se desea ampliar, el cursor del ratón se desplaza hacia abajo y hacia la derecha con el botón izquierdo presionado (Fig. 6 A).

Las opciones de la subsección Working area permiten seleccionar las escalas óptimas para el área elegida. Para regresar a la zona de selección anterior del sismograma se puede utilizar la

opción . Para volver a la escala inicial, se realizan las mismas acciones, pero moviendo el ratón hacia arriba y hacia la izquierda (Fig. 6 B).

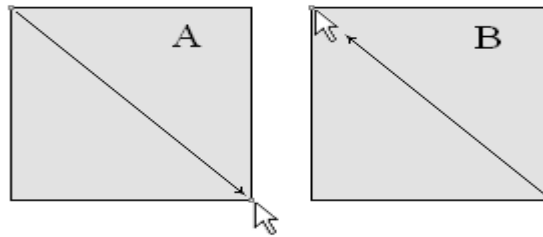


Fig. 6 Dirección del movimiento del ratón al cambiar la escala

Diálogo de configuración de escalas del sismograma

El diálogo de configuración de escalas del sismograma se puede invocar mediante las opciones Settings/Scale settings o .

El diálogo Scaling options contiene dos pestañas.

La pestaña Scales contiene opciones que determinan las escalas de los gráficos de las trazas y de la imagen completa (Fig. 7).

El área Traces scaling type establece el tipo de normalización de los gráficos de las trazas. El valor Common maximum – escala los gráficos según el máximo común del sismograma. El valor Trace maximum – escala cada gráfico según su propio máximo. La opción Apply to original data – indica al programa que el escalado de los gráficos se realizará sobre los valores de los datos originales (sin filtrar).

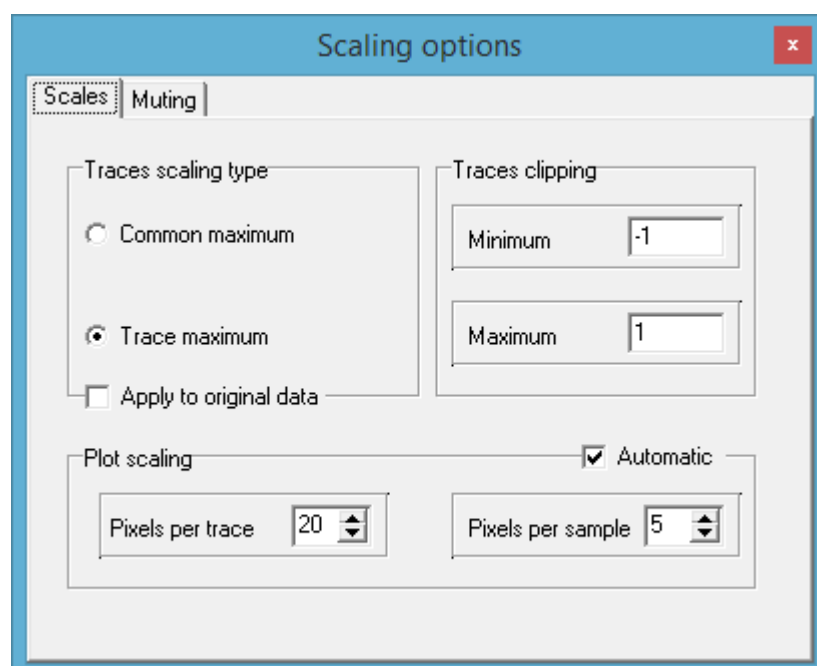


Fig. 7 Ventana de diálogo Scaling options, pestaña Scales

El área Traces clipping establece los valores límite de máximos y mínimos de los gráficos, alcanzados los cuales los gráficos se recortan.

Los valores Maximum y Minimum se definen considerando que la distancia entre trazas adyacentes es igual a la unidad.

La opción Automatic en el área Plot scaling – establece la escala de la imagen del gráfico. Si la opción está activada, la escala se selecciona automáticamente en función del tamaño de la ventana. Si la opción está desactivada, las escalas de la imagen se definen mediante las opciones Pixel for trace (número de píxeles por traza) y Pixel for sample (número de píxeles por muestra).

La pestaña Muting contiene opciones que determinan los valores límite de velocidades (Fig. 8). En el campo Velocities es necesario establecer los valores límite de velocidades. La opción Muting muestra los límites de las velocidades establecidas. Si se selecciona la opción Draw muted data, los datos que se encuentren fuera de los límites de velocidad establecidos no se mostrarán. El campo Delay, ms establece el valor del tiempo de disparo (número positivo en ms o muestras) para todas las trazas. El eje de tiempos/muestras se desplaza de modo que al tiempo de disparo le corresponda el cero del eje. En este caso pueden aparecer valores negativos en el eje.

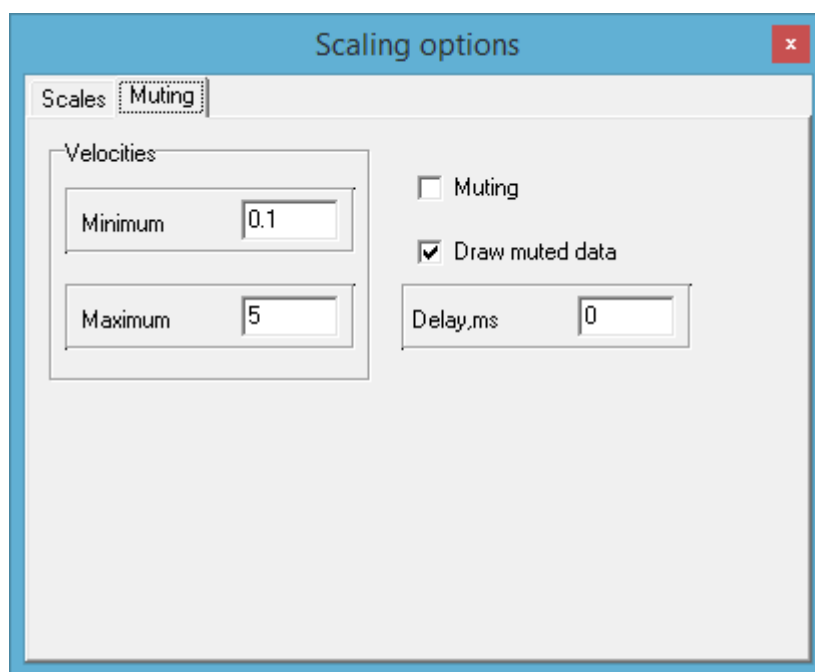


Fig. 8 Ventana de diálogo Scaling options, pestaña Muting.

Diálogo de configuración gráfica de las trazas

El diálogo de configuración gráfica de las trazas y las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) se puede invocar mediante las opciones Settings/Trace/hodographs settings o



La pestaña Trace contiene las opciones responsables de la apariencia de los gráficos de trazas. Las dos áreas principales Primary y Additional corresponden a los ajustes del sismograma principal y del adicional (que se muestra superpuesto al principal en el modo Multi), respectivamente.

Las áreas Negative y Positive incluyen los ajustes de color de los mínimos y máximos de los gráficos (Fill color – color de relleno, Transparent – sin relleno).

La opción Line color establece el color de línea de los gráficos. La opción Active line color establece el color de línea del gráfico activo. La opción Display line indica si deben dibujarse las líneas de los gráficos.

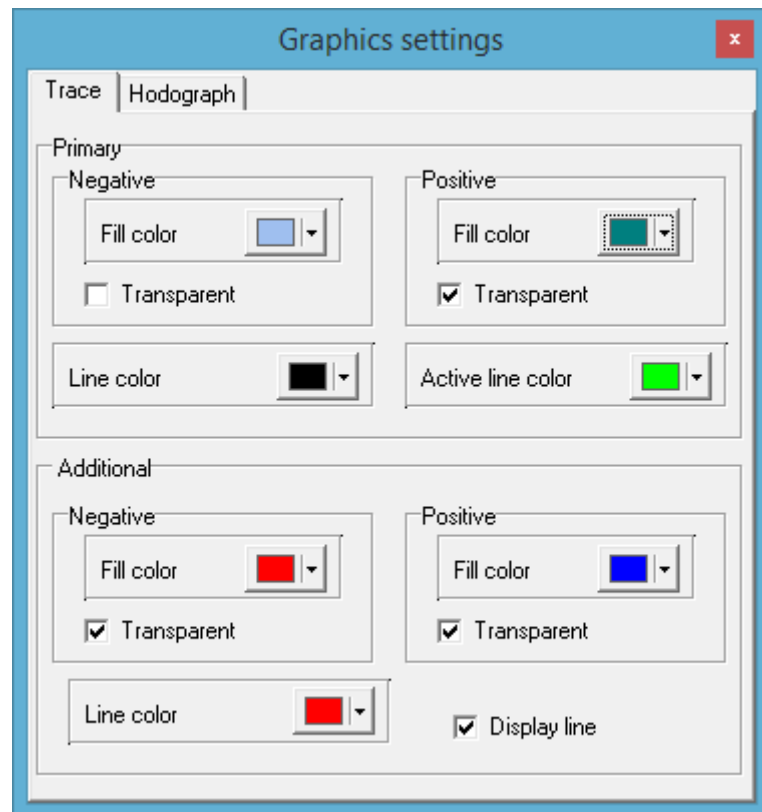


Fig. 9 **Cuadro de diálogo Graphics settings, Pestaña Trace**

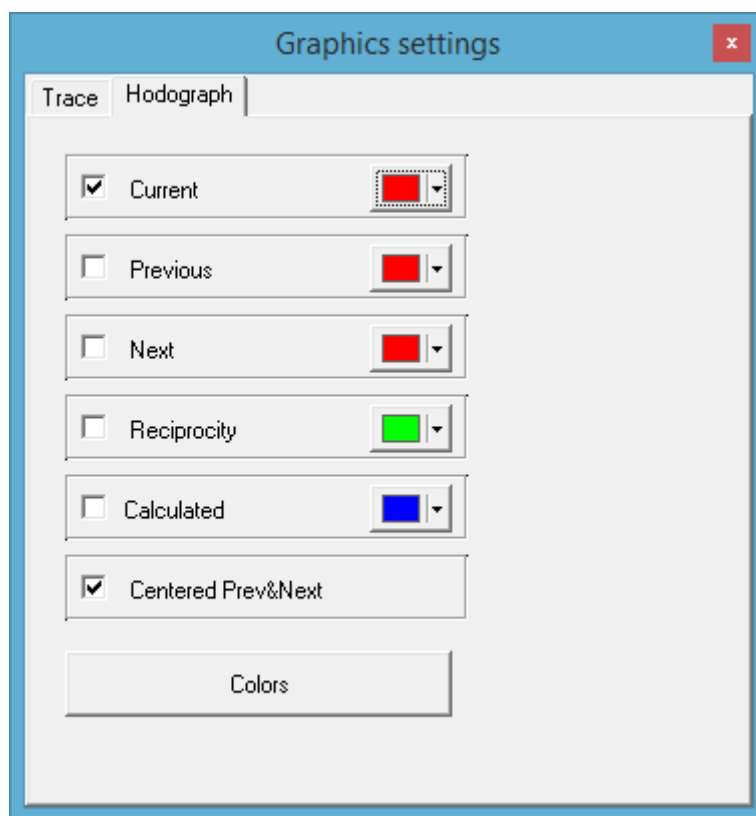


Fig. 10 **Cuadro de diálogo Graphics settings, Pestaña Hodograph**

La pestaña Hodograph contiene los ajustes de color de las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) que se muestran en los sismogramas durante el picado. Las opciones Current, Previous, Next, Reciprocity, Calculated establecen los colores para la dromocrónica actual, anterior, siguiente, recíproca y calculada. Si la opción está activada, la dromocrónica correspondiente se mostrará (si existe). Centered Prev&Next proyecta las dromocrónicas vecinas teniendo en cuenta las distancias desde la fuente.

El botón Colors abre el cuadro de diálogo de configuración del editor del conjunto de gráficos de curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) de la pestaña Hodographs en la sección derecha de la ventana de trabajo.

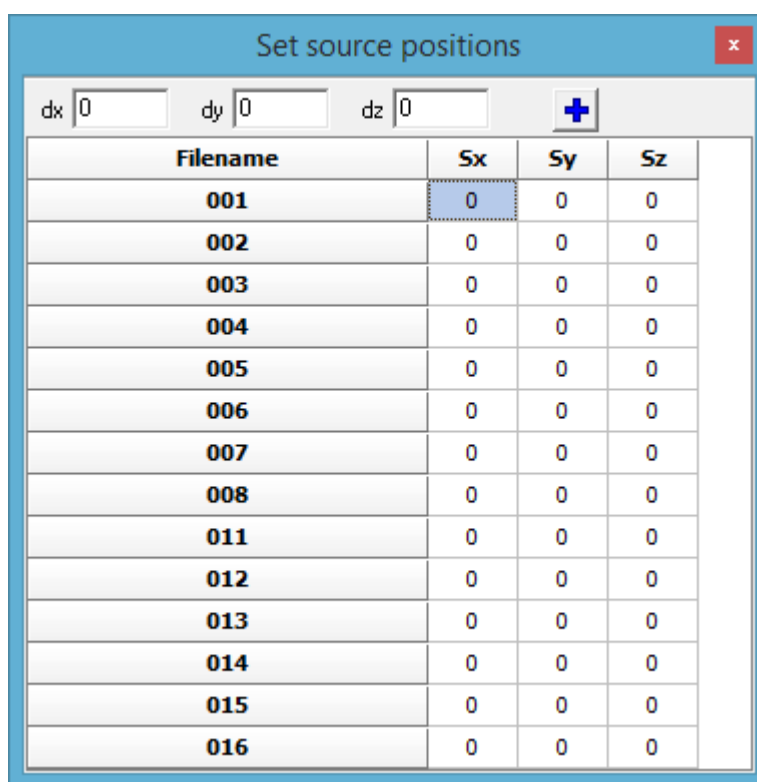
Introducción de la geometría de observación

En caso de que la geometría de observación no haya sido introducida durante la grabación de los archivos SEG-Y(SEG2), estos datos pueden ingresarse mediante las opciones del programa. En la sección Opciones de la sección multipestaña también se describen funciones que permiten asignar rápidamente la geometría de observación. Dado que para una misma posición de fuente pueden existir mediciones repetidas, resulta conveniente introducir primero las coordenadas de las

fuentes y luego ordenar las trazas según la posición de las fuentes. Esto permitirá evaluar los datos y eliminar, en caso necesario, los registros innecesarios.

El cuadro de diálogo Set source positions, que se invoca mediante la opción Tools/Edit source pos, permite introducir rápidamente las coordenadas de las fuentes para la lista de archivos (sismogramas) (Fig. 11).

En la fila superior de este cuadro de diálogo, en los campos dx, dy y dz se indica el incremento del índice en X, Y y Z. El botón  asigna las coordenadas al siguiente archivo como S_x+dx , S_y+dy y en Z como S_z+dz . Para rellenar rápidamente las columnas S_x , S_y y S_z en acumulaciones con la misma posición de fuente, es necesario colocar el cursor sobre S_x del último archivo y, manteniendo presionada la tecla [SHIFT], hacer clic en S_x del primer archivo correspondiente a la posición de fuente actual.



Filename	Sx	Sy	Sz
001	0	0	0
002	0	0	0
003	0	0	0
004	0	0	0
005	0	0	0
006	0	0	0
007	0	0	0
008	0	0	0
011	0	0	0
012	0	0	0
013	0	0	0
014	0	0	0
015	0	0	0
016	0	0	0

Fig. 11 Cuadro de diálogo Set source positions

Las coordenadas de las fuentes y los receptores también pueden introducirse en las columnas R_x , R_y , R_z y S_x , S_y , S_z de la pestaña Table de la sección multipestaña. Con la opción Apply to next shots activada, las coordenadas de los receptores se copiarán a todos los sismogramas siguientes.

Cuadro de diálogo de configuración de tendidos (ordenación de sismogramas)

El cuadro de diálogo (menú Settings / Survey indexing) constituye una herramienta para la correcta ordenación de los sismogramas y un picado más cómodo. Es sabido que la velocidad y la comodidad del picado en el caso areal dependen en gran medida de cómo estén ordenadas las trazas. Este cuadro de diálogo permite ordenar todos los sismogramas de forma arbitraria, definida por el usuario.

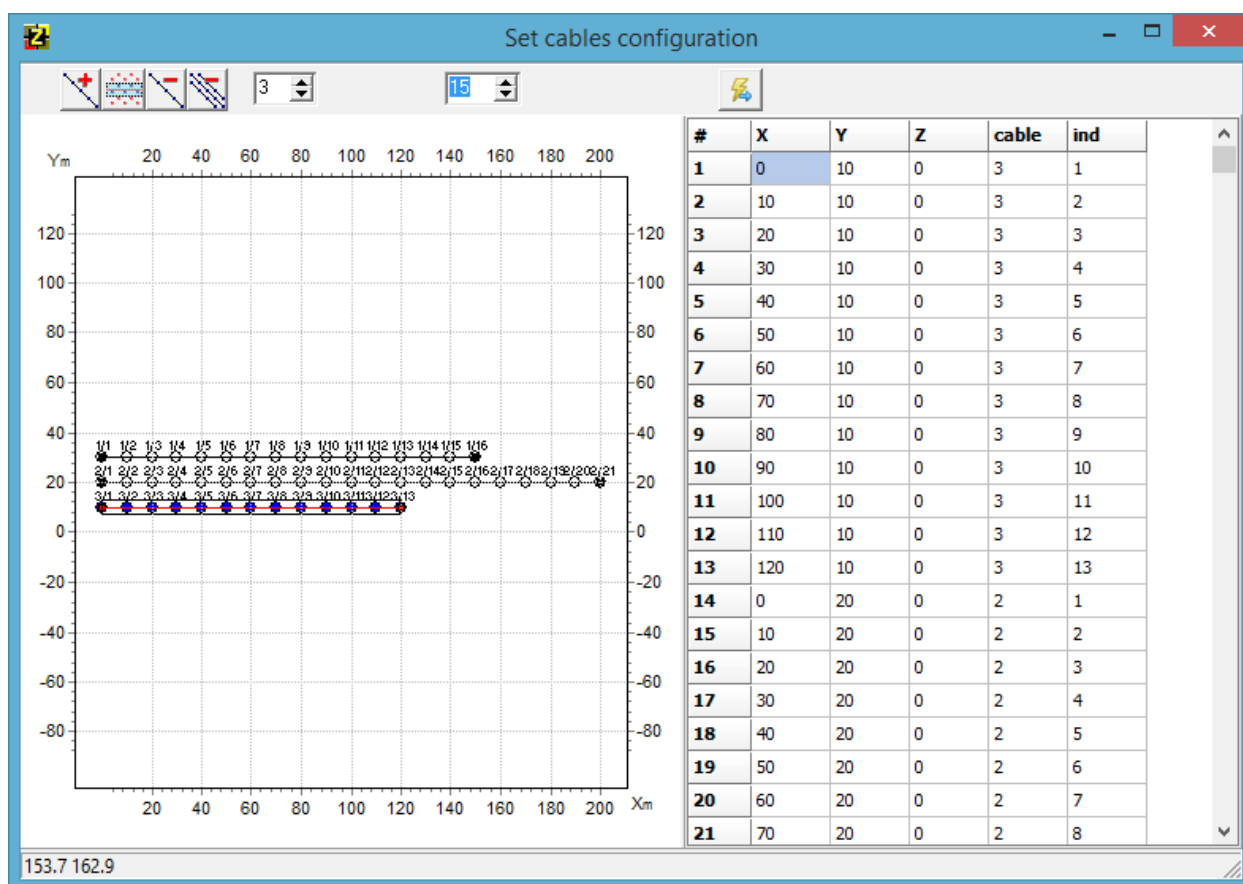


Fig. 12 Ventana de configuración de tendidos

En el gráfico de la izquierda se muestran todas las posiciones de los receptores de los tendidos en el plano seleccionado (XY, XZ, YZ). El plano de visualización se selecciona en la lista desplegable de la barra de herramientas superior, que aparece en el caso de un sistema de medición entre pozos.

Los tendidos se seleccionan de forma secuencial, en el orden en que se necesita ordenar las trazas.

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

	Añadir línea de cable. Con el botón izquierdo del ratón se definen los puntos de la línea del cable; con el botón derecho se establece el último punto
--	--

	Incluir automáticamente en el cable aquellos receptores que se encuentren dentro del área rectangular alrededor de la línea definida.
	Eliminar el cable actual.
	Eliminar todos los cables.
	Establecer el número del cable activo.
	Establecer el tamaño del área de selección automática de receptores
	Confirmar y volver al modo de picado

En la parte izquierda de la ventana se muestran las coordenadas de los receptores y sus nuevos índices, que se utilizarán al visualizar los sismogramas.

Modos de visualización del sismograma

Dependiendo del tipo de datos, puede resultar conveniente utilizar la orientación vertical u horizontal del sismograma. La opción Settings/Change orientation permite rotar el sismograma 90° (fig. 13).

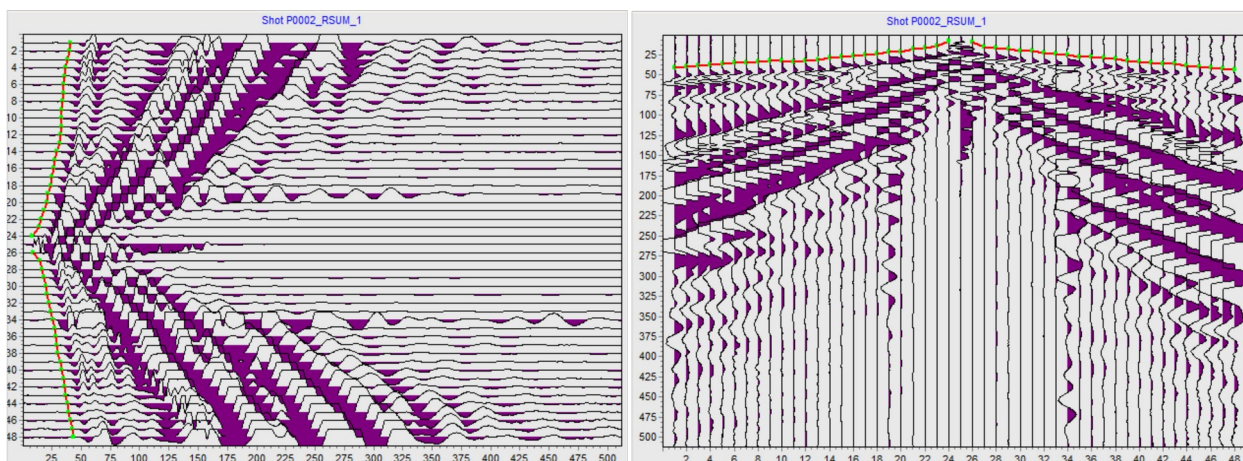


Fig. 13 Orientación horizontal y vertical del sismograma

Mostrar el fondo que representa el sismograma en forma interpolada, posiblemente utilizando , y a continuación pulsando el botón , o mediante la función del menú Settings/Show background (Fig.14). La paleta de colores se puede configurar llamando al diálogo Color palette mediante la función del menú Settings/Background settings (fig.15, botón  en el diálogo de configuración de lectura de archivo).

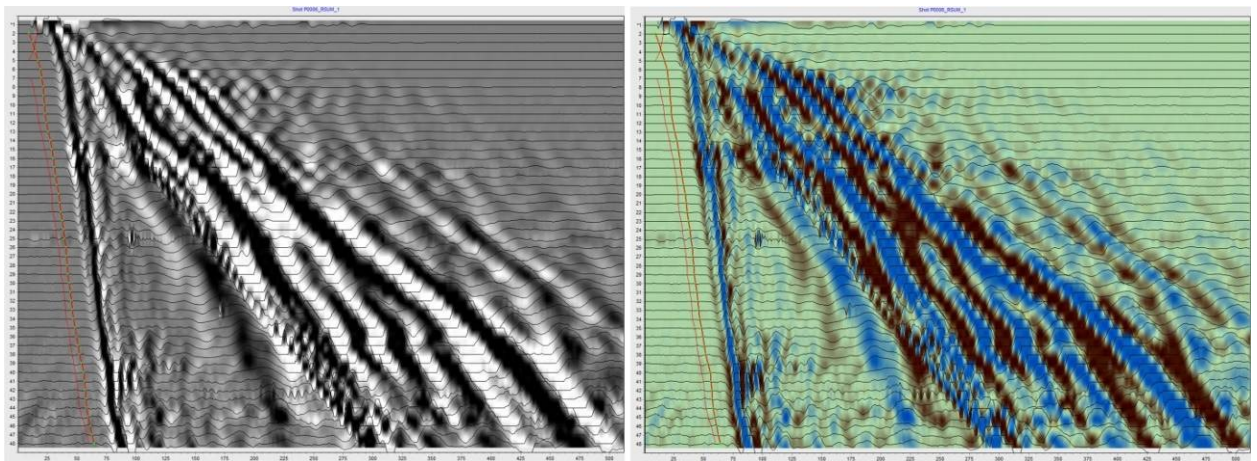


Fig. 14 Variantes de visualización del sismograma en forma interpolada.

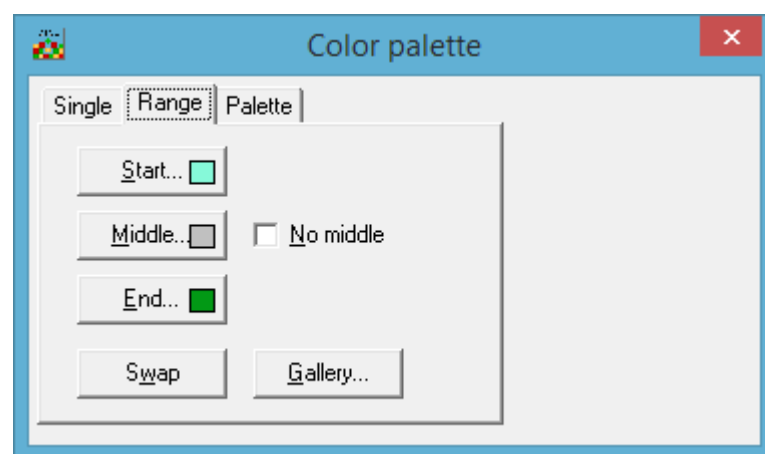


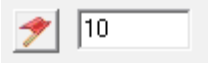
Fig. 15 Diálogo Color palette.

Opciones principales del módulo de picado de sismogramas

Los sismogramas se pueden ordenar por posiciones de la fuente - Options/Sort shots.

La modificación del coeficiente de ganancia de una traza individual se realiza con la rueda del ratón al situar el cursor sobre ella, o en la pestaña Table de la sección multipestaña.

La depuración y suma de sismogramas se realiza trabajando con la pestaña Operations de la sección multipestaña.

La corrección del valor del tiempo de disparo es posible en la pestaña Hodographs de la sección multipestaña mediante el campo . Las opciones establecen el valor del tiempo de disparo (número positivo en ms o muestras) para el sismograma actual o para todos los sismogramas (al pulsar el botón con la casilla de verificación). El eje de tiempos/muestras se desplaza de modo que al tiempo de disparo le corresponda el cero del eje. En este caso pueden aparecer valores negativos en el eje.

La selección de las primeras llegadas se realiza en el modo Picking mode  con el botón izquierdo del ratón. Al pulsar el botón derecho del ratón se desactiva el valor seleccionado en la

curva tiempo-distancia. La curva tiempo-distancia observada se muestra por defecto en color rojo; la calculada (si se regresa al proceso de edición de curvas tiempo-distancia después de la inversión Trace editor ) – en azul.

El programa permite mostrar los tiempos recíprocos de las primeras llegadas (en forma de círculos) durante el picado de los sismogramas. Para ello debe estar activada la opción reciprocity en la configuración de las curvas tiempo-distancia.

La navegación a las trazas recíprocas del sismograma se realiza pulsando la combinación [CTRL]+[ALT]+clic del botón izquierdo del ratón sobre la traza deseada.

La acción de deshacer (picado, introducción de coordenadas) se realiza con la combinación de teclas [CTRL]+[Z].

La creación del sistema de observación y la transición al módulo de inversión de datos se realiza mediante el botón  en la barra de tareas. Si únicamente es necesario actualizar los valores de picado en un proyecto de inversión existente, se utiliza el botón .

Opciones de la sección multipestaña

La sección multipestaña para la configuración y visualización de los parámetros del sistema de observación contiene las siguientes secciones:

Pestaña  **Table** contiene una tabla con las coordenadas de los receptores, los coeficientes de ganancia y otros ajustes de las trazas del sismograma activo (fig.16).

Table Array Hodographs Operations							
Sx 0 Sy 0 Sz 0 🔒 ✓ Apply to next shots							
N	V	Rx	Ry	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	✓	0	10	0	1		*
2	✓	10	10	0	1		*
3	✓	20	10	0	1		*
4	✓	30	10	0	1		*
5	✓	40	10	0	1		*
6	✓	50	10	0	1		*
7	✓	60	10	0	1		*
8	✓	70	10	0	1		*
9	✓	80	10	0	1		*
10	✓	90	10	0	1		*
11	✓	100	10	0	1		*
12	✓	110	10	0	1		*
13	✓	120	10	0	1		*
14	✓	130	20	0	1		*
15	✓	140	20	0	1		*
16	✓	150	20	0	1		*
17	✓	160	20	0	1		*
18	✓	170	20	0	1		*
19	✓	180	20	0	1		*
20	✓	190	20	0	1		*
21	✓	200	20	0	1		*
22	✓	210	20	0	1		*
23	✓	220	20	0	1		*
24	✓	230	20	0	1		*
25	✓	240	20	0	1		*
26	✓	250	20	0	1		*
27	✓	260	20	0	1		*
28	✓	270	20	0	1		*
29	✓	280	20	0	1		*

Fig. 16 **Pestaña Table**

Las opciones Sx, Sy y Sz establecen las coordenadas horizontales y la coordenada vertical (dependiendo del tipo de levantamiento, la coordenada vertical puede definir la topografía (signo positivo) o la profundidad de inmersión (signo negativo)) de la fuente para el sismograma activo.

Estas mismas coordenadas se definen mediante el diálogo Set source positions o en los campos de entrada correspondientes.

Al hacer clic con el botón derecho del ratón se puede establecer el incremento de coordenadas para todos los sismogramas siguientes.

El campo de entrada inferior está destinado a la introducción de comentarios para el sismograma actual.

La opción Apply to next shots está destinada a activar el modo de edición general (continua) de los parámetros de trazas para todos los sismogramas. Los parámetros comunes son las coordenadas de los receptores, los coeficientes de ganancia y el indicador de canal inoperativo.

La columna de la tabla V – activar/desactivar la traza. Al hacer clic con el botón izquierdo en el encabezado de la columna se activan todas las trazas; con el botón derecho se desactivan.

La columna de la tabla Rx – establece la coordenada horizontal X del receptor. Al hacer clic con el botón derecho del ratón en una celda de la tabla se puede establecer el incremento de coordenada para todas las celdas siguientes.

La columna de la tabla Ry – establece la coordenada horizontal Y del receptor. Al hacer clic con el botón derecho del ratón en una celda de la tabla se puede establecer el incremento de coordenada para todas las celdas siguientes.

La columna de la tabla Rz – establece la coordenada Z del receptor (en el caso de observaciones en pozo, la profundidad (signo -)). Al hacer clic con el botón derecho del ratón en una celda de la tabla se puede establecer el incremento de coordenada para todas las celdas siguientes.

La columna de la tabla Gain – establece el coeficiente de ganancia de la traza. En caso de polaridad incorrecta del registro, se debe introducir el coeficiente de ganancia con signo menos. Al hacer clic con el botón izquierdo en el encabezado de la columna se aumentan, y con el botón derecho se disminuyen (en valor absoluto) todos los coeficientes de ganancia del sismograma. Al hacer clic con el botón derecho del ratón en una celda de la tabla se puede establecer el valor de ganancia para todas las celdas siguientes. En el modo Apply to next shots las ganancias se establecen para todos los sismogramas siguientes.

La columna de la tabla Dead – indicador de canal defectuoso. Esta traza no será objeto de picado.

La columna de la tabla t,ms – establece el valor del tiempo de la primera llegada de la traza (en milisegundos o muestras).

Pestaña  **Array contiene un gráfico con el esquema de observaciones (Fig. 17).**



Fig. 17 **Pestaña Array**

El punto de excitación actual del sismograma activo se muestra en color rojo. Para la correcta visualización del esquema de observaciones se deben introducir las coordenadas de los receptores y las fuentes. La combinación de teclas [CTRL]+clic con el botón izquierdo del ratón sobre la posición del punto de excitación realizará la transición al sismograma correspondiente.

Pestaña  Hodographs está destinada a la visualización y edición de las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) de todos los sismogramas. Durante el proceso de picado, en esta pestaña aparecen los gráficos de las curvas tiempo-distancia. Al hacer clic en un gráfico se selecciona el sismograma correspondiente (Fig. 18).

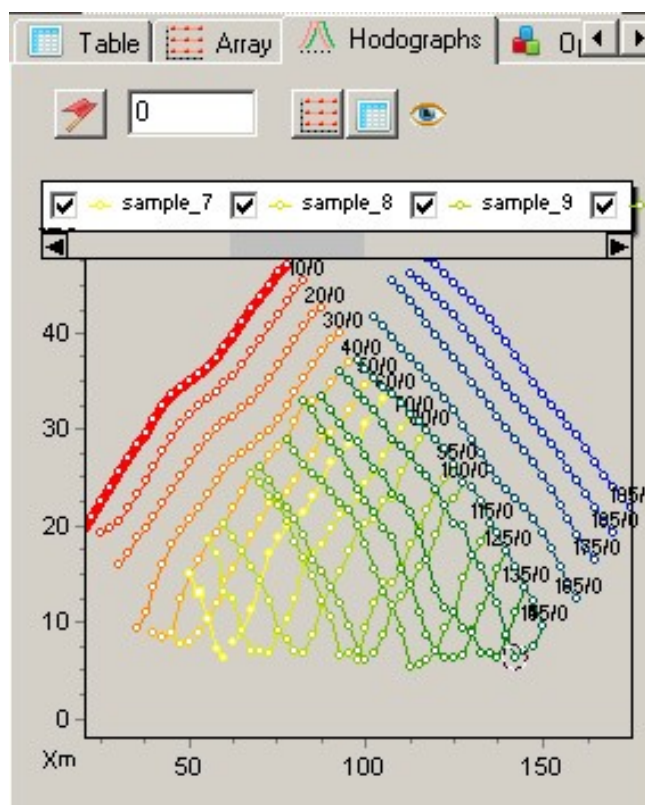
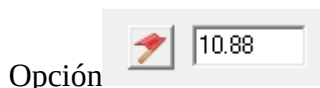


Fig. 18 Pestaña Hodographs

La edición de los valores medidos se realiza arrastrando el punto del gráfico con el botón izquierdo del ratón presionado. Toda la curva tiempo-distancia se desplaza con [SHIFT] presionado; con [CTRL] presionado se realiza la selección del tiempo de disparo.

Para mostrar solo un gráfico, se debe hacer clic con el botón izquierdo del ratón en la leyenda manteniendo presionada la tecla [SHIFT]. Al hacer clic de nuevo se realiza la operación inversa. Para desplazarse por los gráficos se utiliza la rueda del ratón. Para ello es necesario seleccionar varios gráficos adyacentes (en la leyenda) y girar la rueda del ratón, colocando el cursor sobre la leyenda. Los índices de los gráficos activos cambiarán.



Opción - establece el valor del tiempo de disparo, seleccionado en la ventana de entrada, para el sismograma actual. Al pulsar el botón con la casilla de verificación, el valor seleccionado se copiará a todos los demás sismogramas. El eje de tiempos/muestras se desplaza de manera que el cero del eje corresponda al tiempo de disparo.

Los botones  y  permiten mostrar en ventanas separadas las pestañas Table y Array, lo que facilita considerablemente el trabajo con los datos, permitiendo ver la información completa sobre el sismograma en procesamiento.

El botón  abre un menú emergente de selección del tipo de curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) a mostrar. Se puede elegir el tiempo de llegada de las ondas, las velocidades aparentes o las amplitudes.

Pestaña  Operations está destinada a la visualización conjunta de dos sismogramas (Fig.19). Esto resulta útil para la comparación, la suma de sismogramas y el análisis de trazas recíprocas. El segundo sismograma se muestra con una línea sin relleno y se representa de acuerdo con la escala del primero. Al visualizar dos sismogramas simultáneamente, se deben especificar las coordenadas de los receptores y las fuentes.

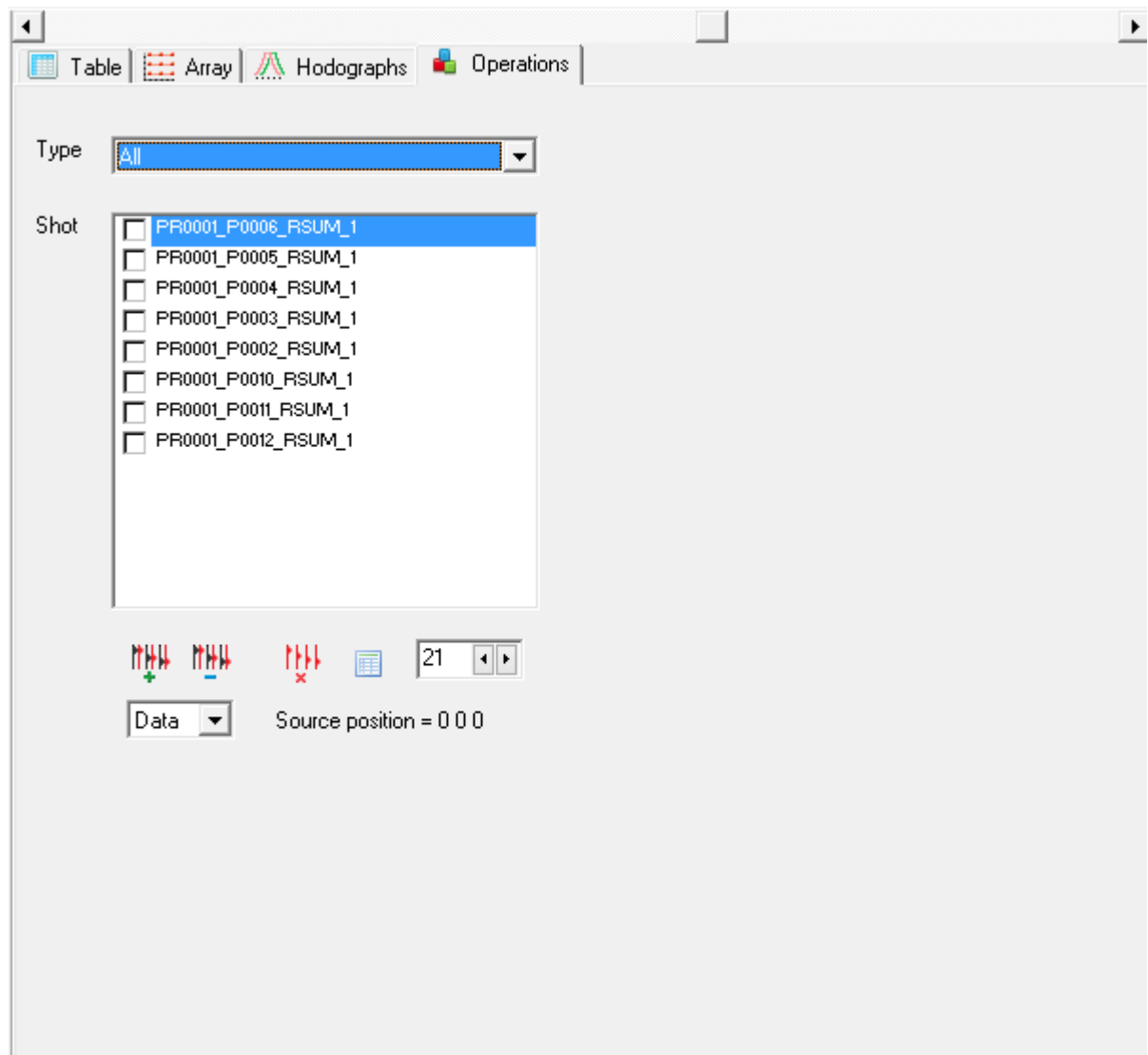


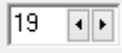
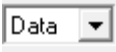
Fig. 19 **Pestaña Operations**

La opción Type establece el tipo de visualización de dos sismogramas. El valor One – mostrar un solo sismograma. Source – como segundo sismograma se utiliza uno de los sismogramas correspondientes a la posición actual de la fuente (repeticiones, acumulaciones). Todos los sismogramas de la fuente activa se muestran en el campo de lista inferior, donde se pueden seleccionar. All – como segundo sismograma se utiliza cualquier sismograma del proyecto. Todos los sismogramas del proyecto se muestran en el campo de lista inferior, donde se pueden seleccionar. Reciprocity – mostrar el sismograma recíproco (es obligatorio introducir las coordenadas de las fuentes y los receptores).

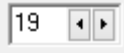
Operaciones con sismogramas

Por lo general, el resultado de los trabajos de prospección sísmica es un conjunto de archivos en formato Seg-Y o Seg2. Estos archivos representan datos "crudos" que es necesario preparar previamente. Después de cargar los datos en el proyecto, se deben introducir la geometría del sistema de observación para cada sismograma (si la geometría no está incluida en los archivos). Esto se puede hacer fácilmente directamente en la tabla de la ventana de picado (para el tendido) y utilizando la opción Edit source pos (para los puntos de excitación) (submenú Tools del menú principal del programa).

Normalmente, en un punto de excitación se obtienen varios sismogramas (repeticiones, acumulaciones, golpes izquierdos y derechos). Sin embargo, para la interpretación solo se necesita uno, que se obtiene ya sea como resultado de la suma de los demás o seleccionando el mejor de los obtenidos en dicho punto. Al trabajar con ondas S mediante la técnica de golpes izquierdos y derechos, es necesario restar un sismograma de otro. Para resolver todas estas tareas se utiliza la pestaña Operations. Esta permite visualizar conjuntamente 2 sismogramas y realizar operaciones con ellos.

Para las operaciones con sismogramas obtenidos en un mismo punto de excitación se utiliza la opción Source. En este modo, sobre el sismograma activo se superpone otro, seleccionado de la lista Shot. La operación (suma/resta) siempre se realiza sobre el sismograma actual y el seleccionado de la lista. Es decir, para realizar la operación de suma es necesario seleccionar el sismograma en la lista, establecer el desplazamiento en la opción  si es necesario y pulsar el botón . El botón  se utiliza para restar un sismograma de otro, por ejemplo, en la técnica de golpes izquierdos y derechos. La opción  está destinada a la vista previa (antes de ejecutar la acción) de los resultados de la suma (Sum) y la resta (Sub). En este caso, en lugar de los datos originales del sismograma seleccionado, se mostrará el resultado de la operación para el desplazamiento establecido. Para eliminar sismogramas innecesarios se utiliza el botón . Después de realizar todas las operaciones necesarias en el punto de excitación, se pueden eliminar todos los sismogramas excepto el activo.

El botón  se utiliza para calcular los coeficientes de correlación entre el sismograma activo y los sismogramas de la lista. Esto simplifica considerablemente la selección de sismogramas que se sumarán. El coeficiente de correlación se muestra a la derecha del nombre del sismograma en la lista.

La opción  establece el desplazamiento (en muestras) del sismograma de la lista respecto al activo, que se utilizará al ejecutar la operación. Al modificar este parámetro, el segundo sismograma se desplazará gráficamente.

El modo Reciprocity permite mostrar sobre el sismograma activo un sismograma construido a partir de trazas recíprocas. Esto permite evaluar la calidad de los datos de campo, detectar errores en la determinación de los tiempos de inicio de registro, así como controlar la corrección del picado.

Picado de primeras llegadas

El picado de los tiempos de primeras llegadas en el programa ZondST3D se realiza en modos interactivo y semiautomático. Dado que es imposible automatizar completamente el picado de primeras llegadas para datos reales de campo de sismica de ingeniería, el programa implementa un sistema de control que permite simplificar y acelerar al máximo este proceso.

Antes de comenzar la identificación de las primeras llegadas se debe pasar al modo de picado pulsando el botón . A continuación se seleccionan los valores directamente sobre el sismograma. Para añadir/corregir un valor se utiliza el botón izquierdo del ratón. Para definir una secuencia de puntos se utiliza el modo multipicking  (con un clic del ratón se establece el punto inicial y luego el punto final del trazado; los valores intermedios se determinan según un algoritmo específico seleccionado por el usuario). Para eliminar un punto de la curva tiempo-distancia se utiliza el botón derecho del ratón.

Dependiendo de la preferencia del procesador, el programa ofrece la posibilidad de elegir el método de corrección de las posiciones de los tiempos de primeras llegadas: por el frente, máximos, mínimos y máximo de correlación. El modo de picado automático es recomendable utilizarlo solo para datos de buena calidad. Para activar el modo de corrección de primeras llegadas se utiliza el botón . Al pulsar el botón derecho del ratón aparece un menú emergente para seleccionar el método de corrección. Están disponibles las siguientes opciones: to null – ajuste al cero, to extremum – ajuste a cualquier extremo, to minimum – ajuste al punto de mínimo, to maximum – ajuste al punto de máximo, Correlate – corrige la posición de las primeras llegadas de manera que los puntos en trazas adyacentes se correlacionen entre sí, Move to reciprocity point – se utilizan los valores de los puntos recíprocos.

En la corrección automática, un parámetro importante es el radio o el ancho de la banda de búsqueda. El área de búsqueda se muestra como un círculo alrededor del cursor (al picar un punto individual) o como una banda al picar un grupo de valores. El ancho/radio del área de búsqueda se regula con la rueda del ratón manteniendo pulsada la tecla [CTRL]. En el picado semiautomático,

la selección de las primeras llegadas se realiza dentro del área de búsqueda. En el modo de máximo de correlación, el programa determina también los puntos en trazas adyacentes en función de este criterio y hasta la pérdida de correlación. Al picar un grupo de valores, dentro de la banda de búsqueda se mostrarán con pequeños círculos los puntos preliminares donde se ubicarán los valores de primeras llegadas tras el cierre.

La función adicional del menú principal de la ventana Hodographs/Autocorrect current está destinada a la corrección automática de los tiempos de primeras llegadas basada en la correlación de trazas adyacentes para una curva tiempo-distancia ya picada.

Al realizar el picado de las curvas tiempo-distancia, se debe prestar atención a los valores de tiempos recíprocos (círculos individuales en el sismograma). Estos sirven como una especie de criterio de corrección del picado (o de la correcta elección del tiempo de disparo). Para sistemas de observación densos (con gran cantidad de puntos de disparo en las posiciones de los receptores), el control por puntos recíprocos puede alcanzar el 50-60 por ciento. Esto permite, por un lado, controlar la corrección del picado y, por otro, corregir automáticamente los errores en la determinación de los tiempos de inicio de registro (opción Correct Start times). Si entre los puntos recíprocos existe un gran error de ajuste, se debe averiguar la causa y con qué está relacionado. De este modo, el proceso de picado se presenta de la siguiente manera:

1. Realizamos el picado de los sismogramas individuales de forma interactiva o automática (dependiendo de la calidad de los datos).
2. Corregimos los valores a partir del análisis de los tiempos recíprocos de todo el grupo de curvas tiempo-distancia. Controlamos el error de picado con la opción Reciprocity error.
3. Corregimos los tiempos de inicio de registro automáticamente para todos los sismogramas (opción Correct Start times) o manualmente para cada uno.

Diálogo de filtrado de datos

El diálogo presenta una herramienta para el análisis de espectros y filtrado de sismogramas de campo. En la parte izquierda de la ventana se encuentra un gráfico que muestra el espectro calculado de la ventana de trabajo y la forma del filtro. La modificación de la forma del filtro se realiza con el botón derecho del ratón (hacia el punto de inflexión más cercano del filtro).

La tarea principal del filtrado de datos de campo es la extracción de señales útiles sobre el fondo de ruido. En el programa ZondST3D se utilizan dos tipos de filtrado, basados en la transformada de Fourier y la transformada Wavelet. El botón abre una ventana que permite realizar el filtrado del sismograma actual. En la parte superior de la pestaña Fourier transform se muestra el espectro del sismograma. Para calcular el espectro utilice el botón . Si está

seleccionada la opción All traces, se calculará el espectro promedio para todo el sismograma; en caso contrario, el espectro se calcula para la traza activa.

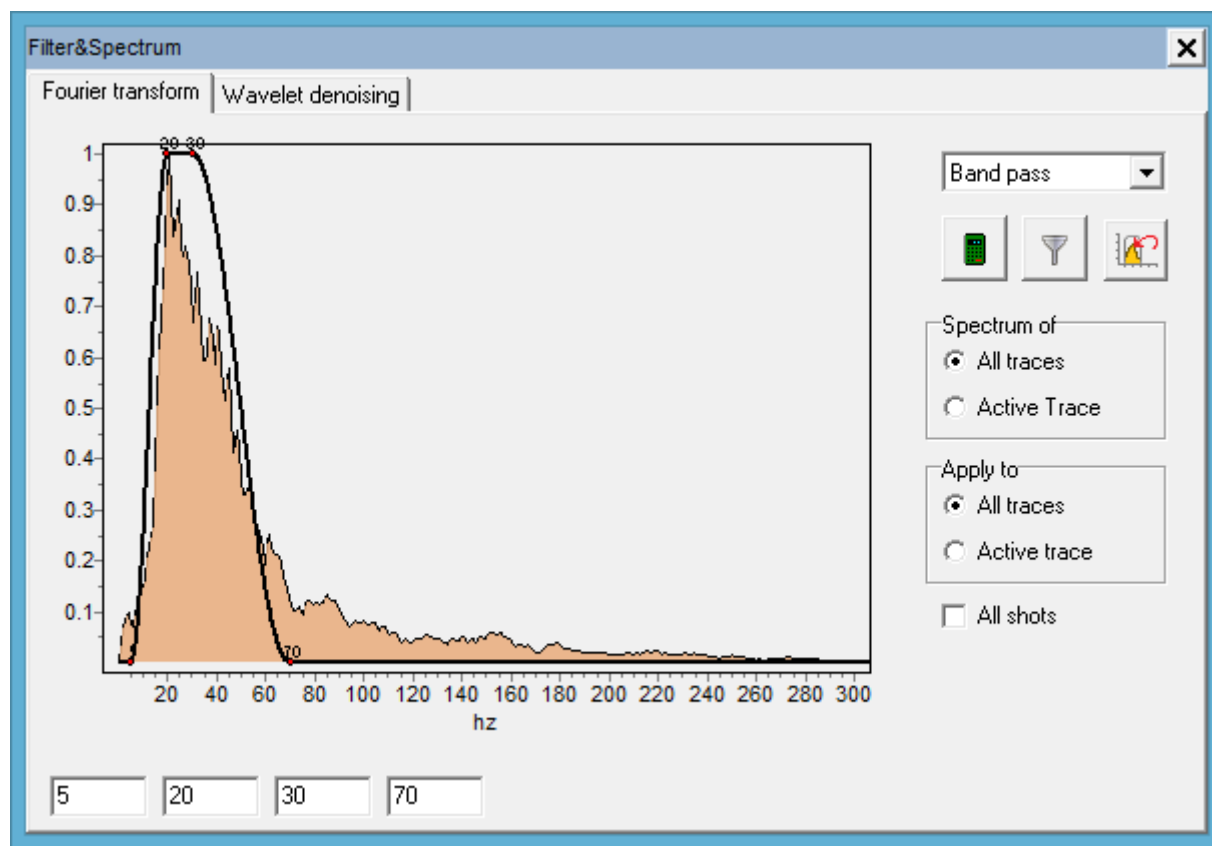


Fig. 20 Ventana de diálogo Filter&Spectrum. Pestaña Fourier transform

A continuación es necesario seleccionar el tipo de filtro (lista desplegable en la parte superior izquierda de la ventana). Puede ser un filtro pasabanda o un filtro de altas/bajas frecuencias. La configuración del filtro se realiza con el ratón (arrastrando los nodos del gráfico del filtro (línea negra sobre el gráfico del espectro)) o en los cuatro campos de entrada debajo de los gráficos.

Después de seleccionar los parámetros del filtro se puede realizar el filtrado (botón ). El resultado del filtrado se muestra inmediatamente en el área del sismograma, y también se recalcula el espectro. Para volver al sismograma original se utiliza el botón . El filtrado con los parámetros establecidos puede aplicarse a todos los sismogramas. Para ello debe estar seleccionada la opción All shots.

Al pasar a la pestaña Wavelet denoising se activa el algoritmo de filtrado wavelet para el procesamiento del sismograma. Las opciones para el control del filtrado wavelet son las mismas que para Fourier, con excepción de las siguientes:

Wavelet type – determina el tipo de wavelet.

Wavelet order – determina el orden del wavelet (la complejidad de su forma).

Decomposition level – determina la cantidad de detalles finos que permanecerán en la señal después del filtrado. Cuanto mayor sea este valor, más detalles de mayor escala serán filtrados.

Para construir el espectro de una parte determinada del sismograma, se debe seleccionarla en el modo , con la tecla CTRL presionada.

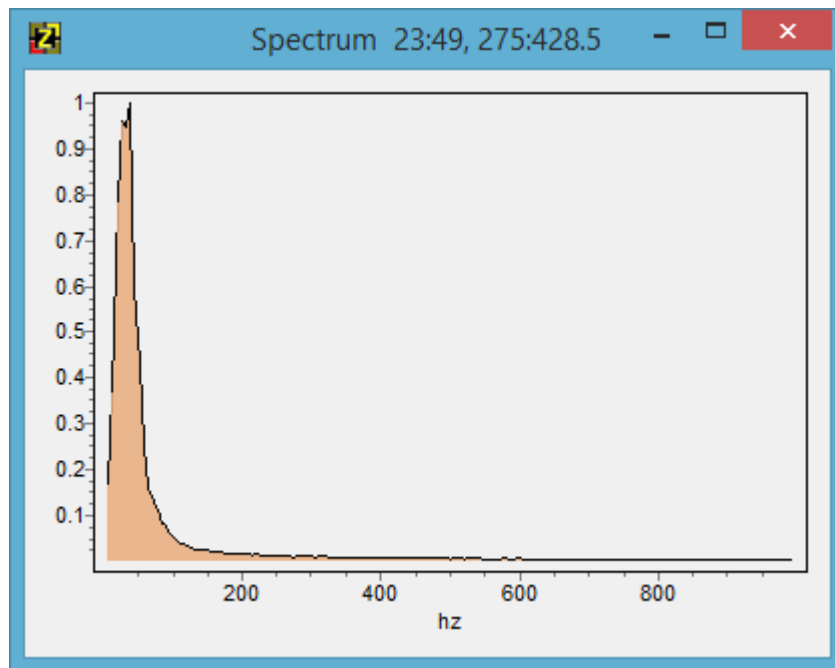


Fig. 21 **Espectro del área seleccionada del sismograma**

En la ventana que aparece se mostrará el espectro del área seleccionada. En el encabezado de la ventana se indica el rango de trazas y muestras del área.

Etapas principales de trabajo

El algoritmo de trabajo con un proyecto nuevo se puede dividir en las siguientes etapas:

1. Selección del tipo de levantamiento (Survey type).
2. Definición de la geometría de fuentes y receptores.
3. Apilado (sumado) de acumulaciones y eliminación de sismogramas innecesarios, si es necesario.
4. Ordenamiento de trazas en el sismograma (Cable configuration).
5. Filtrado y selección de coeficientes de ganancia, si es necesario.
6. Picado propiamente dicho de las primeras llegadas.

Módulo de inversión de datos de campo

Vista general de la ventana principal del programa

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

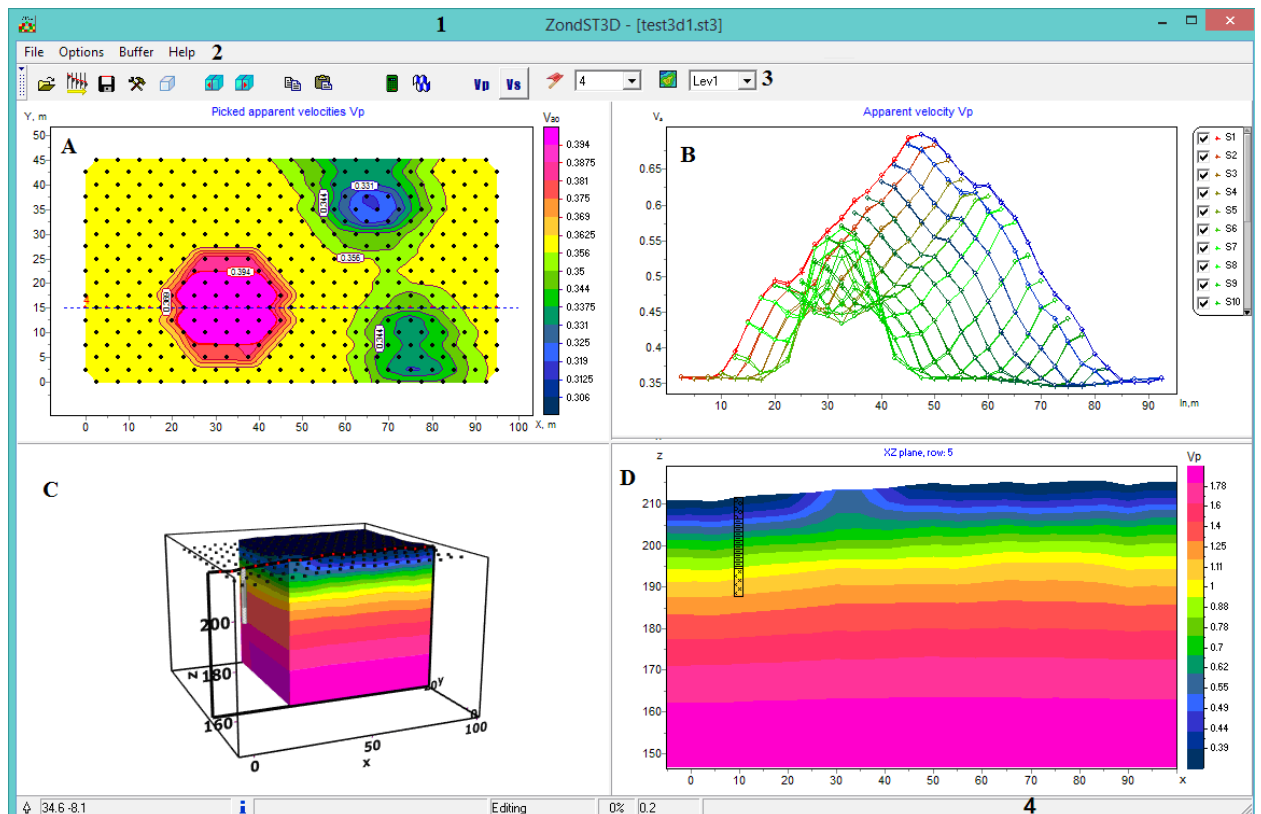


Fig. 22 Vista general del programa. 1 – título, 2 – menú principal, 3 - barra de acceso rápido, A – mapa de isolíneas, B – área de visualización de datos de perfil, C – área del modelo 3D, D – área del editor de modelo, 4 – barra de estado

El área de trabajo del programa ZondST3D está dividida en 4 secciones principales:

A - en la esquina superior izquierda se muestra el mapa de isolíneas. En esta área se pueden representar los valores observados y calculados. El mapa se construye para el offset seleccionado en la barra de acceso rápido, por ejemplo  Lev1 .

B – en la esquina superior derecha se presenta el área de visualización de datos de perfil.

El perfil activo se selecciona en la barra de acceso rápido, por ejemplo  4 .

En esta área se representan los gráficos observados y calculados.

C - en la esquina inferior izquierda se encuentra el área del modelo 3D.

D - en la esquina inferior derecha se muestra el área del editor de modelo en modo de corte (2D) según la sección seleccionada. El corte se selecciona en la barra de acceso rápido, utilizando los botones «   ». La dirección del corte se cambia mediante la opción de menú Options / Model / Plan.

Al hacer clic con el botón derecho del ratón en una parte determinada del área de trabajo aparece un menú con opciones de configuración. Los ajustes se describen en detalle en las secciones correspondientes del manual.

Para todos los objetos, excepto el modelo 3D, la ampliación de una zona particular o su desplazamiento se realiza manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón (herramienta – "rectángulo elástico"). Para seleccionar la zona que se desea ampliar, el cursor del ratón se desplaza hacia abajo y a la derecha con el botón izquierdo presionado (véase la figura siguiente, A). Para volver a la escala original se realizan las mismas acciones, pero moviendo el ratón hacia arriba y a la izquierda (véase la figura siguiente, B).

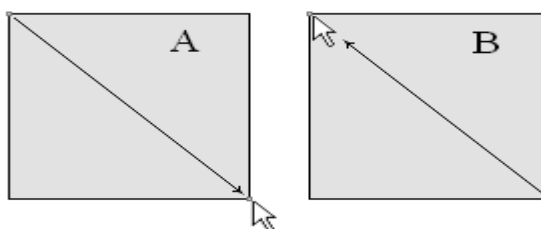


Fig. 23 Dirección del movimiento del ratón al cambiar la escala

Barra de herramientas de la ventana principal del programa

La barra de herramientas sirve para invocar rápidamente las funciones más utilizadas del programa. Contiene los siguientes botones funcionales (de izquierda a derecha):

	Abrir archivo de datos o de proyecto (es posible cargar varios archivos).
	Invocar el módulo de picado de primeras llegadas. Si se ha cargado un proyecto con sismogramas, es posible editar los valores de primeras llegadas de acuerdo con los valores de las curvas tiempo-distancia teóricas (obtenidas de la inversión). Para actualizar los valores de picado se utiliza el botón  al salir.
	Invocar el diálogo de guardado de datos.
	Invocar el diálogo de configuración de parámetros de inversión.

	Invocar el submenú para trabajar con el modelo tridimensional.
	Ir al corte anterior o siguiente del modelo.
	
	Copiar el corte actual del modelo al portapapeles.
	Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón, se cargará el modelo desde el portapapeles en el corte actual del modelo. Al hacer clic con el botón derecho del ratón aparecerá un menú de opciones de relleno del modelo: «Current» – pegar en el corte actual el modelo del portapapeles para el parámetro seleccionado. «Current&+» – pegar en el corte actual y en todos los cortes siguientes el modelo del portapapeles para el parámetro seleccionado. «Current&-» – pegar en el corte actual y en todos los cortes anteriores el modelo del portapapeles para el parámetro seleccionado. «All params» – aplicar el modo de pegado seleccionado para todos los parámetros del corte seleccionado.
	Ejecutar el procedimiento de cálculo del problema directo.
	Ejecutar el procedimiento de inversión o detenerlo (al pulsar de nuevo).
	
	Pasar al modo de interpretación de datos de ondas longitudinales.
	Pasar al modo de interpretación de datos de ondas transversales.
	Lista desplegable de selección del perfil actual para su visualización en la parte superior derecha de la ventana. Esta opción resulta muy conveniente si el levantamiento tridimensional está representado por un conjunto de perfiles 2D.
	Lista desplegable de selección del offset (distancia fuente-receptor) para la construcción del mapa de contornos de datos.

Submenú de trabajo con el modelo tridimensional

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

3D view settings	Invocar el diálogo de configuración de 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	Definir los parámetros del modelo inicial <i>Halfspace value</i> – asignar un nuevo valor del parámetro para el medio encajante. <i>Clear model</i> – borrar el modelo actual. <i>Clear limits</i> – eliminar los límites de variación de parámetros establecidos. <i>MinMax auto</i> – encontrar los límites de variación de parámetros automáticamente. <i>Smooth/raster model</i> – suavizar/discretizar el modelo. Al utilizar el procedimiento <i>rasterization</i>, en función del parámetro de contraste (<i>Degree</i>), se agrupan las celdas con parámetros similares. En el modo <i>Smoothing</i>, en función del factor de suavizado (<i>Degree</i>), se promedian los parámetros de las celdas del modelo.
Axes settings	Invocar el diálogo de configuración de parámetros del eje (X,Y,Z) del modelo tridimensional.
Show	Seleccionar los objetos a visualizar (para seleccionar, marque las casillas junto a los objetos necesarios): Cutting plane – mostrar la posición del corte en el modelo 3D; Survey points – mostrar las posiciones de los receptores; Boreholes – mostrar datos de perfilaje y litología; Background – mostrar el fondo 3D.
Synchronous cut	Cambiar la posición del corte en el modelo 3D de forma sincronizada con el cambio del plano 2D mediante los botones 
X:Y:Z 1:1:1	Establecer escalas iguales para los tres ejes.

Menú de funciones de la ventana principal del programa

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

File/ Create survey	Invocar el diálogo de creación de un sistema de medición sintético.
----------------------------	---

	Se puede seleccionar la geometría de los tendidos (cables) para la variante de superficie, entre pozos o su combinación. Este diálogo pone el programa en modo de modelado. Este modo puede ser útil para la planificación de trabajos geofísicos.
File/ Open file	Abrir archivo de datos o de proyecto (es posible cargar varios archivos).
File/ Import from text/excel	Importar datos desde un archivo de texto arbitrario (multicolumna) (o una tabla de Excel). El usuario debe indicar los nombres de las columnas en la primera fila de la tabla.
File/Save file	Invocar el diálogo de guardado de datos o del proyecto.
File/Reg file	Abrir el diálogo de trabajo con el archivo de registro (licencia) del programa.
File/Registration	Introducir los datos de registro (contraseña) del programa.
File/Edit file	Abrir el archivo de datos utilizado por el programa en el editor Notepad.
File/Print preview	Invocar el diálogo de impresión de la ventana principal del programa.
File/Recent	Archivos utilizados recientemente
File/Exit	Salir del programa
Options/ Mesh constructor	Invocar el constructor de la malla para el modelo. Contiene un conjunto de opciones para la creación automática de la malla y ajustes avanzados para usuarios experimentados. La correcta elección de los parámetros de la malla es una de las tareas fundamentales para el intérprete.
Options/Project information	Invocar el diálogo Project information: información sobre el proyecto (cliente, área, fechas, coordenadas, equipos, operadores), que se guarda en el archivo del proyecto. Disponible después de cargar los datos.
Options/Set survey line	Invocar el diálogo de definición de líneas de perfiles. Esta opción no afecta al resultado de la interpretación, pero resulta muy útil para la visualización de datos. Cuando el sistema de medición representa un conjunto de perfiles no relacionados entre sí, los perfiles se crean automáticamente. Si los perfiles no están definidos, los datos se muestran

	como una nube de puntos en la sección superior derecha de la ventana (unstructured).
Options/Program setup	Invocar el diálogo de configuración de parámetros de inversión.
Options/Inversion/Show progress	Mostrar durante la inversión la ventana RMS vs iteration con el gráfico de error de ajuste (misfit) por iteraciones.
Options/Inversion/Set apriori boundaries	Abrir el diálogo Set apriori boundaries para definir los límites a priori (polígonos) por capas de la malla.
Options/Inversion/Underwater options	Parámetros de la capa de agua para mediciones acuáticas: Velocity — velocidad en el agua; Invert — ajustar la velocidad del agua durante la inversión; Sublayers number — número de subcapas verticales en que se divide la capa de agua (tras el cambio la malla se reconstruye).
Options/ Data/Pseudosection	Representar los datos calculados y observados en forma de pseudosección.
Options/Data/Graphics plot	Representar los datos calculados y observados en forma de conjunto de gráficos.
Options/Data/3D pseudosection	Mostrar los datos en forma de pseudosección tridimensional en lugar del mapa de isolíneas. Al seleccionar de nuevo se regresa al mapa de isolíneas.
Options/Data/Observed data	Mostrar en el mapa de isolíneas los datos observados.
Options/Data/Calculated data	Mostrar en el mapa de isolíneas los datos calculados.
Options/Data/Data misfit	Mostrar en el mapa de isolíneas o en la pseudosección los valores de errores de ajuste (misfit).
Options/Data/Time arrivals	Representar los valores de las primeras llegadas.
Options/Data/Apparent velocities	Representar los valores de las velocidades aparentes.
Options/Data/xpos=(S+R)/2	Construir los gráficos en el punto medio entre la fuente y el receptor, y no en la posición del receptor.
Options/Data/Units	Seleccionar las unidades en las que se mostrarán las velocidades y las velocidades aparentes (km/s, m/s).
Options/Data/Error gates	Mostrar los intervalos de confianza en los gráficos. Se definen en Trace editor mediante el parámetro quality.
Options/Data/With start times	Mostrar teniendo en cuenta los tiempos de disparo obtenidos durante la inversión.
Options/Data/Show rays	Mostrar sobre el modelo los rayos sísmicos que unen las fuentes y los receptores en la sección tridimensional,

	calculados para el modelo actual. Previamente se debe calcular el problema directo.
Options/Model/Block-section	Representar el modelo en forma de bloques.
Options/Model/Smooth section	Representar el modelo en forma de contornos de isolíneas. Para mostrar el modelo con una paleta de interpolación suave es necesario activar la función «Continuous» en la pestaña «Colors». La pestaña «Colors» se encuentra en el cuadro de diálogo «Model setup» (véase la sección «diálogo de configuración de parámetros de visualización del modelo»).
Options / Model / 2D mode	Se utiliza cuando se dispone de datos de un solo perfil o se modela una sección bidimensional. En este caso las celdas en la dirección Y se fusionan.
Options/Model/Plane	Seleccionar la orientación del corte del modelo.
Options / Model / Plane /XZ	Seleccionar la orientación del corte del modelo XZ.
Options / Model / Plane/YZ	Seleccionar la orientación del corte del modelo YZ.
Options / Model / Plane/XY	Seleccionar la orientación del corte del modelo XY.
Options / Model / Plane / Autosize	Si la opción está activada, se realiza el escalado automático de los cortes por ejes.
Options/Model/Model histogram	Mostrar el gráfico de distribución de datos y parámetros de las celdas del modelo. El diálogo permite definir el mínimo y el máximo de la escala de color del parámetro.
Options/Model/Colorscale auto	Recalcular los límites de la escala de color del modelo después de cada iteración de inversión.
Options/Model/Copy colorscale	Copiar la paleta del modelo a las paletas del mapa de isolíneas y de las pseudosecciones de datos.
Options/Model/Set 1D model	Abrir el diálogo Start model and constraints: definir un modelo inicial unidimensional y los límites del parámetro en profundidad y aplicarlos a toda la malla 3D.
Options/Model/Parameter	<i>Velocity – pasar al modo de trabajo con velocidades.</i> <i>Anisotropy - pasar al modo de trabajo con anisotropías de velocidades.</i> <i>Attenuation – pasar al modo de trabajo con el parámetro de atenuación de ondas. Al ejecutar el procedimiento de resolución del problema directo o inverso en el modo Attenuation, el procedimiento se aplica al parámetro de atenuación. En este caso, en lugar de las curvas tiempo-</i>

	<i>distancia (dromocrónicas) de primeras llegadas, en la sección superior de la ventana se muestran las amplitudes.</i>
Options/Model/PR factor display	Si se dispone de modelos VP y VS, permite mostrar el modelo de distribución del coeficiente de Poisson.
Options/Model/Cut by rays	Ocultar las celdas periféricas por las que no pasan rayos sísmicos.
Options/Model/Extra cells	Definir el número de capas adicionales de celdas (0–3) que se muestran alrededor de la zona cubierta por rayos cuando la opción Cut by rays está activada.
Options/Inversion/Smoothness	Este conjunto de opciones controla la suavidad y el operador de suavizado. Pueden influir significativamente en el resultado de la inversión. Se refieren al segundo término de la función objetivo $C^*(m-m_0)$. m_0 - start model - m_0 (modelo de referencia) es un modelo definido por el usuario (o resultado de una inversión). La tarea principal de la inversión en este caso es reducir el error de ajuste manteniendo la proximidad al modelo de referencia. El grado de proximidad se controla mediante el parámetro Smoothing factor. Funciona en el caso de inversión Occam y Focused. m_0 - median - m_0 (modelo de referencia) es la mediana del modelo en la iteración actual. La tarea principal de la inversión en este caso es reducir el error de ajuste manteniendo un modelo lo más suave posible. La suavidad se controla mediante el parámetro Smoothing factor. Funciona en el caso de inversión Occam y Focused. Es la mejor opción al utilizar focused inversion o inversión con límites a priori. m_0 – previous model - m_0 (modelo de referencia) es el modelo de la iteración anterior. La tarea principal de la inversión en este caso es obtener el mínimo error de ajuste con una convergencia estable. La velocidad de convergencia se controla mediante el parámetro Smoothing factor. Funciona en el caso de inversión Occam y Focused. Para Focused inversion a veces puede no proporcionar el resultado deseado (modelo constante por tramos). Diagonal filter - Suavizado diagonal durante la inversión.

	Utilice esta opción si en la sección están presentes estructuras inclinadas. Norm (L0, L1, L2) — norma del operador de suavizado: L2 produce una distribución suave, L1 y L0 preservan límites abruptos. Robust — norma robusta (resistente a valores atípicos) en el término de suavizado. Stabilizer — valor del estabilizador de la solución (0.01–1, por defecto 0.3), se transmite al módulo de cálculo.
Options/Inversion/Optimization	Configuración de parámetros de optimización. Están disponibles los siguientes: Line search - Búsqueda del parámetro de amortiguamiento óptimo en cada iteración (ralentiza el proceso de inversión aproximadamente 3-4 veces). En la mayoría de los casos esta opción permite alcanzar el mínimo error de ajuste en un número reducido de iteraciones, pero aumenta el tiempo de ejecución de cada iteración y puede provocar que la solución caiga 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 Dec factor (coeficiente de reducción). 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 siguiente dicho valor se divide por el coeficiente definido por el usuario. Smoothing factor puede seleccionarse automáticamente si se marca la opción junto al campo de entrada Smoothing factor (en la pestaña Model en Program setup). Lim based inv - Si se establecen límites generales de variación de parámetros demasiado estrechos, o límites individuales para algunas celdas, la inversión intentará llevar los parámetros fuera de los límites establecidos. Esto puede afectar significativamente la velocidad de convergencia. En tal caso, se debe activar esta variante de

	inversión, que por un lado reduce la contribución de las celdas que exceden los límites establecidos y, por otro, utiliza normas especiales de parámetros que dificultan dicha salida. Lcurve — selección del parámetro de regularización mediante la curva L (el flag se transmite al módulo de cálculo). Layered term — abrir el diálogo Extra layered term del término «estratificado» adicional (véase la sección «Ventanas y diálogos adicionales»). Dec factor — valores admisibles 1–3.
Options / Inversion / Cross-gradient	Conjunto de opciones para la inversión conjunta de datos Vp y Vs. Pushing factor - parámetro principal de la inversión conjunta que controla el grado de similitud de las imágenes (gradiente cruzado) de los modelos para los dos métodos. Normalmente se selecciona por ensayo y error en el rango 1–100 (con CC criteria activado: 0–3). Con un valor igual a cero, los modelos se ajustan de forma completamente independiente. Valores elevados del parámetro pueden causar un error de ajuste elevado en uno o ambos tipos de datos. <i>UP off-layers num (0–10) - Con mucha frecuencia la parte superior de la sección es muy heterogénea y diferente para los distintos métodos geofísicos. En estos casos conviene excluir varias capas del operador de gradiente cruzado. La parte superior quedará así libre para cambiar.</i> <i>CC criteria - Utilizar el criterio de correlación general de los dos modelos para la inversión conjunta. Los valores de pushing factor, en caso de seleccionar este algoritmo, deben estar en el rango 0–3.</i> <i>Joint inversion – activar el modo de inversión conjunta de Vp y Vs. Cabe señalar que la inversión conjunta requiere el doble de memoria operativa.</i>
Options/Inversion/Invert start times MAX-10	Activa el modo de ajuste automático del tiempo de disparo (correcciones temporales de las fuentes) durante la inversión. Al activarlo se solicita la corrección máxima en

	milisegundos (0.01–100). La opción debe activarse cuando los tiempos de disparo no están determinados con fiabilidad.
Options/Inversion/ Invert anisotropy	Inversión de velocidades con ajuste de anisotropía; se recomienda para mediciones entre pozos.
Options/Attenuation/Frequency	Este elemento de menú aparece en el modo attenuation. Establece la frecuencia de trabajo de la señal útil para el cálculo de amplitudes en el modo de atenuación.
Options/Attenuation/Max offset	Este elemento de menú aparece en el modo attenuation. Establece el offset máximo fuente–receptor; las amplitudes de las mediciones con un offset mayor no se tienen en cuenta durante la inversión.
Options/Import/Export/ Background 2D	Cargar un archivo gráfico de fondo para el corte 2D actual. Se pedirá al usuario que introduzca las coordenadas de las esquinas del fondo. <i>Remove current</i> - eliminar el fondo gráfico del corte 2D actual.
Options/Import/Export/ Background 3D	Cargar un archivo gráfico de fondo para el modelo 3D. El archivo gráfico se mostrará en el modelo 3D. Al cargarlo es necesario indicar las coordenadas de las esquinas del fondo en tres coordenadas (por defecto, las coordenadas corresponden a las posiciones de las esquinas del corte actual del modelo). Si se desea, se puede seleccionar un color del fondo que se volverá transparente. <i>Remove background</i> - eliminar el fondo gráfico del modelo 3D actual.
Options/Import/Export/ Background 3D/Load satellite map	Descargar de internet una imagen satelital o un mapa (el tipo se establece en Help / Map type) según las coordenadas del área y mostrarlo como fondo del modelo 3D. Se necesitan coordenadas geográficas o la zona UTM.
Options/Import/Export/Buld-in mod3d	Insertar un modelo desde un archivo en la malla actual. Están disponibles tres tipos de archivo: MOD3D model files — modelo en formato MOD3D, los valores se recalculan a las celdas de la malla actual; MOD3D mesh&mod files — cargar desde MOD3D tanto la malla como el modelo (la malla actual se reemplaza); XYZV

	model files — archivo de texto con cuatro columnas X, Y, Z, V (las líneas con menos números se omiten; se necesitan más de cinco puntos). El valor en cada celda se calcula a partir de los 12 puntos más cercanos con pesos inversamente proporcionales a la distancia; para parámetros logarítmicos se promedian los logaritmos. La opción resulta útil para cargar un modelo guardado previamente cuando el búfer está ocupado o los parámetros de la malla han cambiado.
Options/Import/Export/Export mod3D	Exportar el modelo 3D actual a un archivo en formato MOD3D.
Options/Import/Export/Build in mod2d's	Insertar en el modelo tridimensional actual uno o varios modelos bidimensionales MOD2D (selección de varios archivos), teniendo en cuenta sus coordenadas en planta. Los valores en las celdas se calculan de la misma forma que en Buld-in mod3d. La opción se utiliza para pasar de los resultados de la inversión 2D a un modelo 3D inicial.
Options/Import/Export/Export mod2D	Exportar el corte 2D actual del modelo a un archivo en formato MOD2D. Después de guardar, el modelo se puede abrir en el programa ZondST2D o cargar en otro corte para el modelo tridimensional.
Options/Import/Export/Save rotations	Guardar el modelo tridimensional como un conjunto de imágenes para diferentes ángulos de rotación.
Options/Import/Export/Save slides	Guardar el modelo tridimensional como un conjunto de imágenes para diferentes posiciones del plano de corte.
Options/Import/Export/Create video	Grabar un archivo de vídeo AVI con la imagen del modelo 3D (ventana Record video).
Options/Import/Export/Save 3D image	Guardar la imagen del modelo 3D en BMP con el tamaño especificado (Width, Height de 100 a 2000 píxeles).
Options/Import/Export/Export line to st(2d)	Exportar los datos calculados para el perfil actual al formato del programa de inversión bidimensional ZondST2D.
Options/Import/Export/Export ray's paths	Guardar las trayectorias de rayos calculadas en un archivo de texto: la primera línea es el encabezado X Y Z, luego para cada rayo una línea «ray N» y líneas con las coordenadas X, Y, Z de los puntos del rayo.
Options/Import/Export/Plot	Cargar y mostrar un modelo bidimensional MOD2D o un

MOD2D model	modelo de capas LAY para comparación (el modelo del proyecto no se modifica).
Options/Import/Export/ Output settings	Abrir el diálogo de configuración de los parámetros de la imagen gráfica para la exportación.
Options/Import/Export/Export to Paraview	Guardar la malla y el modelo en un archivo VTK para visualización en el programa ParaView.
Options / Import/Export / Draw to surfer	Construir el modelo tridimensional como un conjunto de cortes por profundidad, en el programa Surfer.
Options / Import/Export / Draw to voxler	Construir el modelo tridimensional en el programa Voxler. Antes de la construcción es necesario indicar la ruta al programa Scripiter.exe (esto se hace una sola vez).
Options/ Boreholes/ Load borehole data	Abrir un archivo con datos de diagrafía y columnas litológicas (crt), así como archivos en formato mod1d (archivos de interpretación unidimensional y pseudopozos).
Options/ Boreholes/ Create/Edit borehole data	Agregar (editar) datos de pozo (columnas litológicas o gráficos de diagrafía).
Options/ Boreholes/ Remove borehole data	Eliminar los datos de pozo cargados (columnas litológicas y gráficos de diagrafía) del proyecto.
Options/ Boreholes/ Set column's width	Establecer el ancho de la columna litológica en la representación sobre la sección (en porcentaje de la longitud del perfil).
Options/ Boreholes/ Edit positions	Editar la posición de los pozos y sus correspondientes columnas litológicas en planta.
Options/Extra/Remove data with big misfit	Eliminar datos con alto error de ajuste (misfit). Al seleccionar esta opción aparecerá un cuadro de diálogo donde es necesario establecer el valor umbral del error de ajuste.
Options/Extra/Graphs for cable pos	Construir gráficos según la posición del receptor en el tendido. La opción está disponible si en los datos están definidas las posiciones en el tendido.
Options/Extra/Copy calc to measured	Reemplazar los datos observados por los calculados para el modelo actual (por ejemplo, para preparar un test sintético).
Buffer / Model 1, 2....	El búfer permite almacenar hasta cuatro modelos 3D obtenidos por diferentes métodos. Se pueden visualizar en una ventana especial, lo que puede ser útil para comparar los resultados de inversión con diferentes configuraciones.

Buffer / Open	Mostrar la ventana con todos los modelos del búfer para el corte actual.
Buffer / Only current	Al cargar un modelo desde el búfer (botones Model 1 – Model 4) cargar únicamente el modelo del parámetro actual (Vp o Vs) según el modo de trabajo.
Help / Manual	Abrir las instrucciones.
Help / About	Mostrar información acerca del programa.
Help / Server	Seleccionar el servidor con el que el programa se comunica (comprobación de actualizaciones, noticias): zond-geo.com, zond-geo.co, kaminae.narod.ru.
Help / Check for updates	Comprobar la disponibilidad de actualizaciones.
Help / Restart library	Reiniciar las bibliotecas DLL. En caso de que el proceso de cálculo se detenga en cada inicio de la inversión, compruebe la configuración del antivirus. El antivirus puede bloquear la biblioteca DLL.
Help/Map type	Seleccionar el tipo de fondo cargado desde Internet para el modelo 3D (Import/Export / Background 3D / Load satellite map): Sat1, Sat2, Sat3 — imágenes satelitales de diferentes fuentes, Streets — mapa de calles, Topo — mapa topográfico.
Help / Show news	Mostrar noticias.
Help / Send message to us	Enviar un mensaje al desarrollador. Los mensajes se transmiten correctamente solo en caracteres latinos. Por lo tanto, se debe utilizar transliteración.
Help / License info	Mostrar información sobre la licencia (número y propietario de la llave).

Teclas de acceso rápido

Teclas de cursor / cursor en el editor de modelo	Cambio de la celda activa del modelo.
Delete / cursor en el editor de modelo	Limpiar la celda activa.
Insert / cursor en el editor de modelo	Asignar a la celda activa el valor actual.
F / cursor en el editor de modelo	Fijar el valor de la celda activa.
X/ cursor en el editor de modelo	Utilizar la herramienta magic wand para seleccionar un área.

V/ cursor en el editor de modelo	Eliminar la selección.
Arriba/abajo / cursor en la escala de color	Cambiar el valor actual.

Barra de estado

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

Coordenadas del cursor y de la celda activa.
Parámetros de la celda activa.
Modo de trabajo del editor de modelo.
Indicador de progreso.
Error de ajuste (misfit) relativo.
Información adicional. Por ejemplo, cantidad de mediciones y celdas del modelo, o estado del proceso durante la inversión

Creación y apertura del archivo de datos para inversión

Para comenzar la interpretación en el programa ZondST3D es necesario realizar el procesamiento de datos en el módulo de picado de primeras llegadas y pasar al modo de inversión



, o bien crear un archivo de datos en un formato determinado que contenga información sobre las coordenadas de los receptores sísmicos, la topografía y los valores de primeras llegadas. También es posible utilizar la opción del menú principal File/Import from text/ excel para importar datos desde un archivo de texto arbitrario o una tabla Excel.

Normalmente un archivo contiene los datos de un área de observación. Los archivos de datos en formato de texto organizados en el formato del programa ZondST3D tienen la extensión «*.ST3».

Para el correcto funcionamiento del programa, el archivo de datos no debe contener:

- símbolos no convencionales que separen registros en la línea (utilice los caracteres TAB o SPACE)
- valores absurdos de parámetros de medición (por ejemplo, valores negativos de tiempos de primeras llegadas)

Es deseable que la cantidad total de mediciones contenidas en un solo archivo no supere 100000 y que la cantidad de posiciones únicas de fuentes/receptores no supere 5000.

Todas las magnitudes geométricas deben estar en metros y los tiempos en milisegundos.

El programa ZondST3D permite cargar archivos de datos en formato de texto *.ST. Para ello, en el cuadro de diálogo «Abrir» se deben seleccionar varios de estos archivos. Después aparecerá el diálogo Multi-files case (véase la figura a continuación), en el cual es necesario seleccionar Collect from 2D.

Si se seleccionan varios archivos ST3, también se pueden combinar mediante este diálogo.

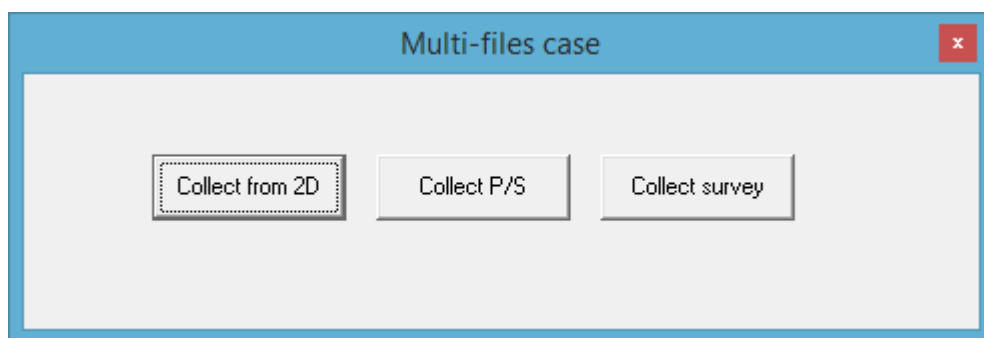


Fig. 24 **Diálogo de selección del tipo de datos a cargar**

El programa permite combinar datos en las siguientes variantes:

Collect from 2D – combina datos de varios perfiles 2D en un área. Si los datos 2D solo tienen la coordenada horizontal X, después de seleccionar esta opción aparecerá un diálogo de asignación de coordenadas para cada perfil. En él es necesario especificar las coordenadas de inicio y fin de cada perfil seleccionado:

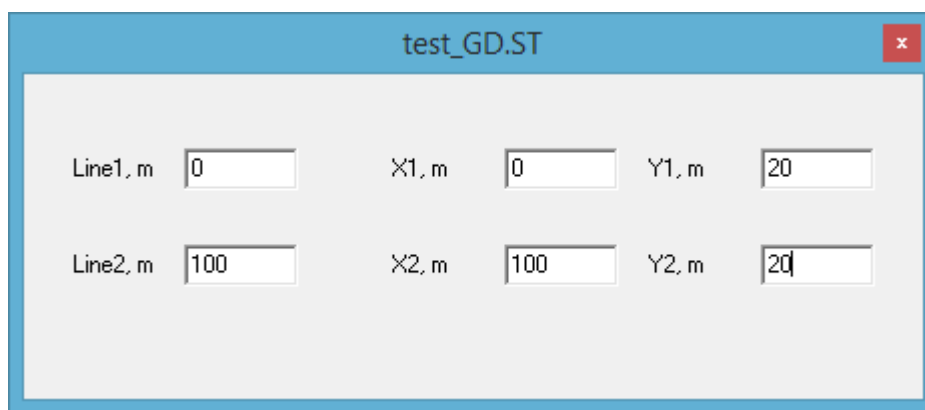


Fig. 25 **Diálogo de asignación de coordenadas para perfiles 2D.**

Collect P/S – esta opción debe utilizarse si los datos de picados P y S se encuentran en dos archivos st3 diferentes.

Collect survey – esta opción permite combinar en un solo proyecto datos en formato de texto *.st3 de varias zonas del área. Después de seleccionar esta opción, el programa solicitará especificar los desplazamientos XY en metros para cada archivo de datos seleccionado.

Al trabajar con datos de tomografía entre pozos, la coordenada vertical de las fuentes/receptores debe tener valores negativos desde la superficie.

El modo Collect P/S combina dos archivos st3: el primero contiene los picados de ondas P, el segundo — de ondas S. Para cada registro del segundo archivo se busca un registro en el primero con la misma geometría (coordenadas de fuente y receptor, coincidencia exacta). Si se encuentra el registro, se transfieren a él los tiempos, amplitudes y pesos del segundo archivo. Si no se encuentra, el registro se añade como una nueva medición. (En versiones anteriores, dicho registro sobrescribía erróneamente el último registro del primer archivo.) En este modo solo se combinan dos archivos.

Formato del archivo de datos principal

El programa utiliza un formato de datos universal que incluye información sobre las coordenadas de fuentes y receptores, marcas de elevaciones relativas del relieve y los propios valores de primeras llegadas y amplitudes.

Formato de datos del programa ZONDST3D data files (extensión *.ST3).

El archivo de datos puede dividirse condicionalmente en dos partes:

- datos observados
- datos de topografía (si los hay).

El archivo de datos puede dividirse condicionalmente en dos partes: 1) datos observados, 2) datos de topografía (si los hay).

Parte I del archivo de datos: Datos observados

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

En ZondST3D se utilizan las siguientes designaciones (claves) para las coordenadas de fuentes/receptores:

Fuentes Sx Sy Sz

Receptores Rx Ry Rz.

Las coordenadas Z de fuentes/receptores deben introducirse cuando sea necesario. Por ejemplo, al utilizar una fuente sumergida o en mediciones en áreas acuáticas. Al introducir las coordenadas Z de fuentes/receptores, debe tenerse en cuenta que los valores negativos significan profundización respecto a la superficie de medición. Las coordenadas positivas se utilizan para la variante acuática, cuando la fuente/receptor se encuentra en la superficie o en la capa de agua.

Índice del perfil en el que se realizó la medición Prof (se utiliza para la visualización separada de datos por diferentes perfiles 2D).

Para los valores medidos:

Pft – primeras llegadas de ondas longitudinales (ms).

Sft – primeras llegadas de ondas transversales (ms).

amplp – amplitudes de las primeras llegadas de ondas longitudinales.

ampls – amplitudes de las primeras llegadas de ondas transversales.

La segunda y las siguientes líneas contienen los datos propiamente dichos, correspondientes a cada medición, registrados en la misma secuencia que las claves de control de la primera línea.

A continuación se introduce la columna de nodos adicionales de la malla horizontal (si es necesario). La coordenada de cada nuevo nodo se introduce después del símbolo *** X Y Z. Los nodos adicionales de la malla se introducen generalmente para ampliar el área del modelo más allá de las fuentes/receptores extremos del sector, o en presencia de un relieve abrupto fuera del sector; también es conveniente introducir nodos adicionales para la tomografía entre pozos.

Parte II del archivo de datos: Datos de topografía

Si se dispone de datos de relieve, a continuación sigue una línea con la palabra topo, y luego una lista de coordenadas y elevaciones del relieve (X Y Z).

topow – esta clave se utiliza cuando se realiza la interpretación de datos obtenidos en trabajos en medios acuáticos (en la superficie del agua y en el fondo). En este caso, como coordenadas del relieve se utiliza el perfil del fondo o del fondo que pasa a tierra firme (si se emplean mediciones mixtas). Además, en la misma línea, separados por espacios, es necesario indicar el nivel del agua (respecto al perfil de coordenadas del fondo especificado más abajo, en el sistema de coordenadas en el que se define el relieve), la velocidad de las ondas en el agua y la cantidad de subdivisiones adicionales de la capa de agua (3-10). Los dos últimos parámetros pueden modificarse mediante el menú de funciones de la ventana principal del programa. Es posible definir sistemas combinados, cuando las mediciones se realizan en el fondo y en la superficie de la capa de agua. Para ello, las coordenadas verticales de las fuentes/receptores deben introducirse respecto al nivel del perfil del fondo.

topow* – en el caso acuático, esta clave simplifica la entrada de datos de topografía si el tendido (cable) se encuentra en la superficie del agua.

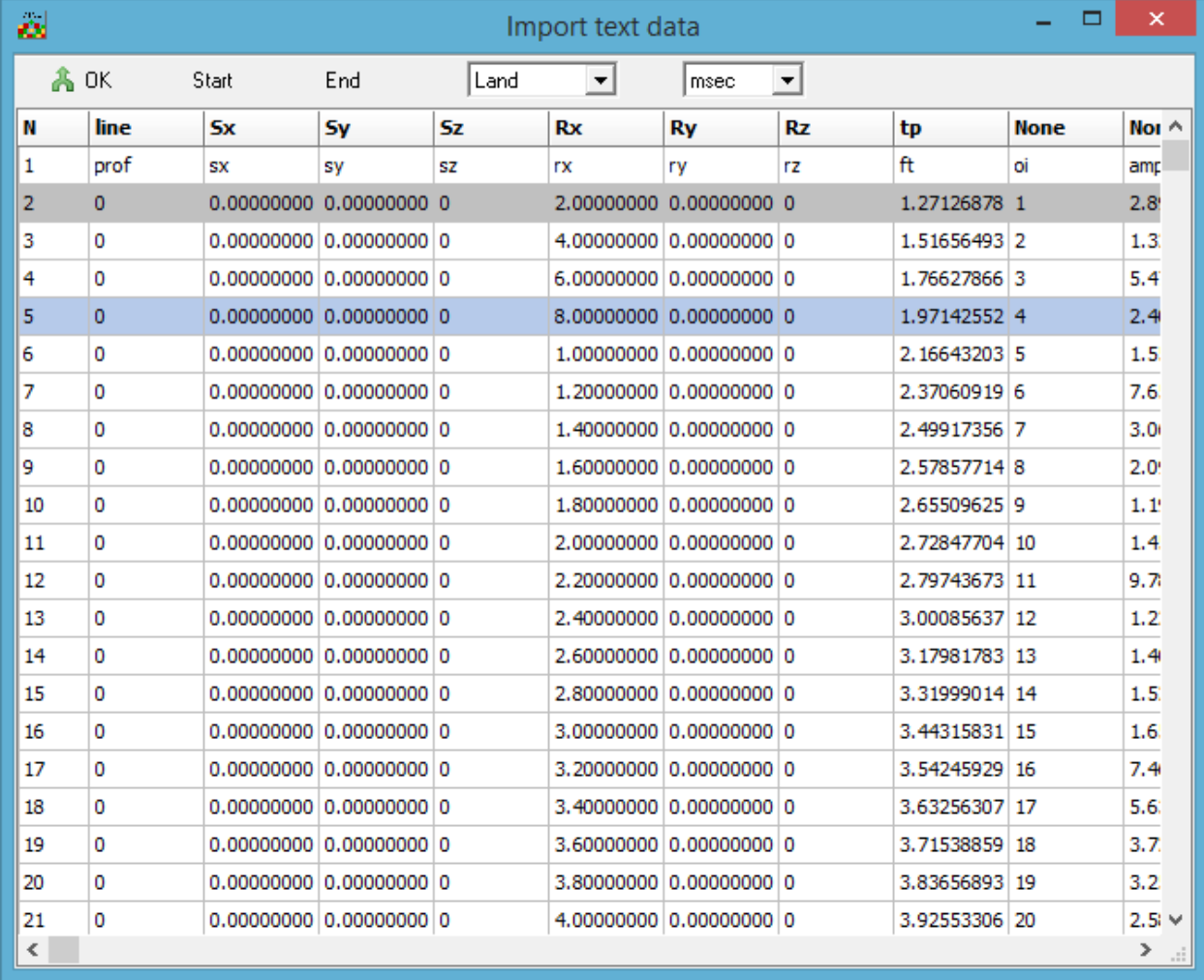
Importación de datos de campo desde un archivo de texto arbitrario o una tabla de Excel

Para cargar datos desde un archivo de texto tabular o un archivo de MS Excel, seleccione la función File/Import from text/excel.. Tras seleccionar el archivo, aparecerá el diálogo Export text data (Fig. 26). Los botones Start y End en el panel superior del cuadro de diálogo permiten establecer la línea de inicio y fin de los datos. Seleccione la línea necesaria y pulse el botón correspondiente. Las líneas de inicio y fin de los datos se resaltarán en la tabla en color gris.

También en el panel superior se encuentra una lista desplegable en la que es necesario seleccionar el tipo de datos: Land – datos de levantamiento terrestre, Underwater – mediciones en medios acuáticos, Cross-boreholes – datos entre pozos.

En la lista desplegable contigua es necesario establecer las unidades de medida de las primeras llegadas registradas en el archivo.

En la primera fila de cada columna de la tabla de datos se encuentra una lista desplegable que permite indicar el tipo de datos: line – número del perfil de mediciones, Sx, Sy, Sz – fuentes, Rx, Ry, Rz – coordenadas de los receptores, tp – primeras llegadas de ondas longitudinales, ts – primeras llegadas de ondas transversales.



N	line	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz	tp	None	Nor
1	prof	sx	sy	sz	rx	ry	rz	ft	oi	amp
2	0	0.00000000	0.00000000	0	2.00000000	0.00000000	0	1.27126878	1	2.8
3	0	0.00000000	0.00000000	0	4.00000000	0.00000000	0	1.51656493	2	1.3
4	0	0.00000000	0.00000000	0	6.00000000	0.00000000	0	1.76627866	3	5.4
5	0	0.00000000	0.00000000	0	8.00000000	0.00000000	0	1.97142552	4	2.4
6	0	0.00000000	0.00000000	0	1.00000000	0.00000000	0	2.16643203	5	1.5
7	0	0.00000000	0.00000000	0	1.20000000	0.00000000	0	2.37060919	6	7.6
8	0	0.00000000	0.00000000	0	1.40000000	0.00000000	0	2.49917356	7	3.0
9	0	0.00000000	0.00000000	0	1.60000000	0.00000000	0	2.57857714	8	2.0
10	0	0.00000000	0.00000000	0	1.80000000	0.00000000	0	2.65509625	9	1.1
11	0	0.00000000	0.00000000	0	2.00000000	0.00000000	0	2.72847704	10	1.4
12	0	0.00000000	0.00000000	0	2.20000000	0.00000000	0	2.79743673	11	9.7
13	0	0.00000000	0.00000000	0	2.40000000	0.00000000	0	3.00085637	12	1.2
14	0	0.00000000	0.00000000	0	2.60000000	0.00000000	0	3.17981783	13	1.4
15	0	0.00000000	0.00000000	0	2.80000000	0.00000000	0	3.31999014	14	1.5
16	0	0.00000000	0.00000000	0	3.00000000	0.00000000	0	3.44315831	15	1.6
17	0	0.00000000	0.00000000	0	3.20000000	0.00000000	0	3.54245929	16	7.4
18	0	0.00000000	0.00000000	0	3.40000000	0.00000000	0	3.63256307	17	5.6
19	0	0.00000000	0.00000000	0	3.60000000	0.00000000	0	3.71538859	18	3.7
20	0	0.00000000	0.00000000	0	3.80000000	0.00000000	0	3.83656893	19	3.2
21	0	0.00000000	0.00000000	0	4.00000000	0.00000000	0	3.92553306	20	2.5

Fig. 26 **Diálogo de exportación de datos Export text data**

Tras pulsar el botón OK, los datos serán cargados en el programa.

Creación de un sistema de observación sintético

El diálogo de creación de un sistema de observación sintético puede invocarse mediante el menú File/Create survey de la ventana principal del programa.

La ventana está dividida en tres partes: gráfico de visualización de las posiciones de fuentes/receptores (a la izquierda), tabla de coordenadas de fuentes/receptores (arriba a la derecha) y tabla de la curva tiempo-distancia (dromocrónica) actual (abajo a la derecha), en la que se muestra la lista de pares de índices fuente-receptor (Fig. 27).

El gráfico está destinado a la visualización de las posiciones únicas de fuentes/receptores y sus índices. Aquí se realiza la selección (con el ratón) de fuentes y receptores. La fuente activa se representa en color rojo, los receptores del grupo actual en azul.

La tabla de coordenadas contiene las coordenadas horizontales y verticales de las fuentes/receptores, que pueden editarse. Al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre una celda de la tabla, se puede establecer un incremento de coordenada para todas las celdas siguientes.

La tabla de la curva tiempo-distancia (dromocrónica) actual contiene los índices de la fuente y del grupo de receptores para la dromocrónica activa, que pueden editarse. Si los índices se introducen incorrectamente, se resaltan en rojo.

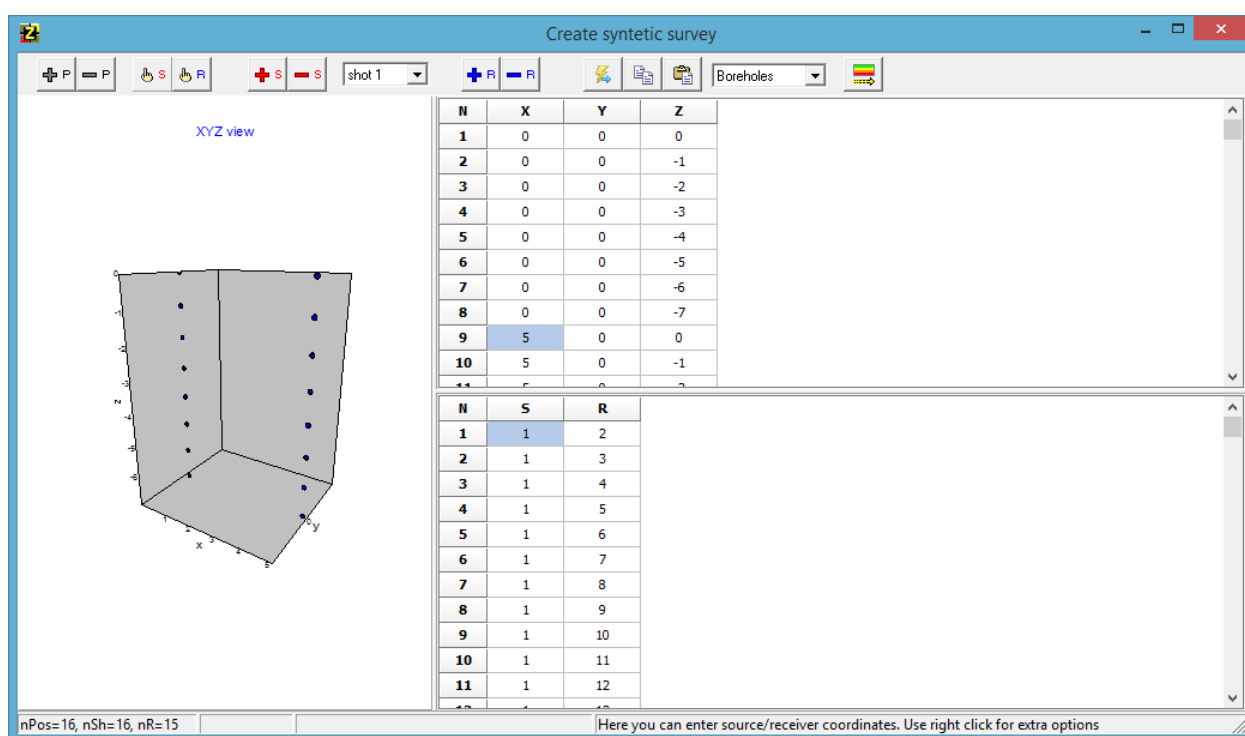


Fig. 27 Ventana del programa Create synthetic survey

La barra de herramientas sirve para invocar rápidamente las funciones más utilizadas del programa. Contiene los siguientes botones funcionales (de izquierda a derecha):

	Añadir una nueva posición de fuente/receptor. La nueva posición se muestra en el gráfico izquierdo de la ventana, las coordenadas en la tabla superior derecha. Es necesario pulsar varias veces; en la barra de estado se muestra la cantidad actual de posiciones.
	Eliminar la posición actual (en la tabla) de fuente/receptor.
	Activar el modo de selección de la fuente actual. La selección de la posición de la fuente para la curva tiempo-distancia actual se realiza con el ratón en el gráfico izquierdo. Después de seleccionar la fuente, el programa cambia al

	modo de selección de receptores.
	Activar el modo de selección del receptor actual. La selección del receptor para la curva tiempo-distancia actual se realiza con el ratón en el gráfico izquierdo. Si la selección se realiza con la tecla [SHIFT] pulsada, se añade un nuevo par (fuente/receptor) a la tabla inferior; de lo contrario, se asigna una nueva posición al receptor actual.
	Añadir una nueva curva tiempo-distancia. Después de añadir, el programa cambia al modo de selección de receptores. La selección de la curva tiempo-distancia actual se realiza en la lista desplegable de la derecha.
	Eliminar la curva tiempo-distancia (dromocrónica) actual.
	Lista desplegable para la selección de la curva tiempo-distancia actual.
	Añadir un par fuente/receptor a la curva tiempo-distancia (en la tabla inferior).
	Eliminar el par fuente/receptor actual de la curva tiempo-distancia.
	Abrir el menú emergente de funciones de creación automática del sistema de curvas tiempo-distancia. <i>Select all positions – Seleccionar todas las posiciones, excepto la posición de la fuente, en la curva tiempo-distancia.</i> <i>Deselect all positions – Eliminar todos los receptores de la curva tiempo-distancia.</i> <i>Create full array – Crear un sistema de observación en el que la fuente se encuentra en cada posición, y a cada fuente le corresponde un grupo formado por todos los demás receptores.</i>
	Copiar los índices de los receptores de la curva tiempo-distancia actual al portapapeles.
	Cargar los índices de los receptores en la curva tiempo-distancia actual desde el portapapeles.
	Tipo de sistema de observación.
	Crear el sistema y pasar al modo de modelado.

Después de crear el sistema de observación sintético, se pulsa el botón y aparece el diálogo de configuración de parámetros de la malla.

Los resultados del modelado se utilizan frecuentemente en la inversión para confirmar determinadas hipótesis. Para ello, se debe guardar el proyecto con los resultados del modelado en el modo Save model with calculated, abrir el proyecto guardado de esta manera, limpiar el modelo y realizar la inversión.

Editor de perfiles

Después de cargar el archivo de datos o crear un sistema de observación sintético, aparece el diálogo de configuración de líneas de perfil «Set lines for survey» (véase la figura de abajo). Este diálogo permite definir, eliminar y editar líneas de perfil, modificar las coordenadas de fuentes/receptores, así como cargar una imagen o un mapa de topografía como fondo.

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

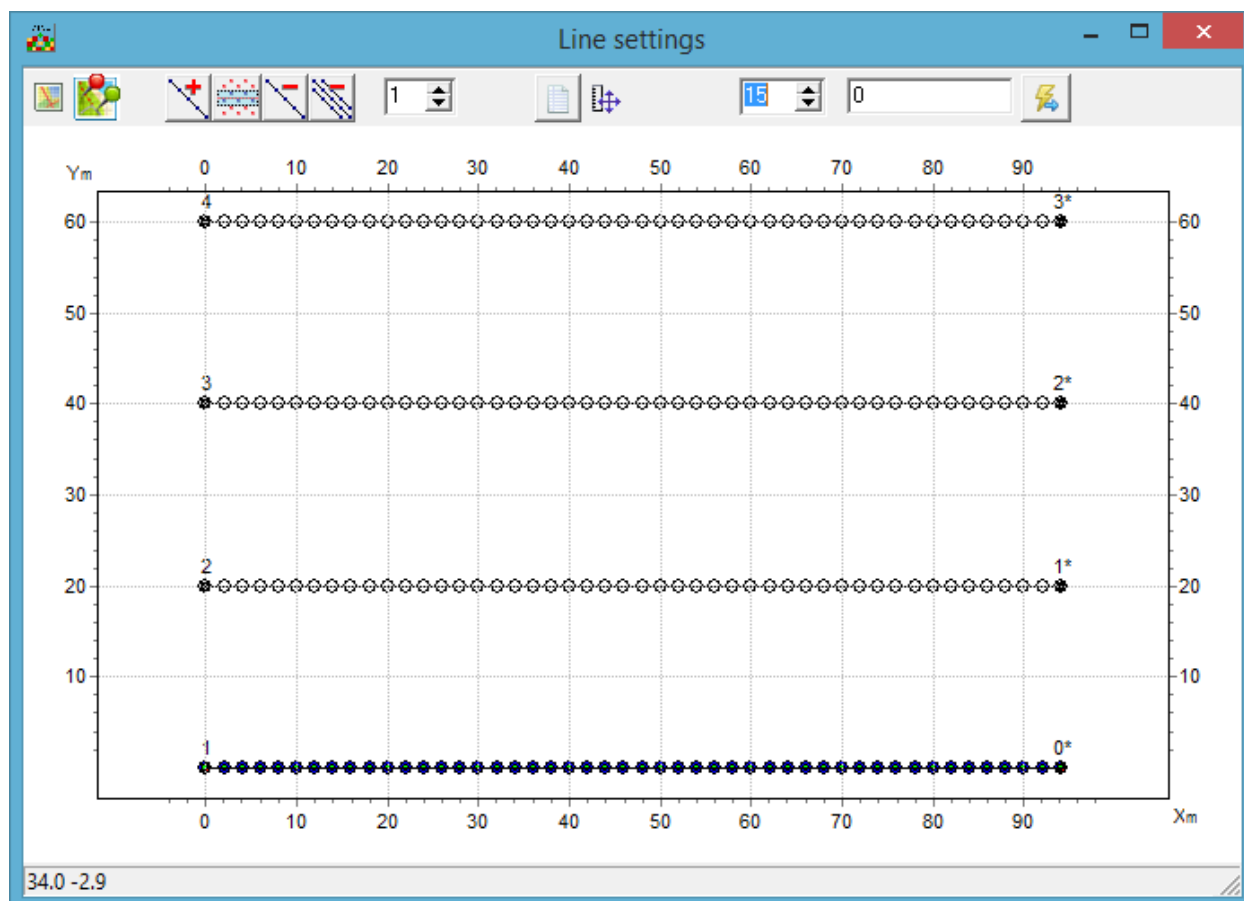
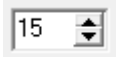


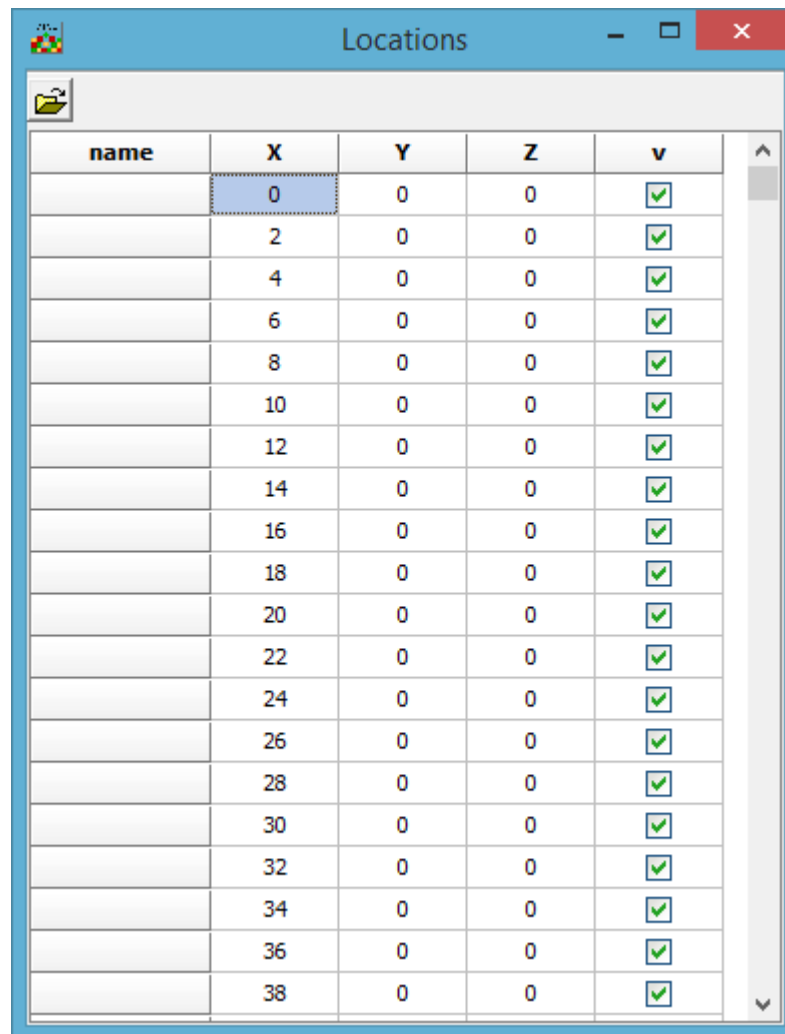
Fig. 28 Ventana de diálogo de configuración de líneas de perfil «Set lines for survey»

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

	Cargar como fondo un archivo ráster o un mapa de isolíneas de topografía.
	Cargar una imagen satelital como fondo. Al utilizar esta función será necesario indicar la zona UTM. Las coordenadas de los receptores deben estar definidas 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. Con el botón derecho del ratón se abre un menú contextual con opciones adicionales.

	<i>Set line coordinates</i> – permite definir las coordenadas de la línea manualmente; <i>Cursor to near point</i> – con esta opción activada, las líneas de perfil pasan por los receptores más cercanos 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 que caen dentro del área rectangular alrededor de la línea definida.
	Eliminar el perfil actual.
	Eliminar todos los perfiles.
	Establecer el número del perfil activo.
	Abrir y editar la tabla de coordenadas de los receptores (diálogo Locations).
	Seleccionar la escala de imagen con ejes iguales o con relleno máximo del área de la ventana.
	Establecer el tamaño del área de 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.

Para modificar las coordenadas de los receptores utilice el botón , que abre el diálogo Locations (véase la figura a continuación). Las coordenadas de los receptores pueden cargarse desde un archivo de texto que contenga respectivamente columnas con el número de punto, dos coordenadas horizontales y la coordenada vertical, o copiarse directamente desde una tabla de Excel.



The screenshot shows a window titled 'Locations' with a table of observation points. The table has five columns: 'name', 'X', 'Y', 'Z', and 'v'. The 'name' column is empty, while the 'X', 'Y', and 'Z' columns contain the values 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, and 38. The 'v' column contains green checkmarks. The first row (X=0) is highlighted with a blue background.

name	X	Y	Z	v
	0	0	0	✓
	2	0	0	✓
	4	0	0	✓
	6	0	0	✓
	8	0	0	✓
	10	0	0	✓
	12	0	0	✓
	14	0	0	✓
	16	0	0	✓
	18	0	0	✓
	20	0	0	✓
	22	0	0	✓
	24	0	0	✓
	26	0	0	✓
	28	0	0	✓
	30	0	0	✓
	32	0	0	✓
	34	0	0	✓
	36	0	0	✓
	38	0	0	✓

Fig. 29 **Diálogo de asignación de coordenadas de los puntos de observación Locations**

Para salir del diálogo del editor de perfiles y pasar al modo de interpretación pulse el botón



Diálogo de configuración de la malla del modelo

Tras cargar los datos de una u otra forma y seleccionar el sistema de perfiles, aparece el diálogo de configuración de los parámetros de la malla Mesh constructor.

Este diálogo también está disponible en 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 subdivisión de la malla:

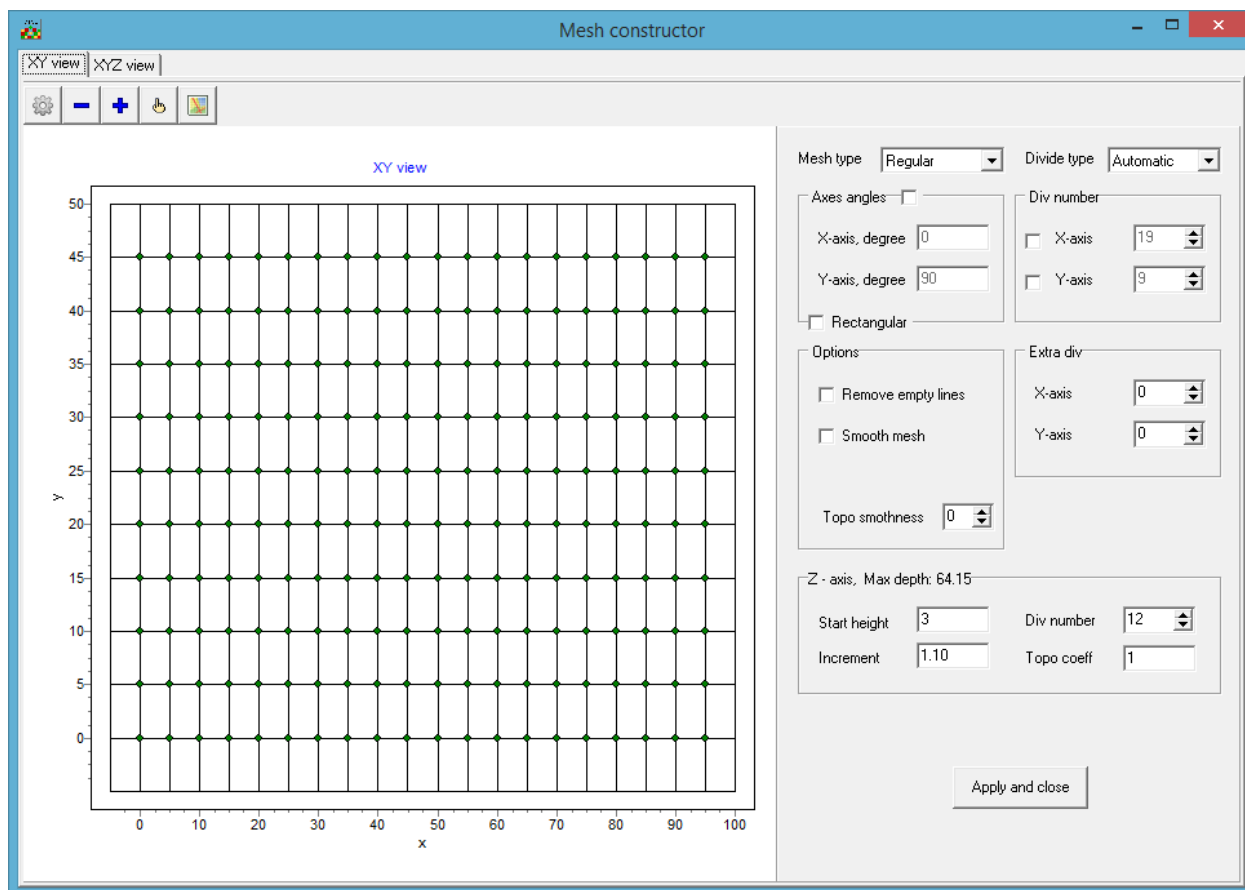


Fig. 30 Ventana de diálogo «Mesh constructor», pestaña «XY view»

La pestaña consta de dos áreas. En el área izquierda se muestra la planta horizontal; el área derecha contiene los ajustes de subdivisión 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. Sitúe el cursor sobre la línea que desea eliminar y pulse el botón izquierdo del ratón. Con el botón derecho del ratón se abre un menú de selección de fila o columna.
	Añadir una fila o columna. Sitúe el cursor en el lugar donde desea añadir una línea y pulse el botón izquierdo del ratón. Con el botón derecho del ratón se abre un menú de selección de fila o columna.
	Activar el modo de edición de la posición de los nodos mediante el ratón.
	Mostrar u ocultar el mapa de relieve como fondo (clic izquierdo del ratón). O cargar la topografía desde un archivo XYZ (clic derecho del ratón).

Los ajustes de subdivisión de la malla incluyen:

El menú desplegable Mesh type establece el tipo de malla. Están disponibles los siguientes tipos de subdivisión: Regular – adecuado para la mayoría de los sistemas de observación estándar,

cuando los receptores están distribuidos de forma más o menos uniforme en el área; General – para sistemas de observación relativamente desordenados; One line – para los casos en que el sistema de observación está representado por un solo perfil.

El área Axes angles establece los ángulos locales para los ejes del modelo X e Y (X-axis, degree e Y-axis, degree respectivamente). Si la casilla Orthogonal está activada, se mantendrá la ortogonalidad de los ejes.

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

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

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

Área Options, que incluye las siguientes casillas:

Remove empty line – eliminar filas/columnas que no tengan receptores adyacentes;

Smooth mesh – suavizar las líneas directrices de la malla. Esta opción es relevante si la red de mediciones es muy irregular.

Topo smoothness – establecer el grado de suavizado del relieve (valores de 0 a 5, donde 5 es el 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 seleccionada se activa el área Axes Range (modo de subdivisión uniforme de la malla), donde se pueden establecer los valores mínimos y máximos de las coordenadas a lo largo de los ejes X e Y respectivamente.

La zona Z-axis, Max depth: está destinada a configurar la subdivisión a lo largo del eje vertical. Max depth – indica la profundidad de la capa inferior. Debe tenerse en cuenta que la profundidad máxima no debe ser demasiado grande, ya que la influencia de los parámetros de la sección 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 satisfacer la capacidad de resolución. Increment – establece la relación entre los espesores de capas adyacentes. Los valores de este parámetro normalmente se eligen en el rango de 1 a 2. Div number – establece el número de capas del modelo. Normalmente son suficientes de 12 a 20 capas para describir el modelo. No es deseable asignar valores grandes a este parámetro, ya que esto reducirá la velocidad de los cálculos. Topo coeff – asignar el coeficiente de aplanamiento de la forma del relieve con la profundidad (0-5). 0 – el relieve de cada capa sucesiva repite el de la anterior. 1 – el relieve se aplanan con la profundidad, la última capa es plana. 5 – el límite entre la primera y la segunda capa es suave. El principio de funcionamiento del coeficiente se muestra en la figura:

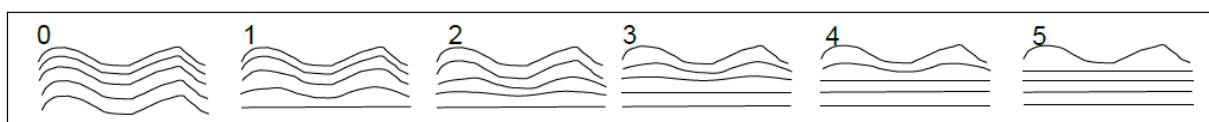


Fig. 31 **Aplanamiento de las capas del modelo con la profundidad utilizando el parámetro «Topo coeff» de 0 a 5**

La pestaña XYZ view contiene la representación tridimensional de la malla construida (véase la figura a continuación). Para rotar la imagen utilice el botón izquierdo del ratón. Para escalar la imagen utilice la rueda de desplazamiento. Para desplazarse a lo largo de los ejes utilice el botón derecho del ratón. Al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre un eje manteniendo pulsada la tecla Shift, se accede al diálogo de configuración de los parámetros de los ejes (véase la sección opciones adicionales).

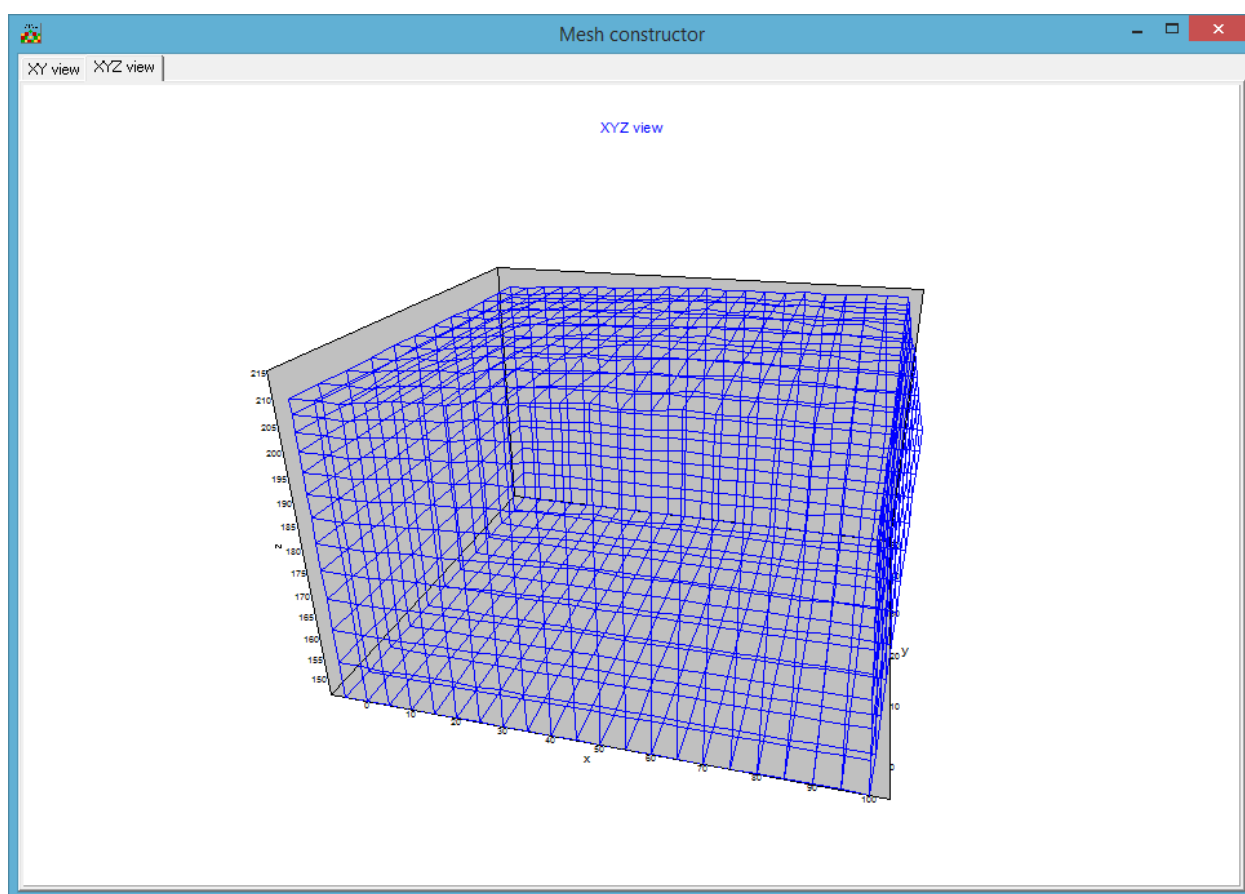


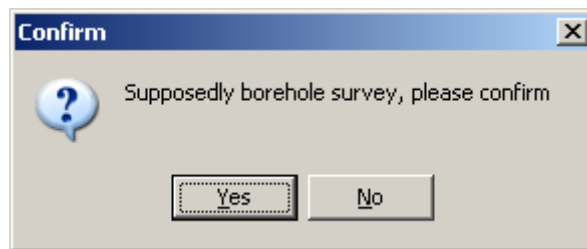
Fig. 32 **Ventana de diálogo «Mesh constructor», pestaña «XYZ view»**

Para finalizar el trabajo con el diálogo y crear la malla pulse el botón Apply and close. Tras ello se activarán las secciones de trabajo de la ventana principal del programa, y en la barra de estado aparecerá información resumida sobre el nuevo proyecto (número de puntos de registro y celdas del modelo 3D).

Particularidades del trabajo de ZondST3D con distintos tipos de datos

Datos de tomografía entre pozos

En los datos de tomografía entre pozos la coordenada Z debe ser negativa. Al cargar el archivo, el programa determina automáticamente el tipo de datos, y en caso de datos de pozo aparecerá una solicitud de confirmación:



En la ventana Mesh constructor que aparece, en la zona de subdivisión del eje vertical Z-axis debe estar establecido el tipo de eje Borehole. En este caso el programa subdivide automáticamente el eje vertical, basándose para ello en el número de receptores.

Un ejemplo de modelo 3D para un proyecto con datos de tomografía entre pozos se muestra en la Fig. 33. Para visualizar todas las fuentes/receptores es necesario activar la casilla en los ajustes del modelo 3D Show/Survey points.

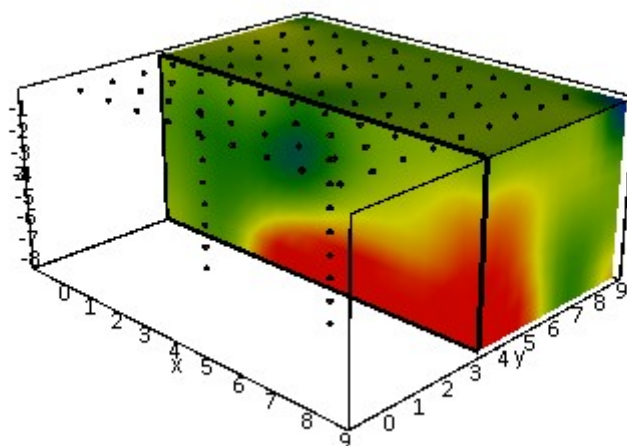


Fig. 33 Ejemplo de modelo 3D para datos de tomografía entre pozos.

Datos de mediciones acuáticas

Al seleccionar el tipo de datos Underwater en el menú principal del programa aparecerá un punto adicional Options/Inversion/Underwater options. Contiene las siguientes opciones:

Velocity	Asignar la velocidad en el agua
Invert	Al interpretar datos de trabajos acuáticos es deseable disponer de datos sobre la velocidad en el agua. En caso de no disponer de ellos, active esta opción para ajustar la velocidad del agua
Sublayers number	Establecer el número de subdivisiones de la capa de agua. El número de subdivisiones se asigna en función del espesor de la capa de agua

Visualización de datos

En el programa existe la posibilidad de representar los parámetros aparentes en forma de pseudosección Options/Data/Pseudo-section, y en forma de gráficos en planta Options/Data/Graphics-plot por perfiles. El perfil actual se puede seleccionar de la lista  en la barra de tareas; el número de perfil corresponde al índice Prof en el archivo de datos.

Al realizar una evaluación preliminar de los resultados de un levantamiento tridimensional, debido al gran volumen de datos, por lo general se aplican algoritmos matemáticos. En este caso, mediante las pseudosecciones y los planos de gráficos solo se puede evaluar de forma selectiva la convergencia de los parámetros observados y teóricos como resultado de la inversión.

Plano de gráficos

El plano de gráficos sirve para representar valores a lo largo del perfil en forma de gráficos. El plano de gráficos sirve para representar valores de las curvas tiempo-distancia de primeras llegadas Options/Data/Time arrivals y velocidades aparentes Options/Data/Apparent velocity a lo largo del perfil en forma de gráficos. En el modo Attenuation se muestran gráficos de amplitudes.

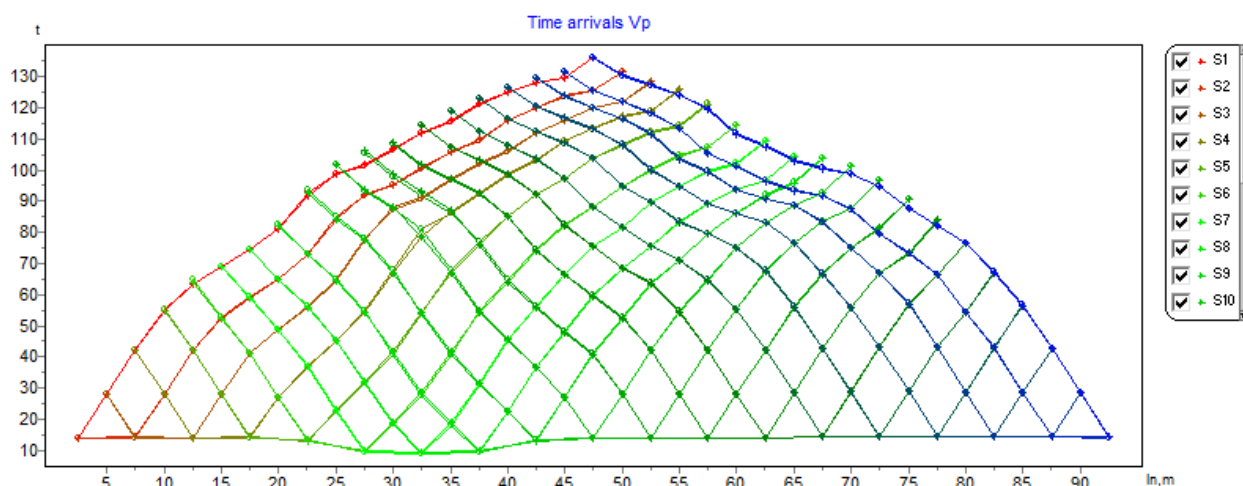


Fig. 34 Gráficos de primeras llegadas

Al presionar el botón izquierdo del ratón sobre un punto del gráfico se realizan las siguientes acciones: se ocultan los demás gráficos y se muestran las posiciones de la fuente/receptor para el punto activo (hasta que se suelte el botón del ratón). La edición de los valores medidos se realiza arrastrando el punto del gráfico con el botón derecho presionado.

El editor del gráfico se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene presionada la tecla SHIFT sobre el gráfico. El editor de ejes se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene presionada la tecla SHIFT sobre el eje de interés. El editor de la leyenda de los gráficos se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene presionada la tecla SHIFT sobre la leyenda a la derecha del gráfico.

La selección de un gráfico individual y la ocultación correspondiente de los demás se realiza haciendo clic con el botón del ratón sobre la leyenda mientras se mantiene presionada la tecla SHIFT. Al hacer clic nuevamente se realiza la operación inversa.

Para desplazarse por los gráficos se utiliza la rueda del ratón. Para ello es necesario seleccionar varios gráficos adyacentes (en la leyenda) y girar la rueda del ratón colocando el cursor sobre la leyenda. Los índices de los gráficos activos irán cambiando. Al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre un punto del gráfico, la medición correspondiente se resaltará en la tabla.

Pseudosección

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

La representación en forma de isolíneas se realiza en los ejes: coordenada de medición a lo largo del perfil, offset (distancia fuente-receptor). La escala de color establece la correspondencia entre el valor representado y el color.

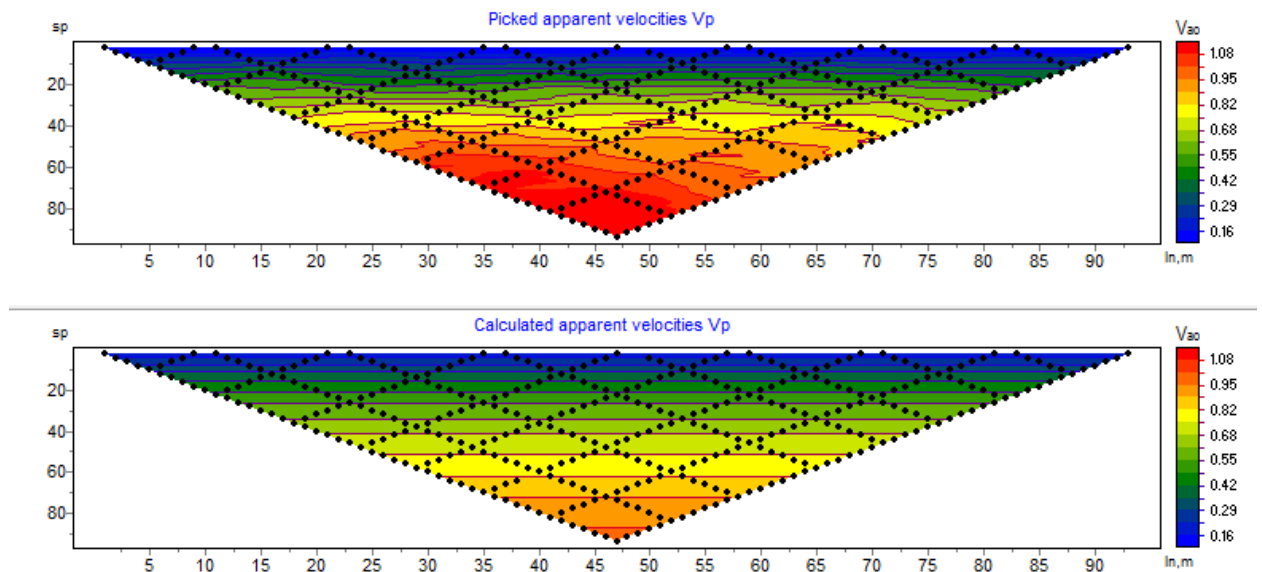


Fig. 35 **Pseudosecciones de velocidad aparente: valores medidos y calculados**

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

Log data scale	Utilizar escala logarítmica para la escala de color.
Smooth mode	Utilizar paleta de interpolación suave / sección de contornos.
Display grid point	Mostrar marcas de los puntos de medición.
Display ColorBar	Mostrar la escala de color.
Setup	Abrir el diálogo de configuración de parámetros de la pseudosección.
Print preview	Imprimir la pseudosección.
Save picture	Guardar la pseudosección en un archivo gráfico *. emf.
Save XYZ file	Guardar la pseudosección en un archivo DAT.
X:Y=1:1	Establecer escalas iguales en los ejes horizontales.
Default	Restablecer los parámetros de la pseudosección a los valores por defecto.

El editor de ejes se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene presionada la tecla SHIFT sobre el eje de interés.

La ampliación de una zona particular o su desplazamiento se realiza en el modo con el botón presionado (herramienta – "rectángulo elástico").

Mapa de isolíneas para un offset determinado

En la ventana de trabajo del programa, debajo del modelo tridimensional, se muestra un corte de los datos. Puede mostrarse la distribución del parámetro observado (Options/Data/Observed), del parámetro calculado teóricamente (Options/Data/Calculated data) o de los valores de error de ajuste (Options/Data/Misfit) por área (Fig. 36). El offset del corte se puede cambiar mediante la lista  en la barra de tareas.

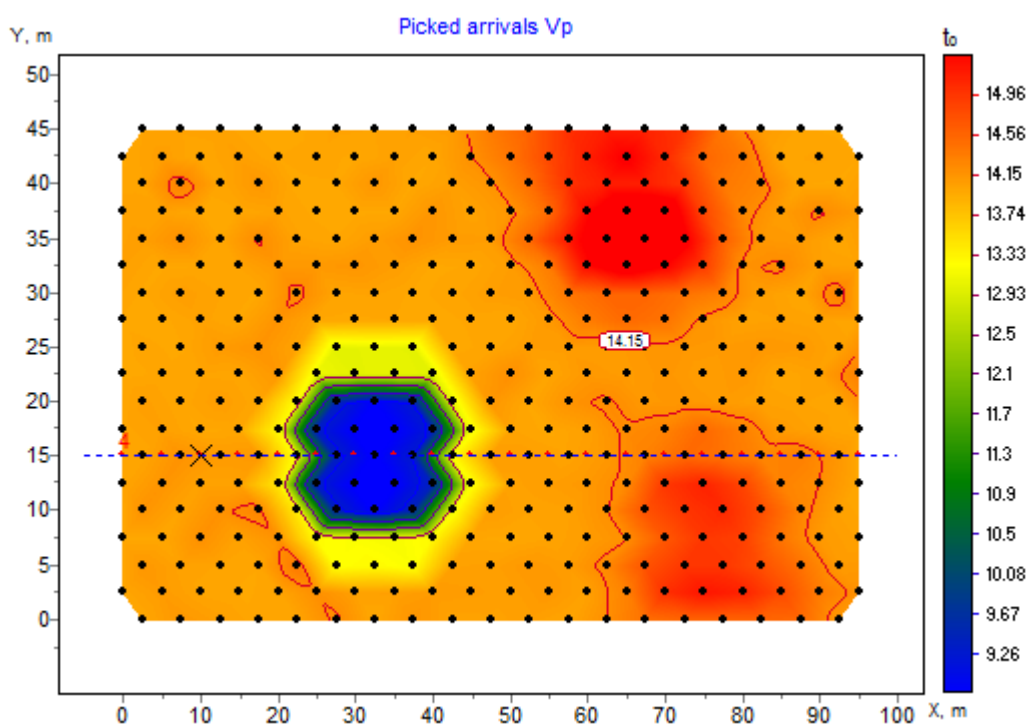


Fig. 36 **Ejemplo de mapa de isolíneas**

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

La posición del pozo en el plano de isolíneas se muestra con una cruz negra.

La posición de las fuentes/receptores del punto activo se muestra al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre el punto del mapa de isolíneas.

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

Log data scale	Utilizar escala logarítmica para la escala de color.
Smooth mode	Utilizar paleta de interpolación suave / sección de contornos.
Display grid point	Mostrar marcas de los puntos de medición.
Display ColorBar	Mostrar la escala de color.
Setup	Abrir el diálogo de configuración de parámetros del plano de isolíneas.
Print preview	Imprimir el plano de isolíneas.
Save picture	Guardar el plano de isolíneas en un archivo gráfico *.bmp, *.png.
Save XYZ file	Guardar el plano de isolíneas en un archivo de texto *.dat.
X:Y=1:1	Establecer escalas iguales en los ejes horizontales.
Load background	Cargar una imagen como fondo (archivo gráfico).
Load bingmap	Cargar un mapa satelital como fondo.
Remove background	Eliminar el fondo actual.
Draw in Surfer	Construir el mapa en Golden Software Surfer.
Copy BG from model	Esta opción está disponible si se ha seleccionado el corte XY. En este caso, la imagen gráfica del corte actual puede utilizarse como fondo del mapa de isolíneas.

La opción Load background permite cargar como fondo cualquier archivo ráster; en este caso, la imagen misma se vuelve semitransparente. Esta opción es útil para comparar los datos medidos con mapas topográficos, con esquemas estructurales y tectónicos, con mapas geológicos, así como con datos de otros métodos (geofísicos, geoquímicos, etc.). En la figura de abajo se muestra un ejemplo del uso de un mapa de relieve como fondo.

La opción Load satellite map permite cargar un mapa desde internet (el tipo de mapa se selecciona en Help / Map type) de acuerdo con las coordenadas de los puntos especificadas. Tras seleccionar esta opción, aparecerá la ventana UTM zone (fig. 38), donde se debe seleccionar el número de zona correspondiente.

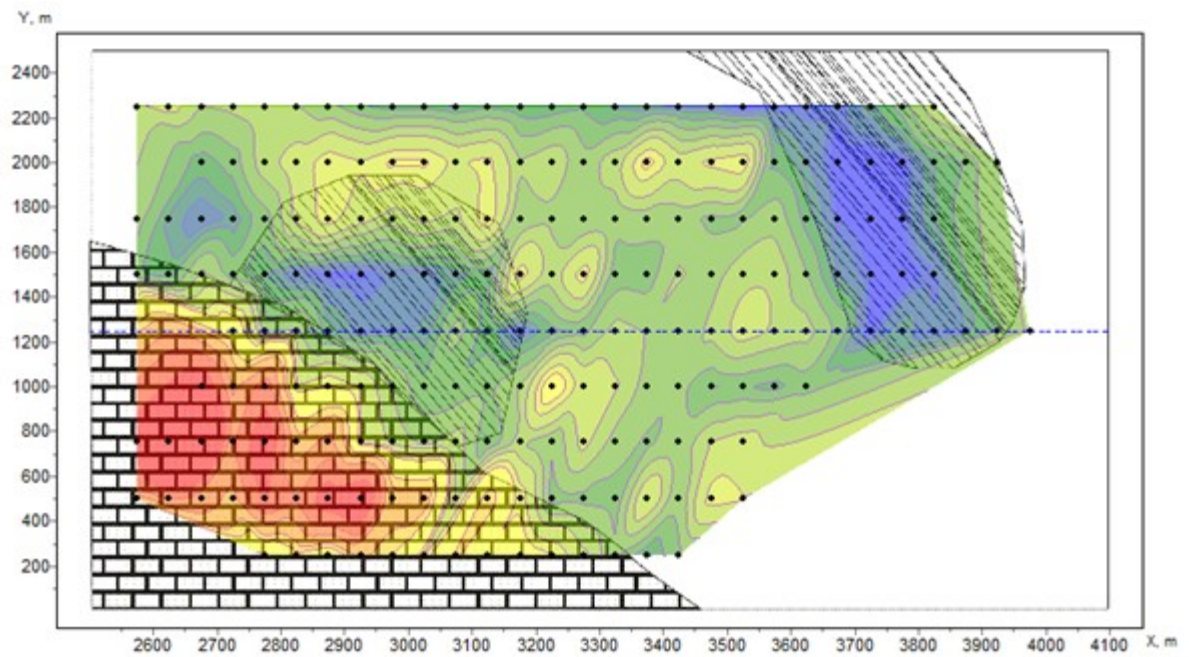


Fig. 37 Ejemplo de superposición del plano de isolíneas de datos medidos y un mapa geológico del área

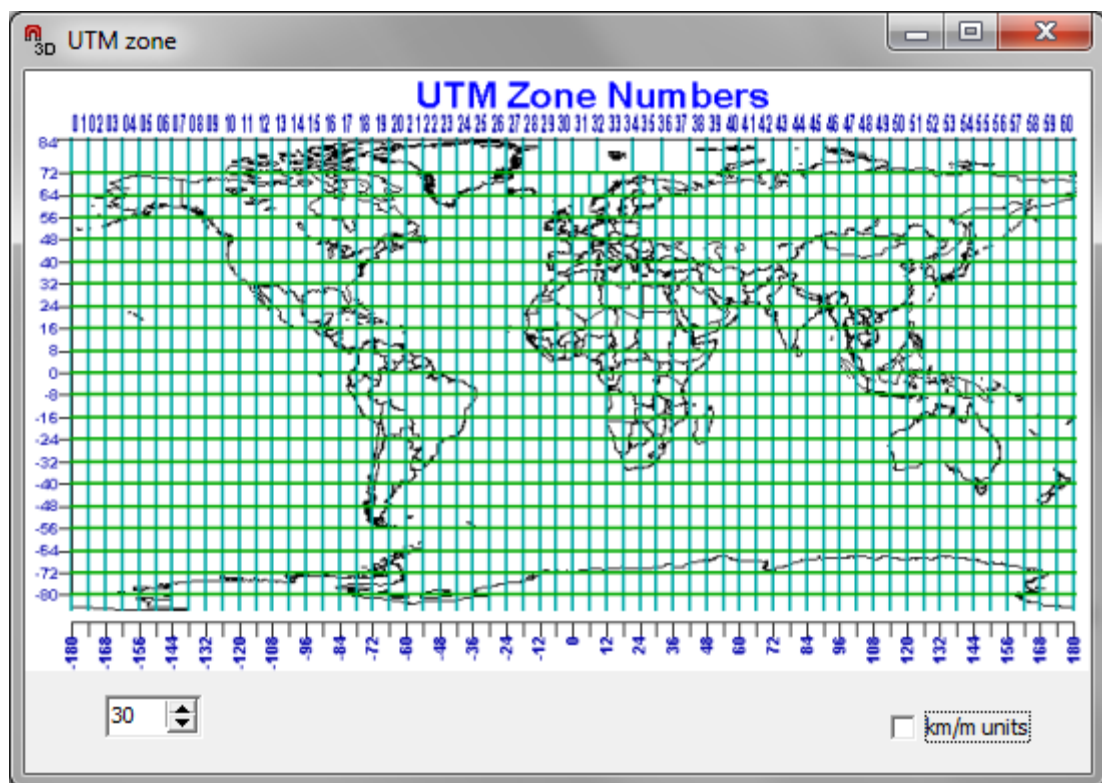


Fig. 38 Diálogo de selección de zona UTM zone

El editor de ejes se abre haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene presionada la tecla SHIFT sobre el eje de interés.

Modelado

El modelado es un proceso importante que precede a los trabajos de campo. Permite seleccionar los parámetros óptimos del sistema de medición para resolver la tarea geológica planteada. Contando con información a priori sobre el objeto de investigación, el intérprete puede modelar diversas situaciones geológicas al planificar los trabajos geofísicos.

El programa ZondST3D permite modelar datos de sismotomografía en variante tridimensional (3D) teniendo en cuenta el relieve. Los datos de entrada necesarios para realizar el modelado son la geometría del sistema de observación y el modelo del medio. El programa permite crear modelos de tres parámetros: velocidad y anisotropía de la velocidad (tiempos de primeras llegadas) y parámetro de atenuación (amplitudes). Para cambiar a uno u otro modo de modelado se utiliza el submenú Options/Model/Parameter. Para el modelado de amplitudes, previamente debe haberse calculado el problema directo para el modelo de velocidades.

El modo de modelado de anisotropía de velocidades está disponible únicamente para el esquema de cálculo con velocidad constante dentro de la celda.

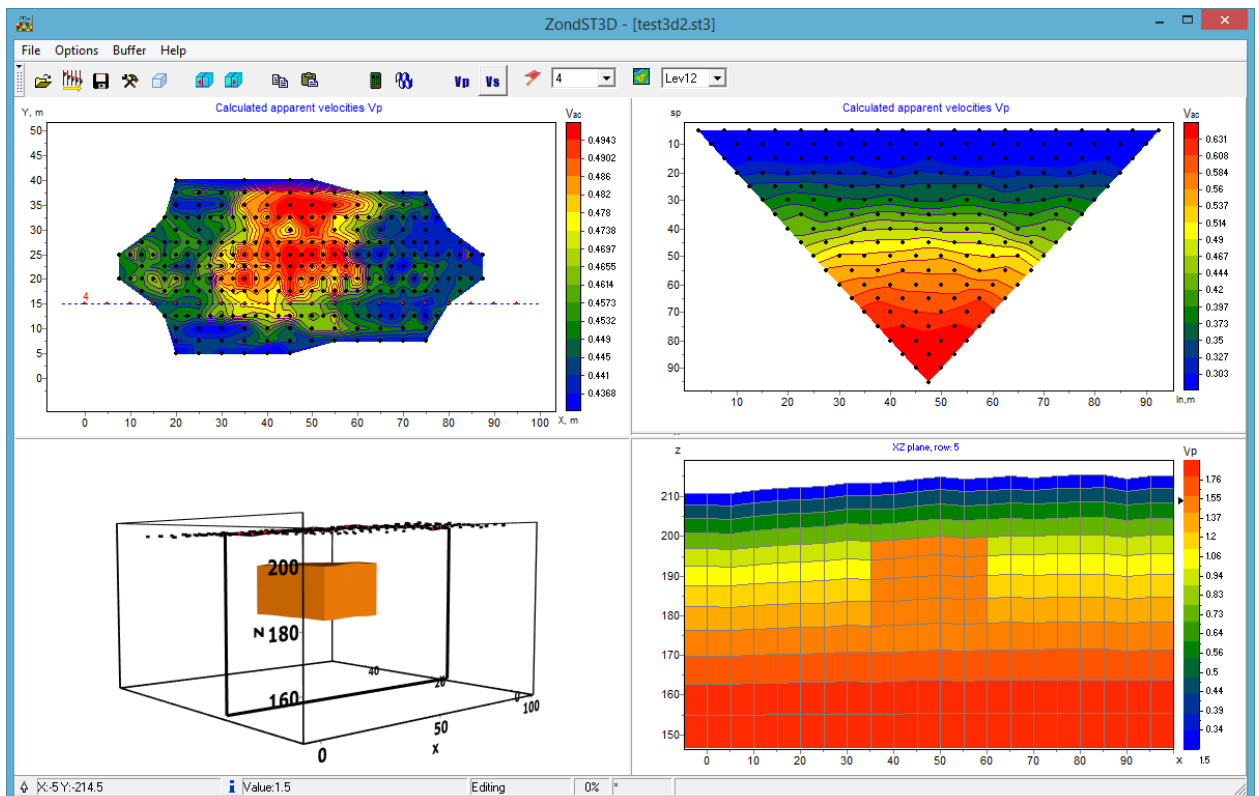


Fig. 39 Ventana principal del programa en modo de modelado

Resolución del problema directo de sismotomografía

En el programa se implementan tres variantes de resolución del problema directo, es decir, del cálculo de las trayectorias de los rayos sísmicos en un medio tridimensional arbitrario. La selección del algoritmo se realiza mediante la opción Calculation scheme en la ventana de configuración del programa (Program setup ).

En el primer caso (Velocity const for cell), el medio se divide en un conjunto de celdas con una velocidad constante asignada. Esto significa que el rayo se propaga dentro de la celda con velocidad constante. Este algoritmo produce la cobertura de rayos menos suave.

En la segunda variante (Velocity const for node), el medio se divide mediante un conjunto de nodos con velocidad asignada, entre los cuales su valor cambia linealmente. Este método presenta una cobertura de rayos más suave en comparación con el anterior. Cierta problema lo constituye la conversión inversa de los valores de velocidad en los nodos al modelo de celdas (después de la inversión). Dicho procedimiento suaviza ligeramente los valores de velocidad y aumenta el error de ajuste (misfit).

El método adicional Quick velocity const for cell implementa un esquema de cálculo acelerado de la variante Velocity const for cell. Este cálculo es menos estable y puede provocar errores en los cómputos, pero es más rápido que los dos primeros.

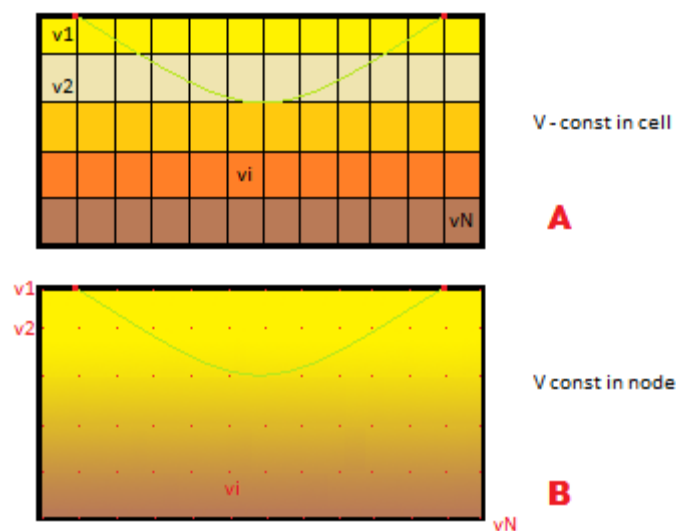


Fig. 40 Variantes de asignación de la velocidad.

La opción Accuracy (subnodes per cell) controla la precisión de los cálculos para los tres métodos. Establece la cantidad de nodos computacionales intermedios del modelo, es decir, determina la precisión en dimensión de longitud. Normalmente son suficientes 3-5 nodos para una solución precisa del problema. Cabe señalar que la velocidad de cálculo (así como el volumen de memoria utilizada) está directamente relacionada con este parámetro. Es decir, cuanto mayor sea la precisión, menor será la velocidad.

La opción Maximum rays deviation está destinada a limitar la zona de cálculo de la trayectoria del rayo. Esta opción determina cuánto puede desviarse un rayo entre la fuente y el receptor respecto a la trayectoria rectilínea. Se indica en fracciones de la unidad: 0 – el rayo no puede desviarse de la trayectoria rectilínea, 1 – puede desviarse una distancia igual a la mitad de la distancia entre la fuente y el receptor. Habitualmente se elige un valor de 0.3-0.6.

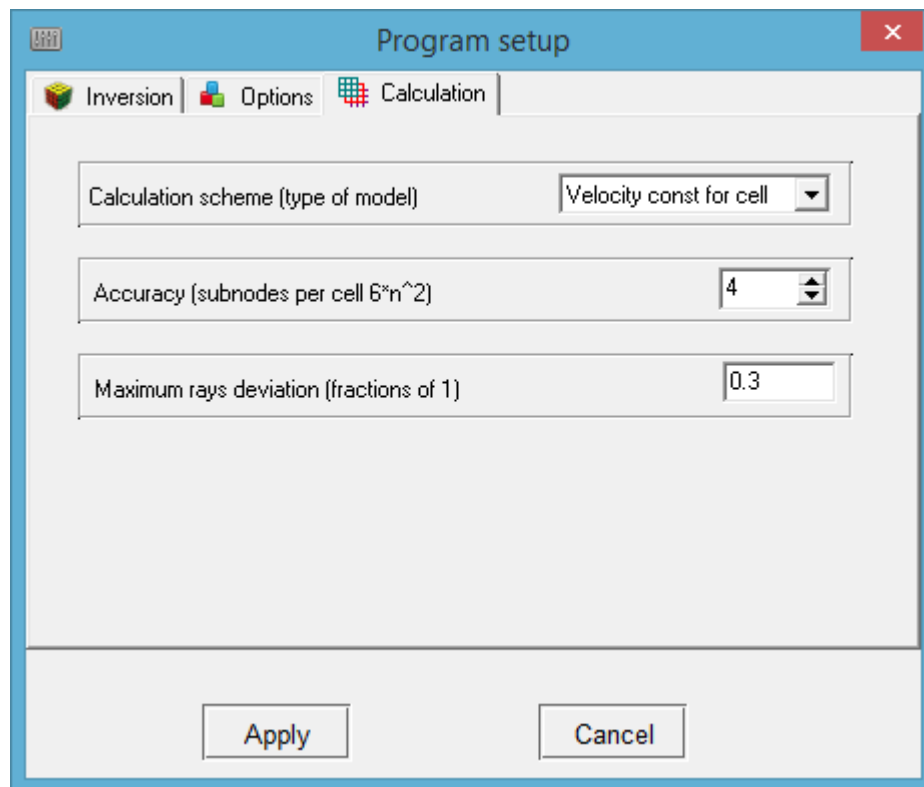


Fig. 41 Cuadro de diálogo «Program setup», pestaña «Calculation»

El control de calidad del problema directo se realiza de dos maneras:

Error de ajuste de los tiempos recíprocos de las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) teóricas. Si los tiempos recíprocos de dichas mediciones difieren significativamente, se debe aumentar el valor del parámetro Maximum rays deviation.

Diferencia entre los valores de las velocidades aparentes y la velocidad del medio circundante (semiespacio homogéneo sin relieve). Si las velocidades aparentes de las mediciones difieren significativamente, se debe aumentar el valor del parámetro Accuracy.

Cabe señalar que una particularidad del algoritmo Shortest path es que el parámetro Accuracy influye en la velocidad de cálculo más que la cantidad de celdas del modelo. Es decir, resulta más ventajoso crear una malla de modelo más densa.

Edición del modelo

La edición del medio sísmico (o del modelo de anisotropía, atenuación) se realiza en el área del editor de modelo – la sección gráfica inferior derecha de la ventana del programa en el modo Options / Model / Block-section.

El editor de modelo sirve para modificar los parámetros de celdas individuales del modelo mediante el ratón. A la derecha del área de edición del modelo se encuentra la escala de colores que asocia el valor de color con el valor de velocidad. Para seleccionar el valor actual se debe hacer clic en la escala con el botón derecho del ratón; su valor se mostrará debajo de la escala de colores.

Mediante la opción Options / Model / Plane se puede elegir la orientación del corte del modelo (XZ, YZ, XY). La orientación del corte puede cambiarse utilizando 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 editores gráficos. Al desplazar 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 en la que se encuentra el cursor. La celda activa en ese momento está rodeada por un rectángulo – cursor. La celda seleccionada o fijada se marca con un punteado de puntos blancos o negros.

Para la creación operativa de un modelo, el programa dispone de varios modos de selección de celdas: por rectángulo, por elipse, de forma libre y por un determinado valor del parámetro. Las opciones correspondientes se pueden invocar al hacer clic con el botón derecho del ratón en el área del editor de modelo:

Display cell setup	Invocar el diálogo de configuración de parámetros de la celda.
Cell to cursor value	Utilizar 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 mediante el ratón. El área tiene límites definidos por el usuario.
Selection \ Rectangular selection	Seleccionar un conjunto de celdas dentro del área de edición mediante el ratón. El área tiene forma rectangular.
Selection \ Elliptical selection	Seleccionar un conjunto de celdas dentro del área de edición mediante el ratón. El área tiene forma elíptica.
Selection \ Magic wand	Seleccionar un conjunto de celdas dentro del área de edición mediante el ratón. Se seleccionan la celda activa y las celdas adyacentes cuyos

	parámetros son próximos al parámetro de la celda activa. El grado de proximidad se establece en el diálogo de configuración de parámetros del modelo.
Selection \ Remove selection	Eliminar la selección.
Clear model	Limpiar el corte actual.

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

La ampliación de una zona particular o su desplazamiento se realiza en el modo Zoom&Scroll con el botón presionado. Para seleccionar la zona que se desea ampliar, se mueve el cursor del ratón hacia abajo y a la derecha con el botón izquierdo presionado. Para volver a la escala original se realizan las mismas acciones, pero moviendo el ratón hacia arriba y a la izquierda.

Al hacer clic con el botón del ratón manteniendo pulsada la tecla CTRL, es posible mover el conjunto de celdas seleccionadas dentro del área de edición mediante el ratón. Al mover la selección con el botón izquierdo del ratón presionado, el contenido de las celdas seleccionadas se copia a la nueva ubicación. Al mover la selección con el botón derecho del ratón presionado, el contenido de las celdas seleccionadas se corta y se copia a la nueva ubicación.

También es posible asignar valores de parámetro a las celdas seleccionadas utilizando el diálogo de configuración de parámetros de la celda Display Cell setup:

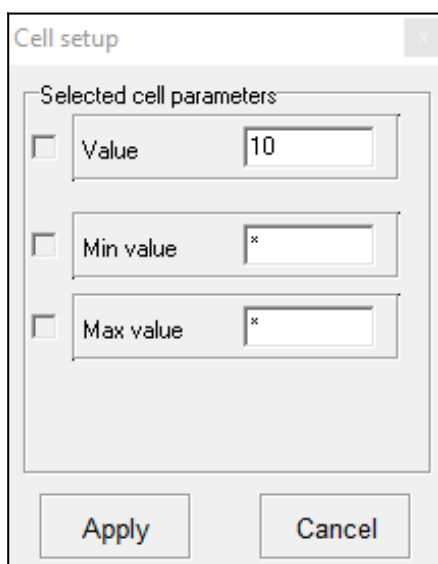


Fig. 42 Ventana de diálogo «Display Cell setup»

El diálogo está destinado a la selección de parámetros de una celda individual o de un conjunto de celdas seleccionadas.

Value – establece el valor del parámetro de la celda.

Min value, Max value – define el rango de variación del parámetro de la celda durante la inversión.

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

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

Área superior sobre el modelo	Display model mesh	Indica si se debe visualizar la malla.
	Display objects border	Indica si se debe visualizar el contorno del objeto.
	Display color bar	Indica si se debe visualizar la escala de colores.
	Setup	Invocar el diálogo de configuración de parámetros del modelo.
	Zoom&Scroll	Activar el modo de ampliación y desplazamiento.
	Print preview	Imprimir el modelo.
	X:Y=1:1	Establecer escalas iguales en los ejes horizontal y vertical.
Escala de colores	Set range	Establecer 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 (como límites de la escala se eligen los valores mínimo y máximo del parámetro del modelo).
	Log scale	Escala logarítmica de la escala de colores.
	Smooth image	Mostrar el modelo en una paleta de interpolación suavizada.
	Set cursor value	Posicionar el cursor en un determinado valor de la escala.

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 de eso, se puede abrir el archivo guardado como datos observados. Como alternativa, se puede utilizar la opción Project with calculated, pero antes de la inversión será necesario limpiar el modelo actual. Para exportar los resultados del modelado 3D a 2D se utiliza la opción Export line to st(2D).

A continuación se puede realizar la inversión de dichos datos y analizar las diferencias entre el modelo recuperado y el original. Este mecanismo permite probar sistemas de observación y verificar diferentes hipótesis.

Inversión de datos

En el programa se puede realizar tanto la inversión por separado para los modelos VP, VS, anisotropía y atenuación, como la inversión conjunta de Vp y Vs (opción Options / Inversion / Cross-gradient).

Diálogo de configuración de parámetros de inversión

El diálogo de configuración de parámetros de inversión se puede abrir mediante el botón  o el elemento de menú Option/Program setup.

El diálogo está destinado a la configuración de parámetros relacionados con la resolución del problema directo e inverso.

La pestaña Inversion está destinada a la configuración de los parámetros de inversión (fig. 43).

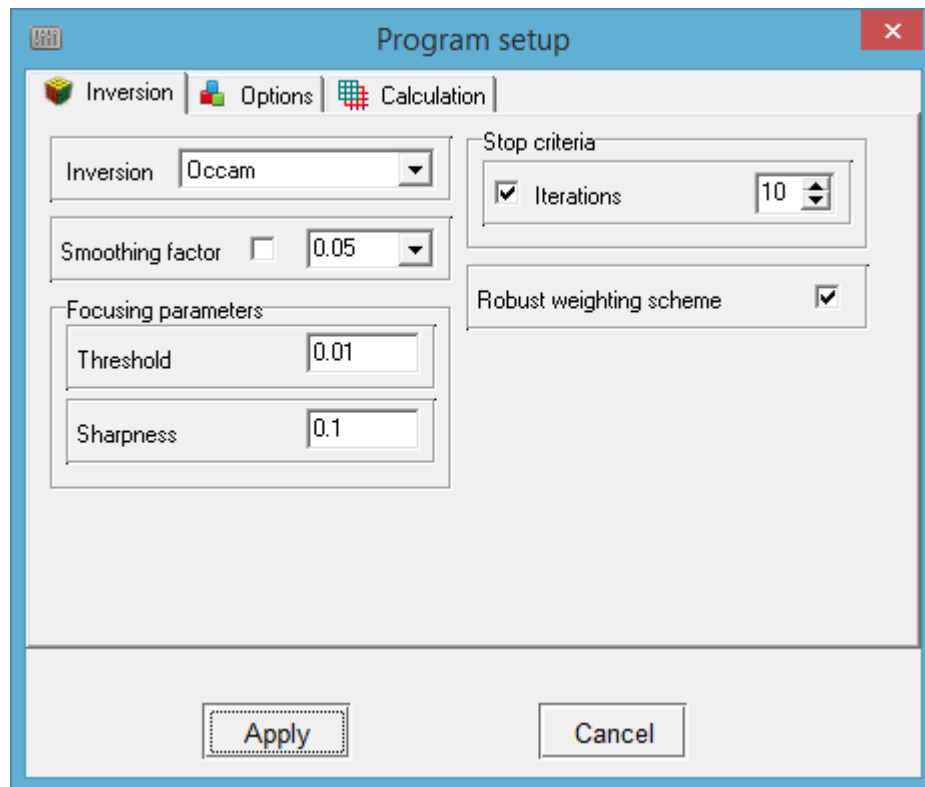


Fig. 43 Ventana de diálogo Program setup, pestaña Inversion

La opción Inversion determina el algoritmo mediante el cual se resolverá el problema inverso.

Consideremos los diferentes algoritmos de inversión a partir del ejemplo de un corte bidimensional de un modelo del medio compuesto por varios bloques (véase la figura a continuación):

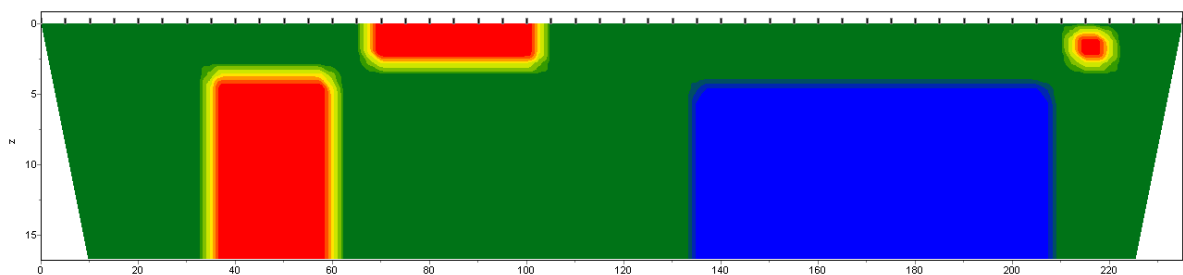


Fig. 44 Modelo de prueba del medio

Para probar los algoritmos se calculó la respuesta teórica para el modelo dado y al resultado se le añadió un ruido gaussiano del cinco por ciento.

Smoothness constrained – inversión por el método de mínimos cuadrados con uso de un operador de suavizado. Como resultado de la aplicación de este algoritmo se obtiene una distribución suave (sin bordes abruptos) y estable de los parámetros (véase la figura a continuación).

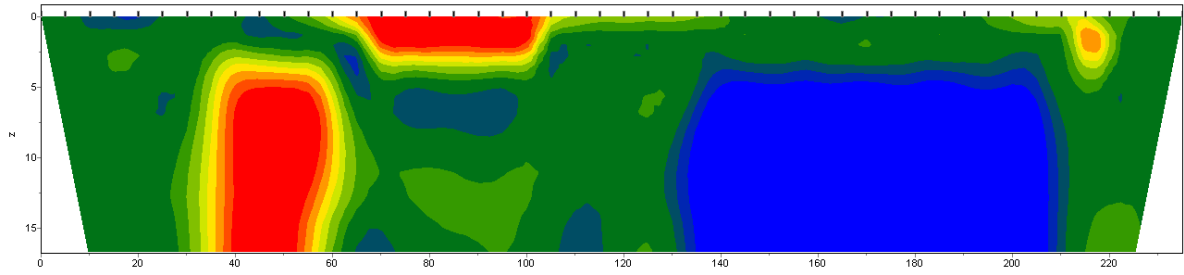


Fig. 45 **Modelo recuperado como resultado de la inversión Smoothness constrained**

La ecuación matricial para esta variante de inversión tiene la siguiente forma:

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

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

Occam – inversión por el método de mínimos cuadrados con uso de un operador de suavizado y minimización adicional del contraste [Constable, 1987]. Como resultado de la aplicación de este algoritmo se obtiene la distribución más suave de los parámetros (véase la figura a continuación).

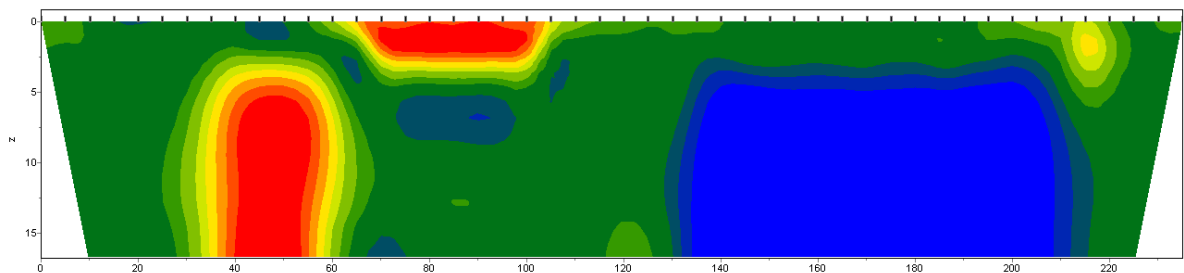


Fig. 46 **Modelo recuperado como resultado de la inversión Occam**

La ecuación matricial para esta variante de inversión tiene la siguiente forma:

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

El grado de suavidad del modelo resultante es directamente proporcional al valor de Smoothness factor. Cabe señalar que valores demasiado grandes de este parámetro pueden provocar un aumento del error de ajuste (misfit).

Marquardt – algoritmo clásico de inversión por el método de mínimos cuadrados con regularización mediante un parámetro de amortiguamiento (Ridge regression) [Marquardt, 1963]. Con una cantidad reducida de parámetros de la sección, el algoritmo permite obtener un modelo contrastado del medio (véase la figura a continuación).

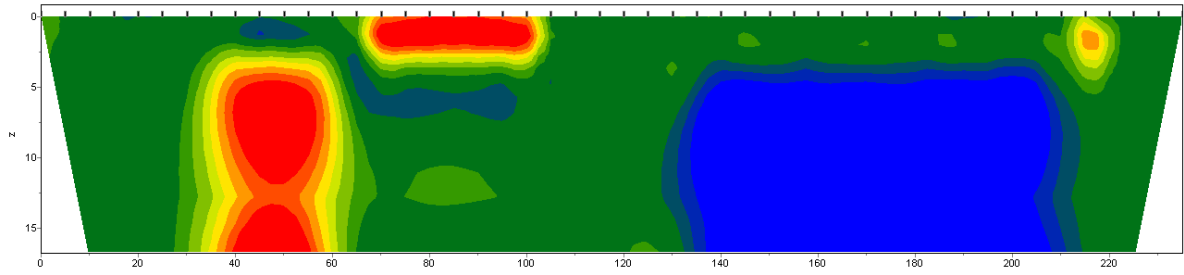


Fig. 47 **Modelo recuperado como resultado de la inversión Marquardt**

La ecuación matricial para esta variante de inversión tiene la siguiente forma:

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

El uso imprudente de esta modificación de la inversión puede conducir a la obtención de resultados inestables o al aumento de la desviación cuadrática media, es decir, a la divergencia del algoritmo.

Lo más conveniente es aplicar el método Marquardt como método de refinamiento (para reducir el error de ajuste), después de realizar la inversión mediante los algoritmos Smoothness constrained u Occam.

Blocks – ajuste de parámetros de áreas individuales que difieren en el parámetro. Las áreas con parámetros iguales se consideran como bloques únicos (véase la figura a continuación).

La ecuación matricial de esta variante de inversión tiene la misma forma que para el algoritmo Marquardt:

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

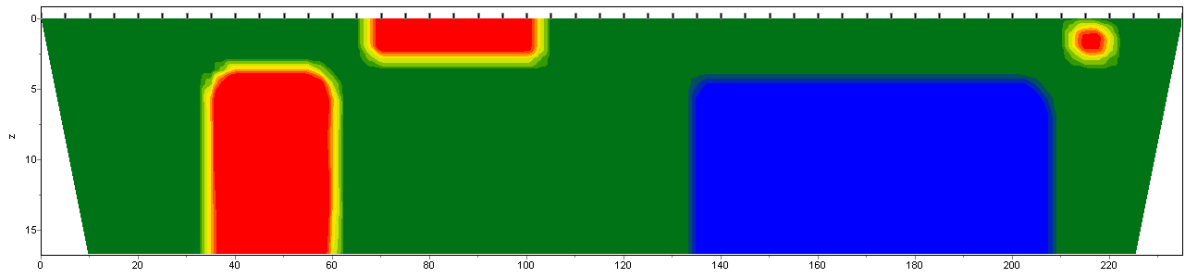


Fig. 48 **Modelo recuperado como resultado de la inversión Blocks**

Es recomendable utilizar este algoritmo en la etapa de refinamiento de los resultados de métodos previos (preferiblemente Focused), habiendo previamente unido las celdas en los bloques necesarios mediante la opción Smooth/Raster.

Para la selección manual de bloques individuales se debe utilizar el editor de modelo, asignando diferentes parámetros a las distintas áreas. Los bloques individuales se resaltarán con un contorno durante el trabajo con la ventana de este diálogo.

Focused – inversión por el método de mínimos cuadrados con uso de un operador de suavizado y focalización adicional de contraste [Portniaguine, 2000]. Como resultado de la aplicación de este algoritmo se obtiene una distribución de parámetros suave a trozos, es decir, un modelo compuesto por bloques con velocidad constante (véase la figura a continuación).

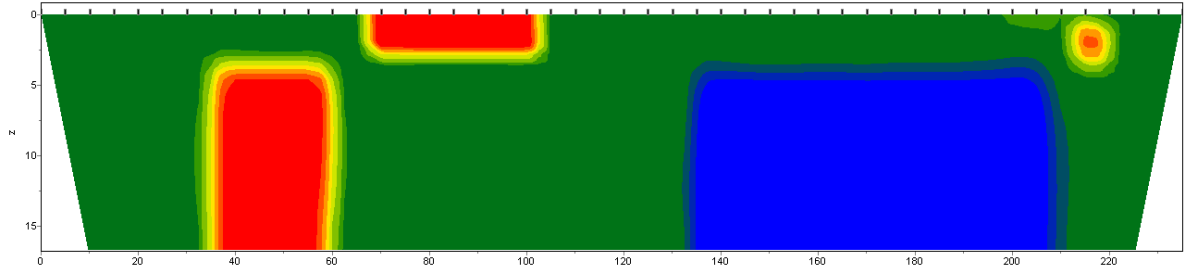


Fig. 49 **Modelo recuperado como resultado de la inversión Focused**

La ecuación matricial para esta variante de inversión tiene la siguiente forma:

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

El uso de esta variante de inversión requiere una selección cuidadosa del parámetro de contraste umbral Threshold (se establece en la pestaña Inversion). Este parámetro determina el valor umbral de contraste entre celdas vecinas, al alcanzarse el cual los parámetros de dichas celdas no se promedian entre sí (es decir, se considera que entre las celdas pasa un límite). La dependencia del grado (o peso) de promediación de dos celdas vecinas R_i respecto al umbral de contraste e y el contraste entre dichas celdas r_i tiene la siguiente forma:

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

Para la selección manual de bloques individuales se debe utilizar el editor de modelo, asignando diferentes parámetros a las distintas áreas. Los bloques individuales se resaltarán con un contorno durante el trabajo con la ventana de este 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 alto nivel de ruido o para obtener una distribución de parámetros más suave y estable, se eligen valores relativamente grandes del parámetro de suavizado: 0.5 - 2; con mediciones de alta calidad se utilizan valores de: 0.005 - 0.01. Con valores grandes del parámetro de suavizado, en la mayoría de los casos se obtienen valores elevados de error de ajuste de los datos (véase la figura a continuación). Se utiliza en los algoritmos de inversión Occam y Focused.

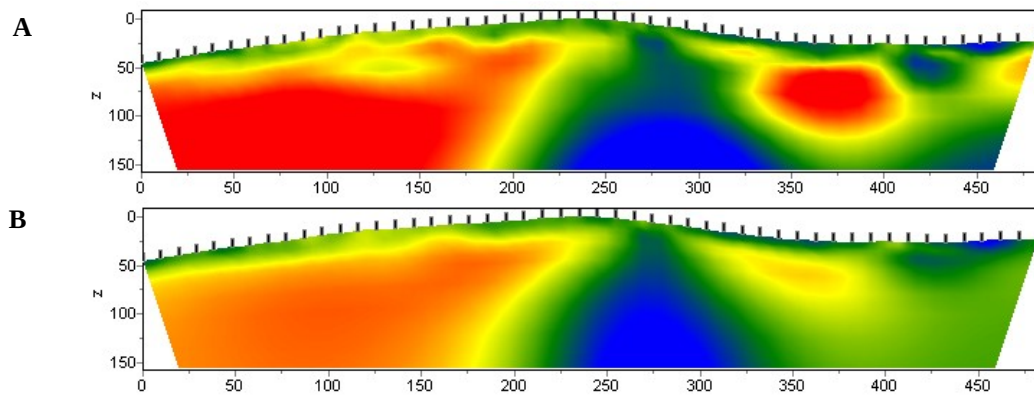


Fig. 50 modelos como resultado de la inversión Occam con parámetro smoothing factor: 0.01 (A) y 1.0 (B).

Robust weighting scheme – esta opción debe activarse si en los datos existen valores atípicos aislados fuertes relacionados con errores sistemáticos de medición. Si la cantidad de datos defectuosos es comparable con la cantidad de mediciones de calidad, este algoritmo puede no dar resultados positivos.

El área Stop criteria contiene los criterios de detención de la inversión.

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

Área Focusing parameters.

Threshold – establece el valor umbral de contraste entre celdas vecinas, al alcanzarse el cual los parámetros de dichas celdas no se promedian entre sí (es decir, se considera que entre las celdas pasa un límite). El valor de este parámetro se elige empíricamente (0.001-1) (véase la figura a continuación). La elección de un valor muy pequeño del parámetro puede llevar a la divergencia del algoritmo (en tal caso se debe aumentar su valor). Valores demasiado grandes del parámetro conducen a la obtención de una distribución suave.

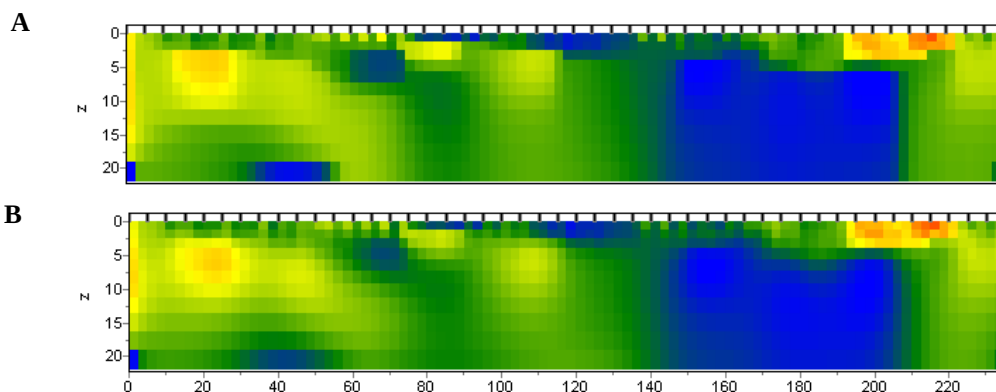


Fig. 51 **modelos como resultado de la inversión Focused con parámetro Threshold: 0.01 (A) y 0.1 (B)**

Sharpness – determina la relación entre la minimización del volumen de los objetos generadores de anomalías (0) y la obtención de una distribución suave por tramos en el medio (1) (véase la figura a continuación). Los valores de este parámetro se seleccionan de forma empírica.

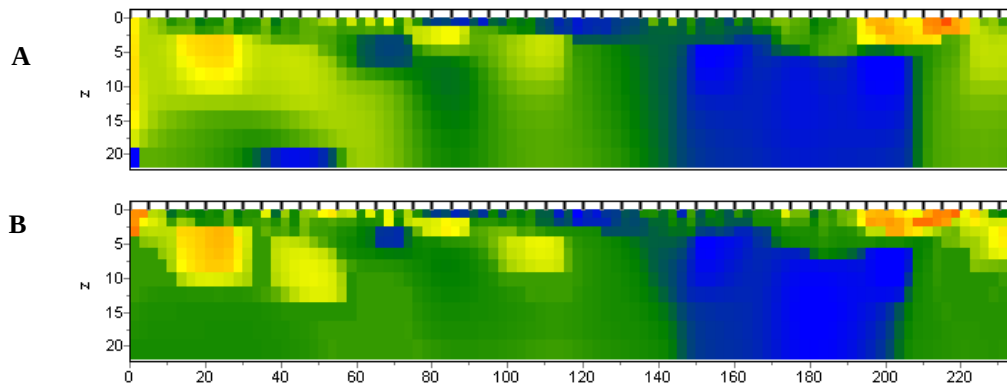


Fig. 52 **modelos resultantes de la inversión Focused con el parámetro Sharpness: 0.8 (A) y 0.2 (B)**

La segunda pestaña Options está destinada a la configuración de parámetros adicionales de inversión (fig. 53).

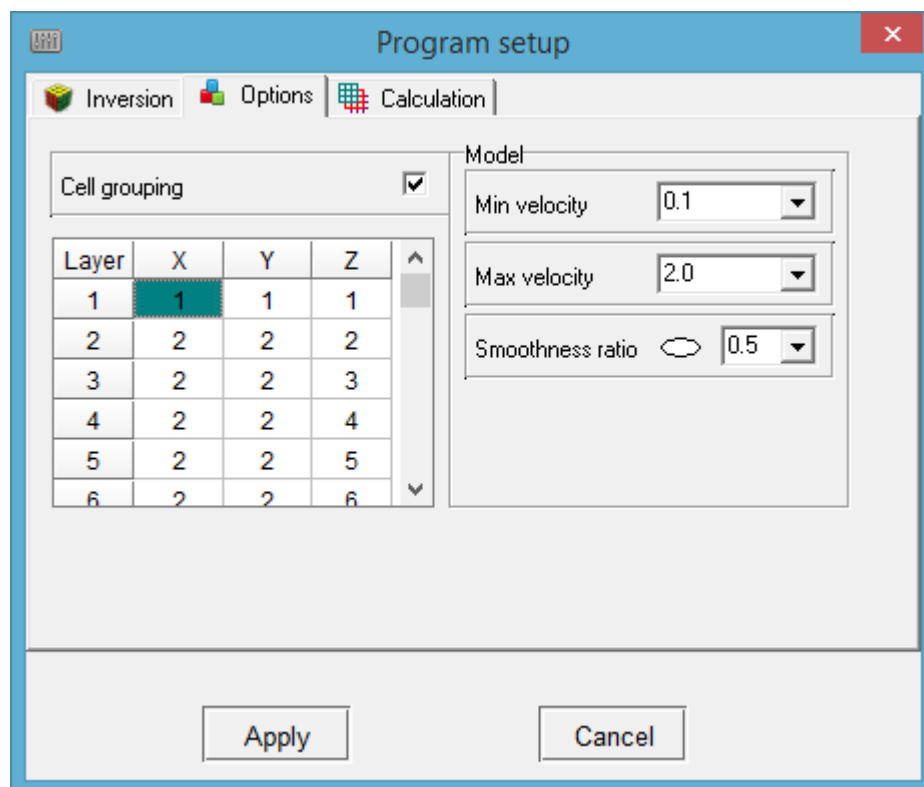


Fig. 53 **Ventana de diálogo Program setup, pestaña Options**

Min, Max (velocity, V_x/V_z , Q) – establece los límites de variación de los parámetros del modelo durante la inversión.

Smoothness ratio – determina la relación del grado de suavizado en las direcciones horizontal y vertical. Para estructuras horizontalmente estratificadas utilice valores de este parámetro <1 , para estructuras verticalmente estratificadas >1 . Generalmente, para este parámetro se utilizan valores de 0.2 a 1 (véase la figura a continuación).

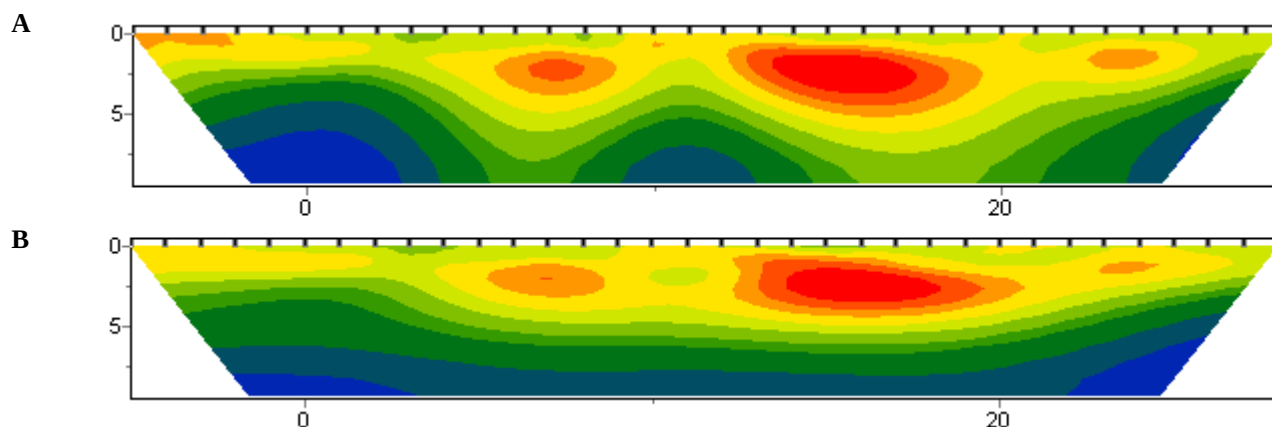


Fig. 54 **Modelos resultantes de la inversión «suave» con el parámetro Smoothness ratio: 1 (A) y 0.3 (B)**

Cell grouping – utilice esta opción en el caso de modelos grandes. La opción activa una tabla que permite agrupar celdas adyacentes y obtener un número menor de parámetros a determinar durante la inversión. Al utilizar esta opción, la cantidad de celdas para la resolución del problema directo permanece igual, mientras que la cantidad de celdas para la inversión se reduce. Idealmente, la cantidad de parámetros a ajustar debe ser comparable con la cantidad de datos.

La tabla contiene cuatro columnas: en la primera (Layer) se indica el número de capa del modelo original; en las tres columnas siguientes (X, Y, Z) es necesario indicar la cantidad de celdas (en la dirección correspondiente) contenidas en cada celda de la malla de inversión, para la capa dada. La malla de inversión se mostrará en el editor de modelo y en el modelo 3D durante su configuración. Un doble clic con el botón derecho del ratón sobre las celdas en las columnas X e Y permite agrupar las celdas en dirección horizontal para la capa dada y todas las capas subyacentes.

A continuación se muestran ejemplos de tres mallas de inversión para un corte XZ del modelo: en la primera, la malla de inversión corresponde a la del modelo (fig. 55A); en la segunda, a partir de la segunda capa, las celdas se agrupan de dos en dos (fig. 55B); en la tercera, a partir de la segunda capa, las celdas se agrupan de cuatro en cuatro (fig. 55C).

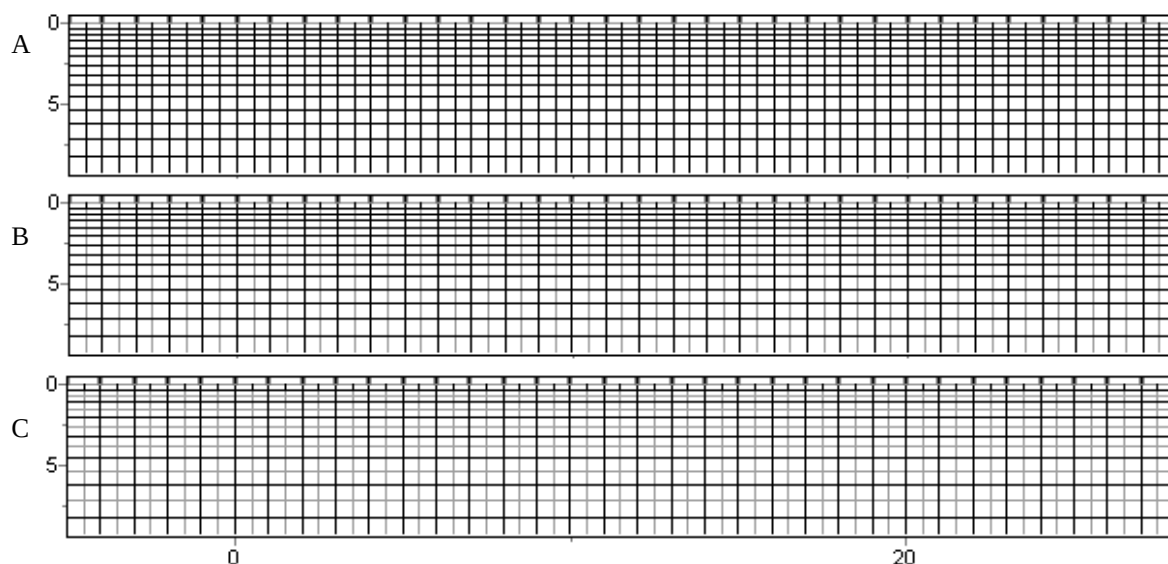


Fig. 55 Ejemplos de mallas de inversión.

La configuración de la pestaña Calculation se describe en la sección Modelado.

Pestaña Calculation: esquema de cálculo del problema directo

Calculation scheme (type of model) — esquema de cálculo de las trayectorias de rayos en un medio tridimensional:

- Velocity const for cell — el medio se divide en celdas con velocidad constante; los rayos se refractan en los límites de las celdas.

- Velocity const for node — la velocidad se define en los nodos y varía linealmente entre ellos. La cobertura de rayos resulta más suave, pero el cálculo es más lento. En este esquema, la inversión de anisotropía (Options / Inversion / Invert anisotropy) no está disponible.

- Quick velocity const for cell — variante acelerada del esquema con velocidad constante en la celda; se utiliza por defecto.

Accuracy (subnodes per cell $6 \cdot n^2$) — número de nodos de cálculo adicionales en las caras de la celda. Determina la precisión del cálculo del tiempo en unidades de longitud; su aumento mejora la precisión y el tiempo de cálculo.

Maximum rays deviation (fractions of 1) — desviación admisible de los rayos (fracción de 0.1 a 1; por defecto 0.35). Si el valor es incorrecto, se restablece a 0.35.

Límites de variación de los parámetros

Min par, Max par — límites generales de variación del parámetro del modelo durante la inversión. Si los límites (generales o individuales para las celdas) se establecen demasiado estrechos, la inversión intenta constantemente llevar los parámetros fuera de ellos, lo que ralentiza la convergencia. En este caso se recomienda activar Options / Inversion / Optimization / Lim based inv.

Modo de modelado e inversión de anisotropía

Actualmente, el programa implementa una variante sencilla de consideración de la anisotropía de las velocidades sísmicas. En el cálculo se utilizan diferentes valores de velocidad del elemento de la sección en las direcciones vertical y horizontal. La consideración de la anisotropía tiene una influencia especialmente fuerte en los resultados de las mediciones entre pozos.

El programa recupera el valor medio de la velocidad y la relación V_{xy}/V_z en el modo con velocidad constante en la celda. Para calcular la anisotropía, seleccione la función Invert Anisotropy en la pestaña Options/Inversion del menú principal del programa.

Se debe ser cauteloso al ajustar simultáneamente la velocidad media y el parámetro de anisotropía, ya que este proporciona un grado de libertad adicional (refuerza la equivalencia) a la solución. Es decir, es mejor utilizar este modo cuando se tiene la certeza de que en la sección existen rocas que se caracterizan por anisotropía.

Modo Attenuation tomography

El modo Attenuation tomography está destinado a la recuperación del parámetro de atenuación Q del medio. Para acceder a este módulo es necesario seleccionar la opción Attenuation en el menú Options/Model/Parameter/Attenuation del menú principal del programa. Después de esto, en el menú Options aparecerá una pestaña adicional Attenuation.

El algoritmo de cálculo supone que previamente se ha resuelto el problema inverso para las velocidades sísmicas y que la cobertura de rayos es conocida.

A la entrada del módulo se proporcionan los siguientes parámetros: trayectorias de los rayos sísmicos, sección de velocidades y amplitudes de las primeras llegadas. Las amplitudes se determinan automáticamente durante el picado de las curvas tiempo-distancia de las primeras llegadas. Cabe señalar que, para este algoritmo, es más correcto realizar el picado por los valores máximos (en valor absoluto).

Un parámetro muy importante en la inversión de amplitudes es el modelo de velocidades base (cobertura de rayos). Por ello, antes de iniciar el procedimiento de cálculo, asegúrese de que los rayos cubren la sección de manera suficientemente completa en toda el área. El algoritmo de inversión de amplitudes utiliza los mismos ajustes principales que la tomografía de ondas refractadas. Un parámetro adicional que es necesario definir antes del cálculo es la frecuencia media de la señal útil (Attenuation/Frequency). Esta puede estimarse visualmente o a partir del espectro medio de los sismogramas. Para iniciar el procedimiento de cálculo se utiliza el botón



. Durante el proceso iterativo de inversión, en las secciones del modelo se mostrará el modelo del parámetro Q , y en la parte superior, los gráficos observados y calculados de amplitud.

A la entrada del procedimiento se proporcionan las trayectorias de los rayos, la sección de velocidades y las amplitudes de las primeras llegadas. Las amplitudes se recopilan en el módulo de picado (Options / Collect amplitudes from shot, Collect amplitudes from all) mediante la ventana de búsqueda del máximo. Los parámetros de la ventana se definen en el diálogo Amplitudes collect settings del menú Settings. El ancho correcto de la ventana es importante para obtener un resultado estable.

Antes de calcular la atenuación se necesita un modelo de velocidades con buena cobertura de rayos en toda la sección: los rayos se toman del problema directo para el modelo de velocidades actual.

En el modo Attenuation (Options / Model / Parameter / Attenuation), en el panel de gráficos se muestran las amplitudes en lugar de las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas). Se pueden visualizar individualmente o en grupos mediante la leyenda y la rueda del ratón. Antes de la inversión se establecen la frecuencia media de la señal útil (Options / Attenuation / Frequency) y el offset máximo considerado (Options / Attenuation / Max offset). En esta versión se ha corregido el cálculo de la atenuación por subcapas (error de indexación).

El resultado es la distribución del parámetro de atenuación Q. Junto con la sección de velocidades, se utiliza para la evaluación de la fracturación y el grado de saturación de agua de las rocas.

Estimación del error de ajuste como resultado de la inversión

Una estimación rápida del resultado de la inversión puede realizarse a partir del valor del error de ajuste relativo. Este parámetro se muestra en porcentaje en la parte central de la barra de estado del programa (5.^a sección). Por regla general, con una calidad de datos satisfactoria, el valor no debe superar el 2-3 %.

La convergencia para cada medición entre los valores observados y calculados puede evaluarse en el mapa de isolíneas o en la pseudosección, mediante la opción Options / Data / Data Misfit.

Las estimaciones del error de ajuste permiten realizar un descarte adicional de 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

Los métodos más eficaces para mejorar la calidad de la interpretación de datos son la integración de métodos geofísicos de prospección y la consideración de información a priori. En el programa se han implementado varios modos de visualización de la información a priori. Mediante la opción Options / Import/Export se puede cargar diversa información geológica y geofísica: modelos de proyectos de otros programas Zond, imágenes gráficas como fondo de la sección (por ejemplo, una sección geológica o de resistividades) (véase la figura a continuación).

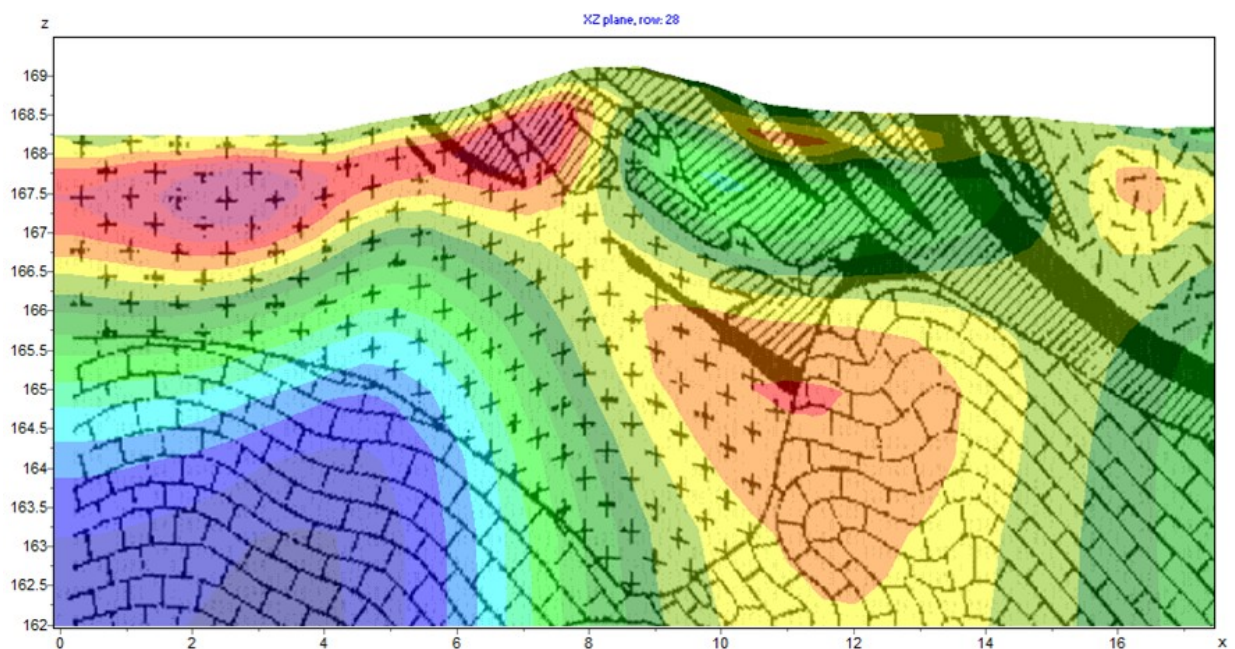


Fig. 56 Ejemplo de uso de la función «Background 2D»

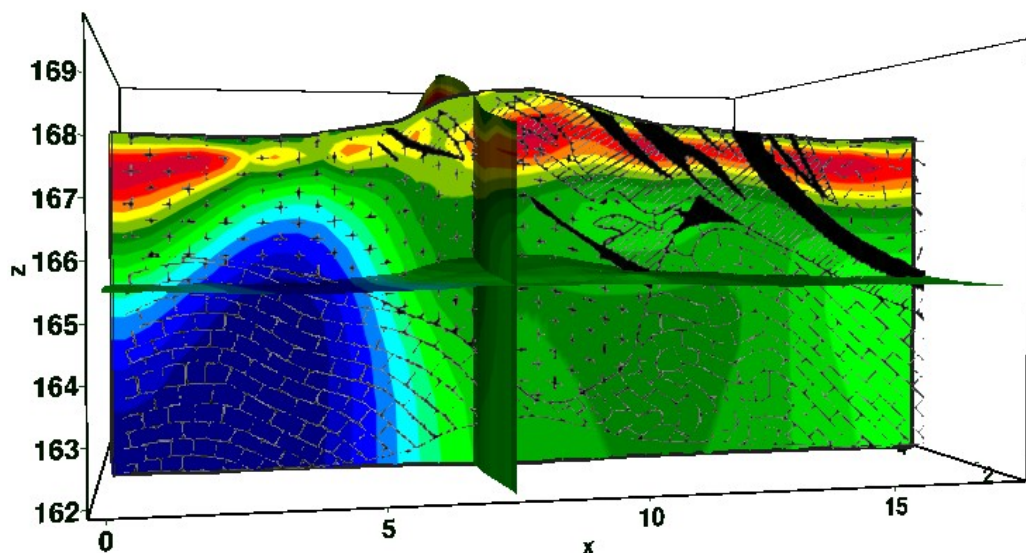


Fig. 57 Ejemplo de uso de la función «Background 3D»

Para comparar los resultados de distintos métodos también resulta útil emplear las funciones Build in mod2d's y Buld-in mod3d. Estas opciones permiten cargar modelos guardados en otros programas Zond, como archivos con extensión MOD3D y MOD2D, en el modelo actual.

Creación de datos de pozo

La adición de datos de registro de pozo (diagrafía) y litología se realiza en un módulo especial Options / Borehole / Create / Edit borehole data (véase la figura a continuación). El módulo permite crear, editar y visualizar columnas litológicas y datos de diagrafía a lo largo del perfil de observación.

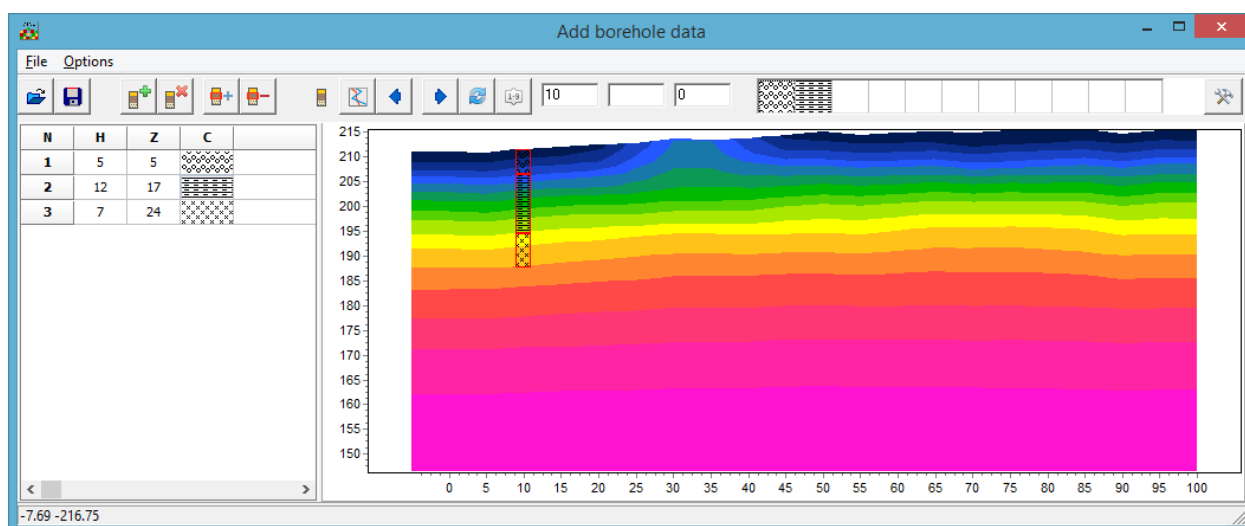


Fig. 58 Módulo de adición de datos de diagrafía y litología de pozos

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

	Abrir archivo de litología
	Guardar archivo de litología
	Crear un nuevo pozo
	Eliminar pozo
	Agregar capa en el pozo
	Eliminar capa en el pozo
	Modo de columnas litológicas
	Modo de datos de diagrafía

	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 (no más de 5 caracteres)
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 en forma gráfica.

Para comenzar a crear un archivo de litología es necesario pulsar el botón  en la barra de herramientas. A continuación, en la sección izquierda aparecerá una nueva tabla. Mediante el botón  es necesario establecer el número requerido de capas. A continuación, se debe editar la tabla, estableciendo los valores de espesor o profundidad de la base de cada una de las capas, así como seleccionar el tipo de relleno de acuerdo con la litología. El diálogo de configuración de relleno Pattern Color Editor se abre con doble clic del botón izquierdo del ratón en la columna C de la ventana de datos (fig. 59). El programa ofrece una amplia selección de rellenos litológicos. En la opción Color se puede seleccionar el color del relleno.



Fig. 59 Ventana del editor de relleno

Una vez finalizada la introducción de datos del pozo, es necesario pulsar el botón  y el pozo aparecerá en la ventana gráfica. Después de esto, es necesario establecer las coordenadas

horizontal y vertical del pozo en la barra de herramientas en kilómetros, tras lo cual el pozo se representará de acuerdo con sus coordenadas. En la ventana gráfica, el pozo activo se muestra en color rojo.

Para facilitar el trabajo con un gran número de pozos, el programa dispone de la posibilidad de crear una paleta. Para crear una paleta, seleccione el relleno necesario en la columna de rellenos de la Ventana de datos y luego haga clic con el botón derecho del ratón en el área de rellenos en la barra principal del programa. De esta manera se puede crear un conjunto de

rellenos, que luego puede ser guardado. Para ello, pulse el botón  y seleccione Save default palette. El conjunto de rellenos guardado puede ser utilizado al crear un nuevo archivo de datos de litología y registros de pozo ( - **Load default palette**).

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

Después de guardar el archivo de datos, se crearán varios archivos: *.crt – proyecto del módulo, que puede ser cargado en el programa ZondST3D, y *.txt – archivo para cada pozo, cuyos nombres corresponden a las coordenadas horizontal y vertical

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

Estructura del archivo *.txt: la primera columna contiene la profundidad del punto de registro (desde la superficie del terreno), la segunda columna contiene las mediciones de registros de pozo. La tercera y cuarta columnas contienen ceros. El separador entre columnas es la tecla TAB. A continuación se muestra un ejemplo de archivo de datos de registros de pozo, representados en la sección en forma de gráficos (véase la figura a continuación):

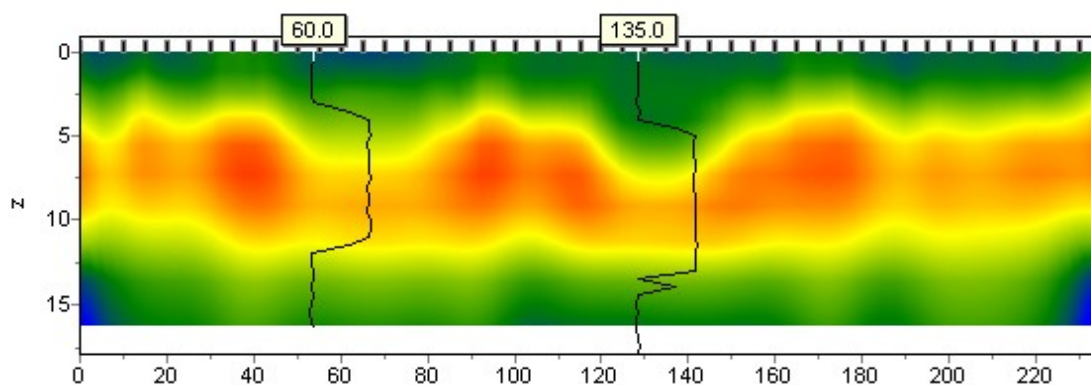


Fig. 60 **Modelo con diagramas de registros de pozo superpuestos**

Para la creación del 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 – el color de la capa en la columna litológica, la cuarta columna – el tipo de trama en la columna litológica. Las columnas se separan con espacios. Un ejemplo de modelo con columnas litológicas superpuestas se muestra en la figura a continuación.

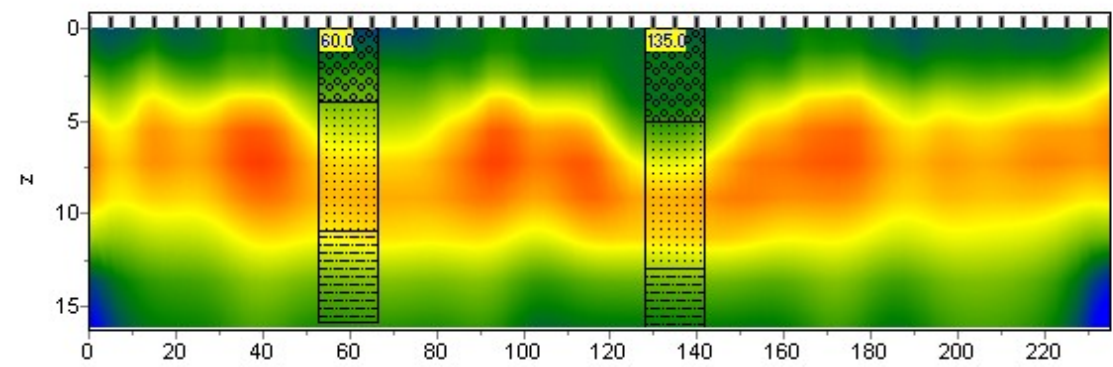


Fig. 61 **Modelo con columnas litológicas superpuestas**

A continuación se presenta una lista de las primeras 23 tramas que se pueden utilizar al crear la columna litológica.

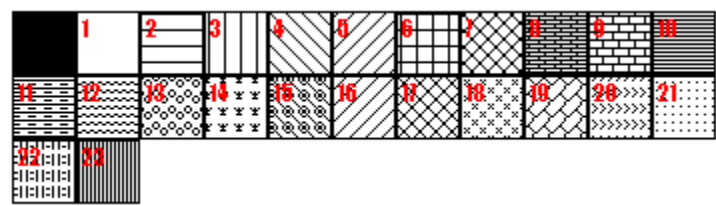


Fig. 62 **Variantes de tramado de la columna litológica**

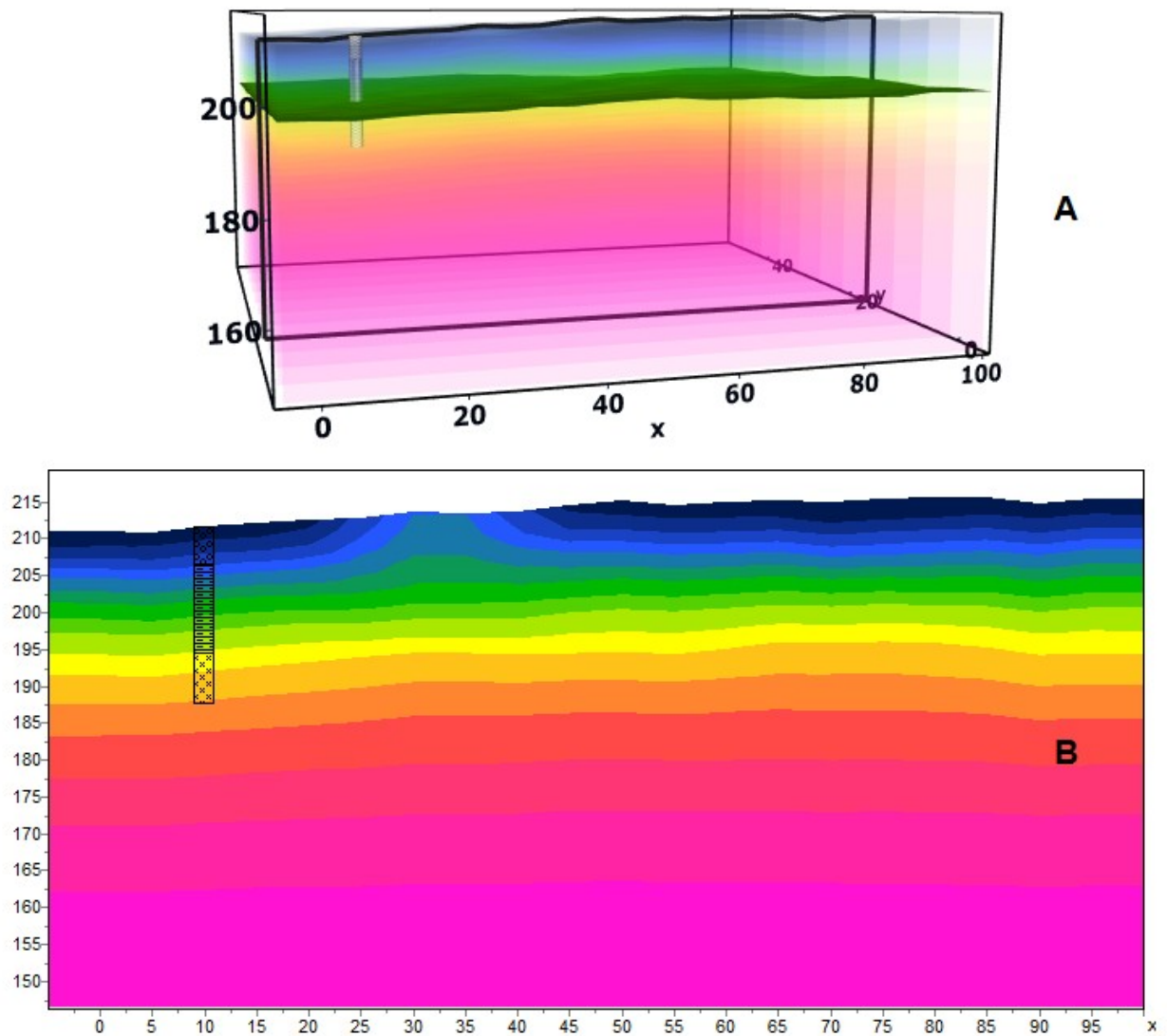


Fig. 63 Visualización de la información de pozo en el modelo volumétrico (A) y en el corte (B)

Resultados de la interpretación

Modos y parámetros de visualización del corte del modelo

El corte del modelo se puede representar en forma de celdas Options / Model / Block-section (véase la figura a continuación) o en una paleta de interpolación suave Options / Model / Smooth-section (véase la figura a continuación).

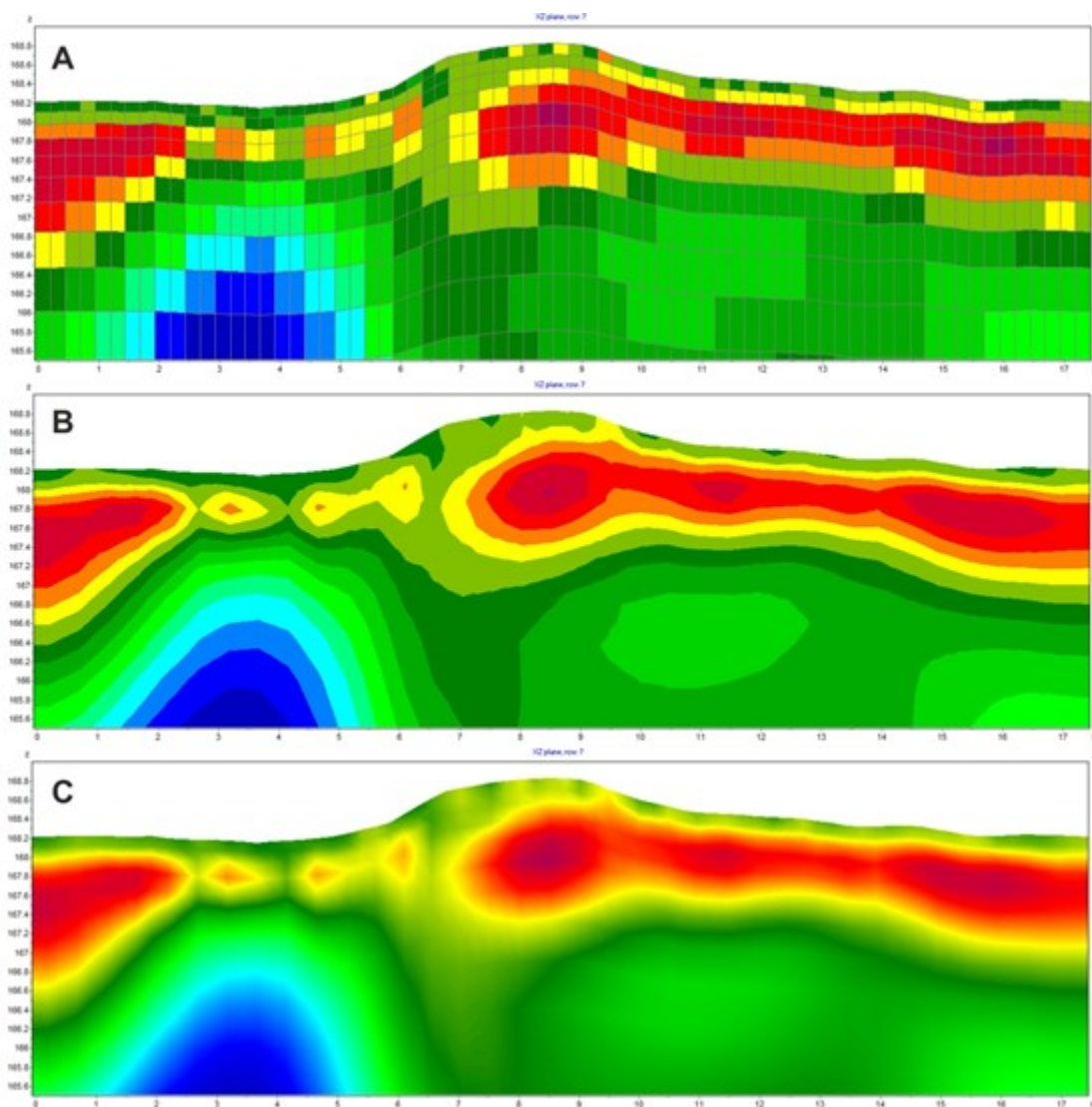


Fig. 64 Variantes de representación del modelo: Block-section (A), Smooth-section en forma de sección de isolíneas (B) y Smooth-section en forma de modelo en paleta de interpolación suave (C)

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

Modos y parámetros de visualización del modelo volumétrico

El modelo volumétrico sirve para representar el resultado en forma tridimensional. La escala de la imagen se controla con la rueda del ratón. La rotación del modelo se realiza manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón.

Las opciones adicionales de visualización están disponibles al pulsar el botón derecho del ratón en el área del modelo 3D, tras lo cual aparece el diálogo 3D Options.

El diálogo de configuración de parámetros de la 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 ajustes más precisos de los parámetros de transparencia del modelo se debe utilizar el botón  (véase la figura a continuación).

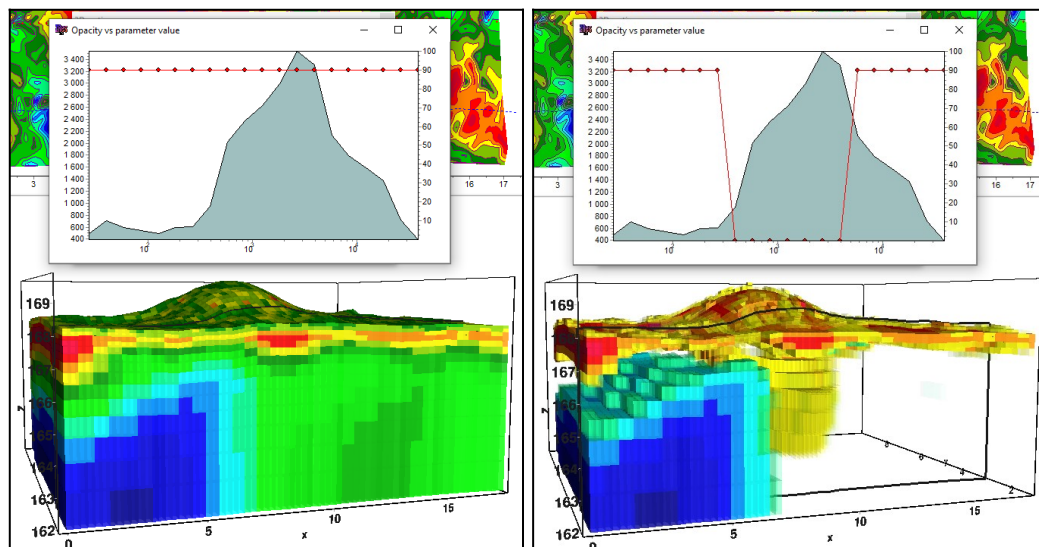
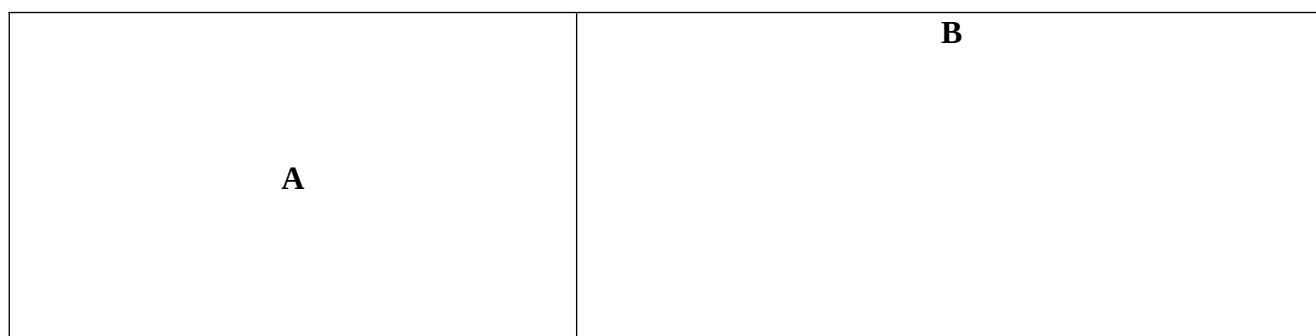


Fig. 65 Ejemplo de trabajo con el cuadro de diálogo «Opacity vs parameter value»

En la ventana «Opacity vs parameter value» se muestra mediante un gráfico azul (relleno) la distribución del parámetro actual. El gráfico rojo representa el valor de transparencia en función del parámetro. Normalmente, el valor del parámetro del medio encajante corresponde al máximo en el gráfico de distribución. Si es necesario mostrar únicamente los objetos anómalos, se reduce la transparencia de los parámetros cercanos al valor del medio encajante. La modificación del perfil de transparencia se realiza con ayuda del ratón.

Pestaña Pie-cut: construye el modelo limitado por las secciones seleccionadas por el usuario (véase la figura a continuación).

La opción Smooth activa el modo de construcción gráfica del modelo con relleno de interpolación continua. Tres controles deslizantes determinan las posiciones de los límites de corte del modelo.



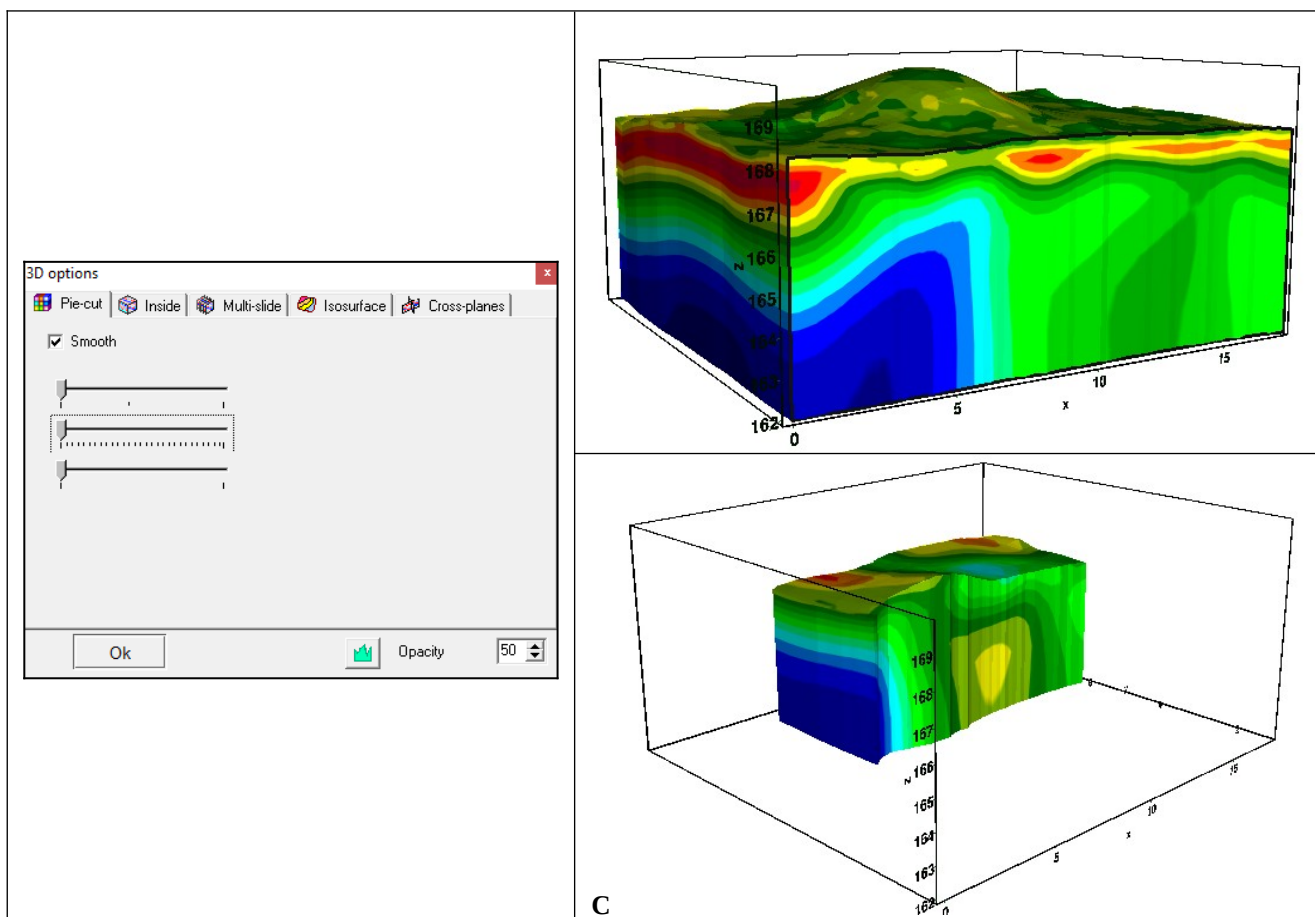


Fig. 66 Cuadro de diálogo 3D options, pestaña Pie-cut (A) y ejemplos de la visualización correspondiente del modelo (B, C)

Pestaña Inside: construye el modelo en forma de bloques (véase la figura a continuación). La transparencia de los bloques se puede controlar con la opción Opacity. El control deslizante en la parte superior establece el tamaño relativo de la celda de 0 a 100 por ciento. La opción Hide half-space prohíbe el dibujo de bloques cuyo valor es igual al valor del semiespacio (resulta conveniente utilizarla en el modo de modelización).

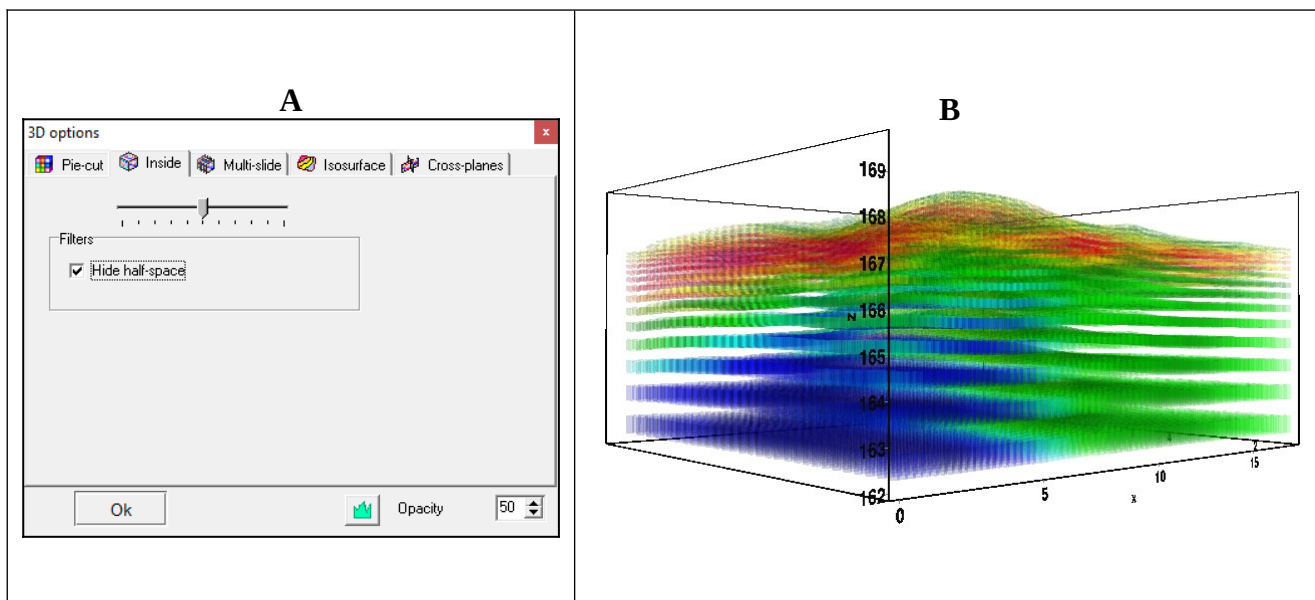


Fig. 67 **Cuadro de diálogo 3D options, pestaña Inside (A) y ejemplos de la visualización correspondiente del modelo (B)**

Pestaña Multi-slide: muestra una estantería de cortes semitransparentes del modelo a lo largo de una de las direcciones (véase la figura a continuación). La opción Smooth activa el modo de construcción gráfica del modelo con relleno de interpolación continua. La opción Automatic activa la selección automática de la dirección de construcción de la estantería en función del ángulo de visión.

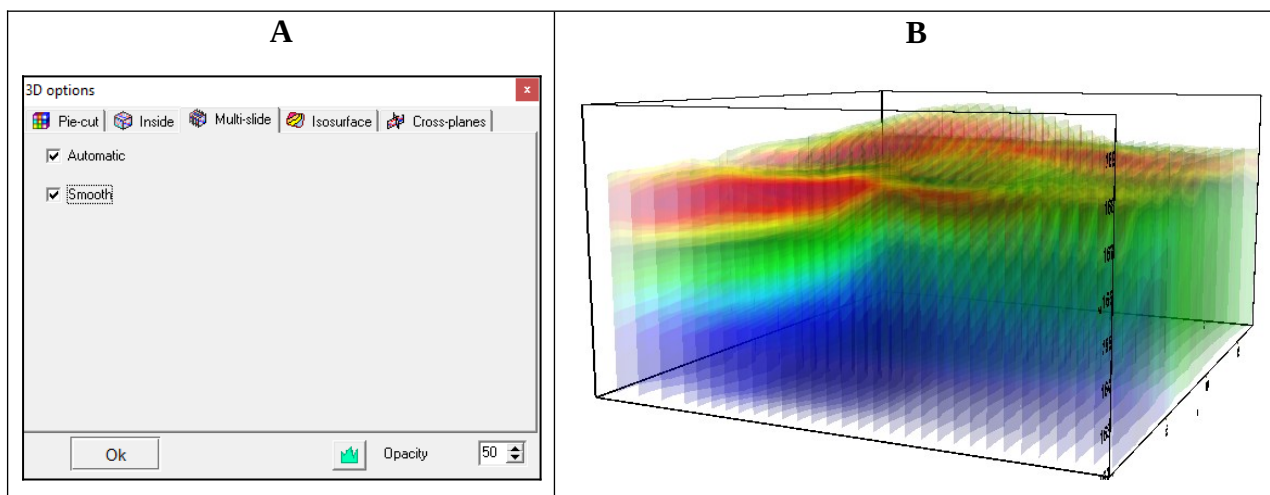
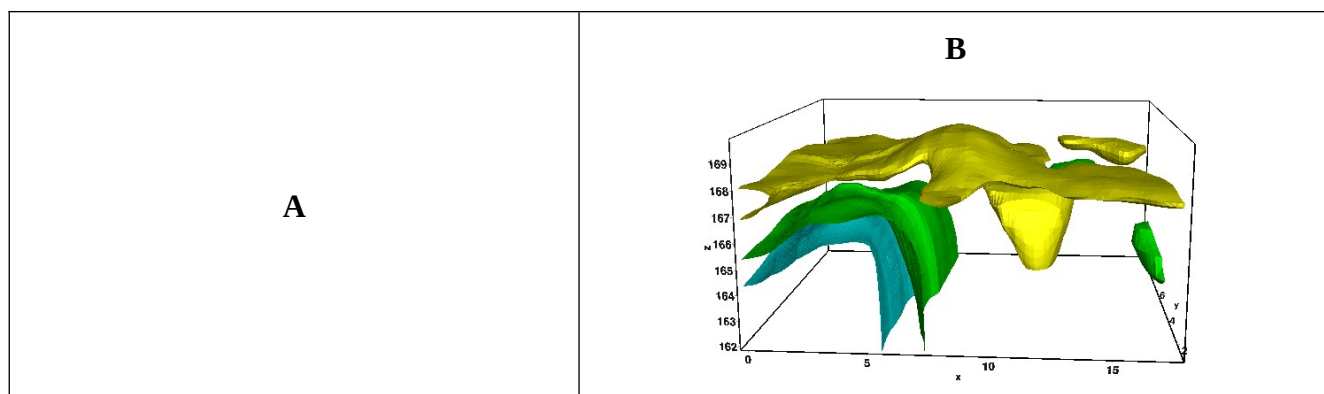


Fig. 68 **Cuadro de diálogo 3D options, pestaña Multi-slide (A) y ejemplo de la visualización correspondiente del modelo (B)**

Pestaña Isosurface: muestra las isosuperficies tridimensionales de los parámetros de la sección (véase la figura a continuación). Tres controles deslizantes determinan los valores a partir de los cuales se construirán las isosuperficies. El control deslizante Smoothness determina el grado de suavidad de la isosuperficie. La opción VolRender activa el modo de representación de una niebla semitransparente cuyo color está determinado por los parámetros del modelo.



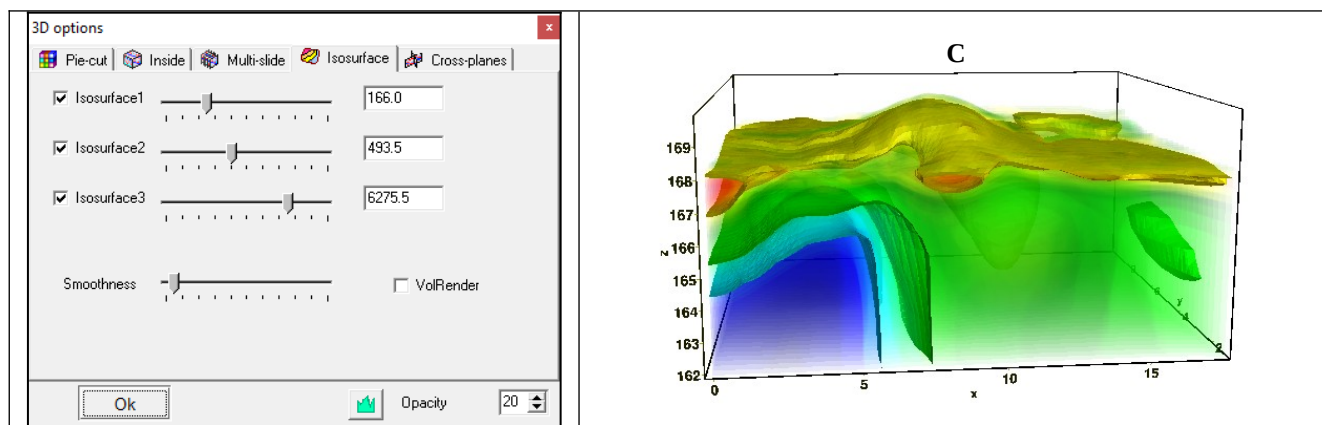


Fig. 69 Cuadro de diálogo 3D options, pestaña Isosurface (A) y ejemplos de la visualización correspondiente del modelo (B, C)

Pestaña Cross-planes: muestra tres planos semitransparentes mutuamente intersecantes (véase la figura a continuación). La opción Smooth activa el modo de construcción gráfica del modelo con relleno de interpolación continua. Tres controles deslizantes determinan las posiciones de los planos de intersección del modelo.

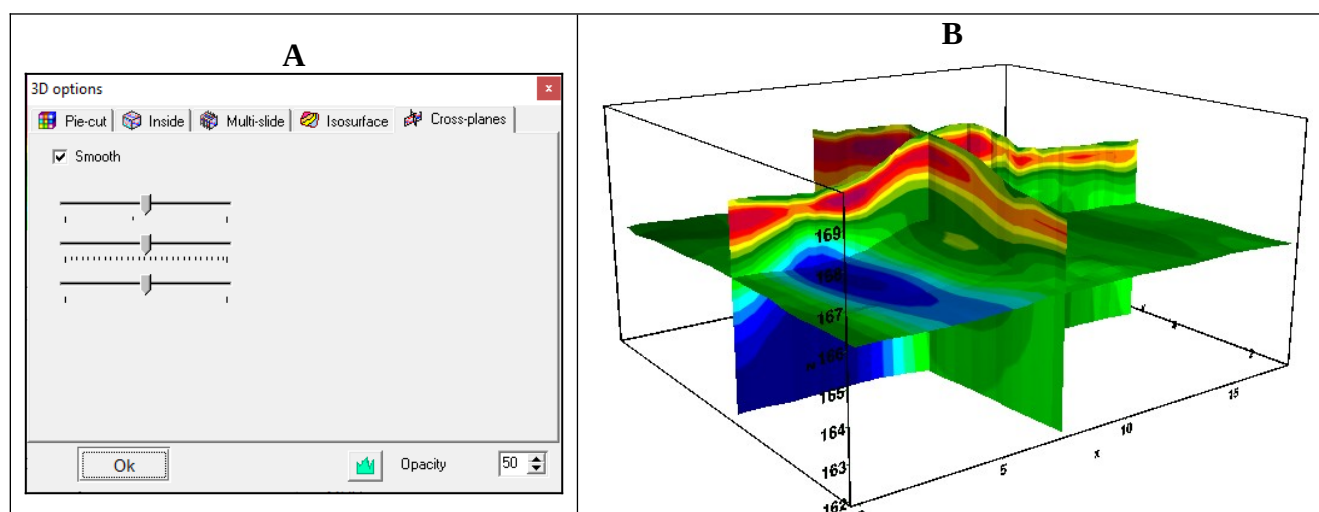


Fig. 70 Cuadro de diálogo 3D options, pestaña Cross-planes (A) y ejemplo de la visualización correspondiente del modelo (B)

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

Recorte del modelo

Las zonas marginales del modelo suelen caracterizarse por una peor capacidad de resolución. Muy a menudo estas áreas contienen numerosas anomalías falsas. La opción Options / Model/ Cut by rays permite ocultar los bordes del modelo no cubiertos por rayos.

El recorte no puede realizarse para todos los tipos de modelos 3D.

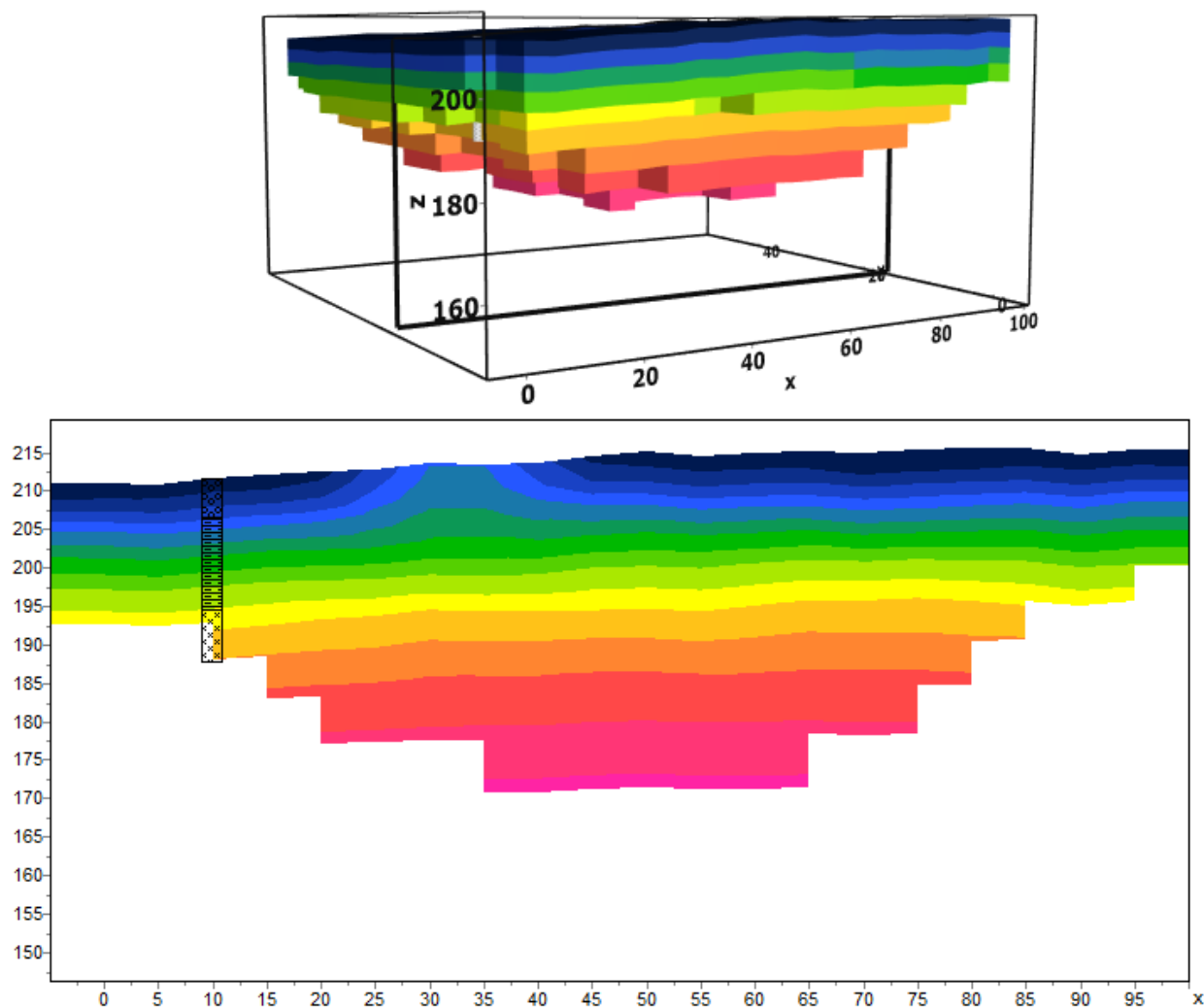


Fig. 71 Ejemplo de un modelo y su corte con recorte por rayos

Trabajo con varios modelos en un mismo proyecto

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

Para guardar el modelo actual en el búfer, es necesario pulsar uno de los botones correspondientes a las celdas del búfer. El diálogo que aparece permite introducir el nombre del modelo, que a partir de ese momento se mostrará en el botón correspondiente de la lista Buffer y como título al visualizar el modelo.

El botón Buffer / Open permite ver en una sola ventana todos los modelos cargados en el búfer, lo que resulta cómodo para compararlos (para la sección seleccionada).

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

Si la celda seleccionada en el búfer no está vacía, el programa preguntará si deseamos abrir ese modelo (From Buffer) o guardar el actual en su lugar (To buffer). Al seleccionar From Buffer, el modelo del búfer se colocará en lugar del modelo activo actual en el editor de sección.

El búfer (menú Buffer) almacena hasta cuatro modelos dentro de un mismo proyecto (botones Model 1 – Model 4). Al pulsar el botón de una celda vacía del búfer, se guarda en ella el modelo actual; en el diálogo que aparece se introduce el nombre del modelo. Si la celda ya está ocupada, aparece una consulta: la confirmación sobrescribe la celda con el modelo actual, la cancelación carga el modelo de la celda como modelo actual. Con la opción Only current activada, del búfer se carga únicamente el modelo del parámetro actual (Vp o Vs), y no ambos.

Buffer / Open abre la ventana Sections from buffer: las secciones de todos los modelos del búfer en la posición actual del plano de corte se muestran con una paleta y escalas unificadas, lo que resulta cómodo para comparar los resultados de inversión con diferentes parámetros.

Guardado de los resultados de interpretación

El resultado de la interpretación (proyecto) se almacena en un archivo binario en formato ZondST3D (extensión *.st3). En este archivo se guardan los datos de campo y los calculados, los valores de los pesos relativos de las mediciones, el modelo actual del medio y mucho más.

Para guardar el resultado de la interpretación, pulse el botón  de la barra de herramientas o el elemento de menú correspondiente File / Save file.

Las opciones disponibles para el guardado se presentan en la tabla:

Project file	Guardar los valores medidos, el modelo actual del medio y todos los ajustes en el archivo de proyecto.
Project with calculated data	Guardar los valores medidos, el modelo actual del medio y todos los ajustes en el archivo de proyecto. En este modo, los valores observados se sustituyen por los calculados. Esto es muy útil para probar la inversión con diferentes modelos.
Observed	Guardar los valores observados en un archivo de texto en formato st3.
Calculated data	Guardar los valores calculados en un archivo de texto en formato st3.
XYZV	Guardar el modelo como archivo de texto. Este archivo puede ser utilizado por un programa externo para la visualización del modelo 3D.

XYZ	Guardar la sección actual como archivo de texto. Este archivo puede ser utilizado por un programa externo para la construcción de una malla (grid) y la visualización de la sección 2D del modelo.
-----	--

Ventanas y diálogos adicionales

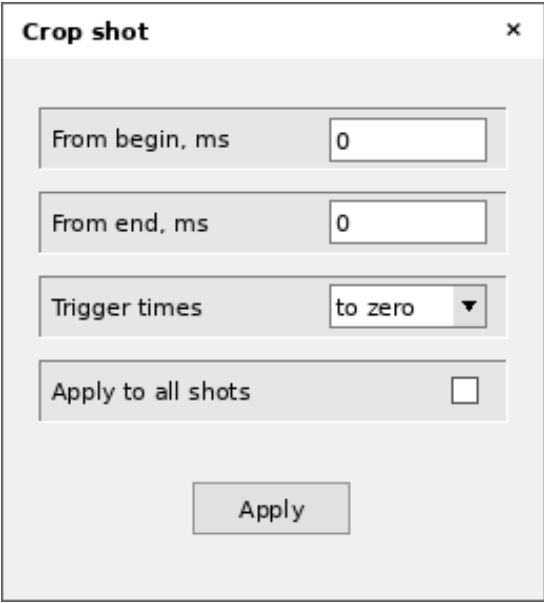
En esta sección se describen las ventanas y los diálogos no tratados en otras secciones. Las figuras de las ventanas están construidas a partir de la descripción de los formularios del programa; la disposición de los elementos corresponde al programa, mientras que los gráficos y las tablas se muestran vacíos.

Módulo de picado de sismogramas (Trace editor)

Diálogo Crop shot

Acceso: Trace editor → Tools → Crop shot. Antes de abrir el diálogo, el programa verifica la existencia de datos cargados y muestra una advertencia sobre la pérdida de los datos originales. El diálogo se abre únicamente si se confirma la advertencia.

La ventana está destinada al recorte de sismogramas (registros de disparo). Permite definir la magnitud del recorte desde el inicio y desde el final del registro en milisegundos, seleccionar el modo de tratamiento de los tiempos de activación del trigger, así como aplicar la operación al disparo actual o a todos los disparos.



The image shows a software dialog box titled "Crop shot" with a close button (X) in the top right corner. Inside the dialog, there are four rows of controls:

- The first row has the label "From begin, ms" followed by a text input field containing the number "0".
- The second row has the label "From end, ms" followed by a text input field containing the number "0".
- The third row has the label "Trigger times" followed by a dropdown menu currently displaying "to zero" with a downward arrow.
- The fourth row has the label "Apply to all shots" followed by an unchecked checkbox.

 At the bottom center of the dialog is an "Apply" button.

Fig. 72 Diálogo Crop shot

From begin, ms – Magnitud del recorte del registro desde el inicio en milisegundos. El valor predeterminado es 0. Al modificar el valor, en el gráfico del editor de trazas se muestra una línea de recorte cuya posición se recalcula teniendo en cuenta el paso de muestreo del disparo actual.

From end, ms – Magnitud del recorte del registro desde el final en milisegundos. El valor predeterminado es 0. Al modificar el valor, en el gráfico se muestra una línea de recorte relativa a la última muestra del disparo actual.

Trigger times – Lista desplegable que determina el modo de tratamiento de los tiempos de activación del trigger durante el recorte. Opciones: «to zero» (poner a cero), «correct» (corregir), «keep» (mantener sin cambios). Por defecto se selecciona «to zero».

Apply to all shots – Casilla de verificación. Si está activada, la operación de recorte se aplica a todos los disparos del proyecto. Si está desactivada, solo al disparo activo actual. Por defecto está desactivada.

Apply – Botón. Ejecuta el recorte del sismograma con los parámetros definidos y cierra la ventana. Si los valores en los campos de recorte no son números válidos, la operación no se ejecuta.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir el diálogo a través del menú Tools → Crop shot y confirmar la advertencia sobre la pérdida de los datos originales.

2. En el campo «From begin, ms» introducir la magnitud del recorte desde el inicio del registro en milisegundos. Al introducir el valor, en el gráfico del editor de trazas se muestra la posición correspondiente de la línea de recorte.

3. En el campo «From end, ms» introducir la magnitud del recorte desde el final del registro en milisegundos. Al introducir el valor, en el gráfico también se muestra la posición de la línea de recorte.

4. En la lista «Trigger times» seleccionar el modo de tratamiento de los tiempos del trigger: «to zero», «correct» o «keep».

5. Si es necesario, activar la casilla «Apply to all shots» para que el recorte se aplique a todos los disparos.

6. Pulsar el botón «Apply» para ejecutar el recorte. La ventana se cerrará automáticamente.

Nota. La operación de recorte es irreversible: los datos originales se perderán, lo cual se advierte antes de abrir la ventana.

Nota. El diálogo no está disponible en los modos de reversión, multidisparo y CMP.

Nota. Los valores en los campos de entrada deben ser números válidos; de lo contrario, la operación no se ejecutará.

Diálogo Resampling

Acceso: menú «Tools > Resample shot» en la ventana Trace editor. Antes de abrir el diálogo, el programa solicita confirmación de que los datos originales se perderán.

La ventana está destinada al remuestreo (cambio del paso de muestreo) de las trazas sísmicas. Permite definir un nuevo paso de muestreo, igualar la longitud de las trazas y aplicar la operación a todas las fuentes o solo a la activa.

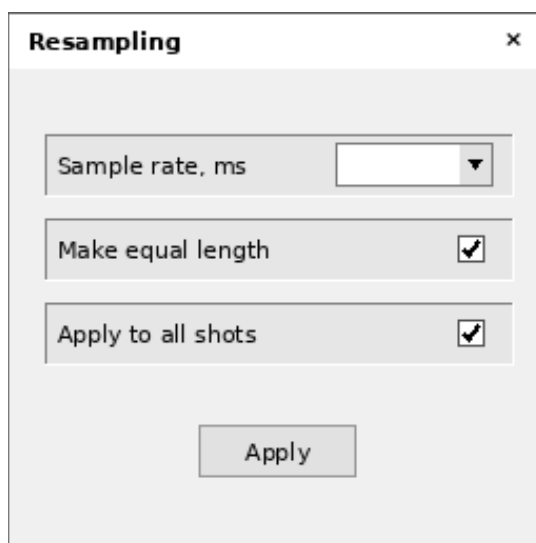


Fig. 73 Diálogo Resampling

Sample rate, ms – Lista desplegable para seleccionar el paso de muestreo en milisegundos. Al abrir la ventana, se rellena automáticamente con todos los valores únicos del paso de muestreo actual de los datos cargados, ordenados de forma ascendente. Por defecto se selecciona el primer valor. Se permite la introducción manual de un valor arbitrario. Rango admisible: mayor que 0 y no superior a 1000 ms. Si se introduce un valor fuera del rango, el botón «Apply» no realiza ninguna acción.

Make equal length – Casilla activada por defecto. Si está marcada, durante el remuestreo todas las trazas se ajustan a la misma longitud.

Apply to all shots – Casilla activada por defecto. Si está marcada, el remuestreo se aplica a todas las fuentes. Si está desmarcada, solo se aplica a la fuente activa actual.

Apply – Botón de aplicación. Ejecuta el remuestreo teniendo en cuenta el paso establecido y el estado de las casillas, y a continuación cierra la ventana. El valor del paso se verifica para comprobar que es admisible (mayor que 0 y no superior a 1000 ms).

Procedimiento de trabajo:

1. Seleccionar la opción de menú «Tools > Resample shot» en la ventana Trace editor.
2. Confirmar la advertencia sobre la pérdida de los datos originales.
3. En la ventana abierta, seleccionar de la lista desplegable o introducir manualmente el paso de muestreo requerido en milisegundos (rango admisible: mayor que 0 y no superior a 1000).
4. Si es necesario, activar o desactivar la casilla «Make equal length» para igualar la longitud de las trazas.
5. Si es necesario, activar o desactivar la casilla «Apply to all shots» para aplicar la operación a todas las fuentes o solo a la activa.

6. Pulsar el botón «Apply» para ejecutar el remuestreo y cerrar la ventana.

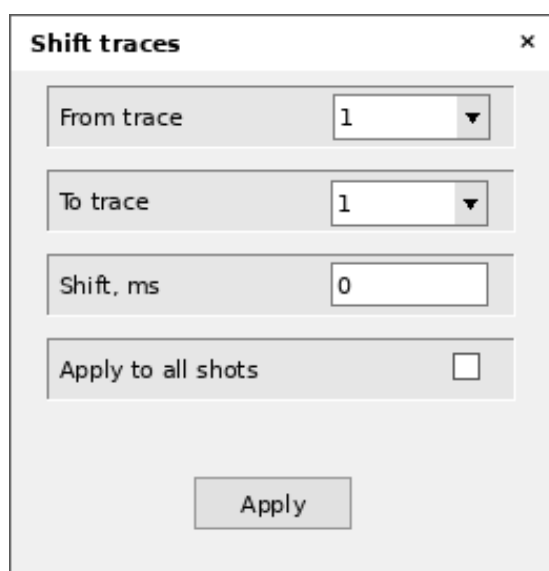
Nota. La opción de menú «Resample shot» no está disponible si no hay datos cargados o si está activo el modo de reversión, fuentes múltiples o CMP.

Nota. La lista de valores del paso de muestreo se genera automáticamente a partir de los intervalos reales entre las muestras de tiempo en los datos cargados.

Diálogo Shift traces

Acceso – Trace editor → Tools → Shift traces. Al invocar el diálogo aparece la advertencia «Original data will be lost, continue?»; para continuar es necesario confirmar.

La ventana está destinada al desplazamiento temporal (corrección estática) de un rango seleccionado de trazas sísmicas en una magnitud dada en milisegundos. El desplazamiento puede aplicarse a las trazas del disparo actual o a todos los disparos simultáneamente. La operación modifica tanto los datos observados como los procesados de las trazas; los datos originales se pierden.



The image shows a dialog box titled "Shift traces" with a close button (X) in the top right corner. Inside the dialog, there are four input fields arranged vertically. The first field is labeled "From trace" and has a dropdown menu with the value "1". The second field is labeled "To trace" and also has a dropdown menu with the value "1". The third field is labeled "Shift, ms" and has a text box with the value "0". The fourth field is labeled "Apply to all shots" and has an unchecked checkbox. At the bottom of the dialog, there is an "Apply" button.

Fig. 74 Diálogo Shift traces

From trace – Número de la traza inicial del rango. El valor por defecto es 1. El rango admisible es de 1 al número de trazas en el disparo actual. Si el valor de «From trace» es mayor que «To trace», el programa determina automáticamente el menor de los dos como inicio del rango.

To trace – Número de la traza final del rango. El valor por defecto es igual al número de trazas en el disparo actual. El rango admisible es de 1 al número de trazas en el disparo actual.

Shift, ms – Magnitud del desplazamiento temporal en milisegundos. El valor por defecto es 0. Se permiten valores positivos y negativos en punto flotante. Un valor positivo desplaza los datos de la traza hacia tiempos más tempranos (elimina las muestras iniciales); un valor negativo los desplaza hacia tiempos más tardíos (inserta muestras con valor cero al inicio). La magnitud del desplazamiento se convierte en número de muestras en función del paso de muestreo.

Apply to all shots – Casilla (desactivada por defecto). Si está activada, el desplazamiento se aplica a todos los disparos del proyecto. Si está desactivada, solo se aplica a las trazas del disparo activo actual.

Apply – Botón de aplicación del desplazamiento. Ejecuta el desplazamiento de datos para el rango de trazas indicado en la cantidad especificada de milisegundos. Las muestras liberadas se rellenan con ceros. Tras la aplicación, la ventana se cierra.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana a través del menú Tools → Shift traces y confirmar la advertencia sobre la pérdida de los datos originales.
2. Indicar el rango de trazas en los campos «From trace» y «To trace». El orden de los valores no importa: el programa determina automáticamente el inicio y el final del rango.
3. Introducir el valor del desplazamiento en milisegundos en el campo «Shift, ms». Un valor positivo desplaza la traza hacia el inicio; un valor negativo, hacia el final.
4. Si es necesario aplicar el desplazamiento a todos los disparos, activar la casilla «Apply to all shots».
5. Pulsar el botón «Apply» para ejecutar la operación. La ventana se cerrará automáticamente.

Nota. La operación es irreversible: los datos originales de las trazas se sobrescriben. Antes de la ejecución, el programa solicita confirmación.

Nota. El desplazamiento se aplica tanto a los datos observados como a los datos procesados de cada traza dentro del rango indicado.

Nota. Si el paso de muestreo de algún disparo es igual a cero, dicho disparo se omite durante el procesamiento.

Nota. Las muestras que quedan fuera de los límites del arreglo de datos de la traza se rellenan con valores nulos.

Diálogo Group&Sort traces

Invocación – Opción de menú «Tools» → «GroupSort» en la ventana Trace editor.

La ventana está destinada a la agrupación y ordenación de trazas de datos sísmicos. Permite seleccionar el modo de ordenamiento de las trazas en los nuevos perfiles y establecer el número de canales para la división o la unión.

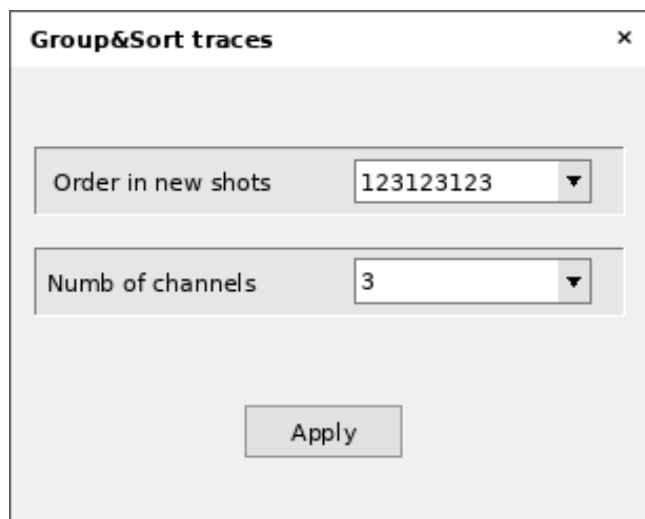


Fig. 75 Diálogo Group&Sort traces

Order in new shots – Lista desplegable para seleccionar el modo de ordenación y agrupación de trazas. Opciones disponibles:

- «123123123» (por defecto) — división/unión con alternancia de canales; la etiqueta del campo inferior cambia a «Numb of channels/shots».
- «111222333» — división/unión con numeración secuencial de canales; la etiqueta del campo inferior es «Numb of channels».
- «Roll up» — desarrollo inverso; el campo inferior no se aplica.
- «Gather» — recopilación de trazas en curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) comunes; el campo inferior no se aplica.
- «COP» — formación de puntos comunes de recepción; el campo inferior no se aplica.
- «Original» — restauración de la disposición original de las trazas; el campo inferior no se aplica.

Numb of channels – Campo de entrada de número entero que establece la cantidad de canales (o canales/perfiles, según el modo seleccionado). Rango admisible: de 1 a 128. Valor por defecto: 3. El campo está activo solo para los modos «123123123» y «111222333»; al seleccionar los demás modos, la etiqueta cambia a «Not applied» y el valor no se utiliza.

Apply – Botón de confirmación. Cierra el diálogo e inicia la operación seleccionada de agrupación/ordenación de trazas. Al seleccionar los modos «123123123» o «111222333», antes de la ejecución puede aparecer una solicitud para guardar la disposición actual.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir el diálogo a través de la opción de menú «Tools» → «GroupSort» en la ventana Trace editor.

2. En la lista desplegable «Order in new shots», seleccionar el modo deseado de agrupación u ordenación de trazas.

3. Si se ha seleccionado el modo «123123123» o «111222333», establecer en el campo «Numb of channels» la cantidad de canales requerida (de 1 a 128).

4. Pulsar el botón «Apply» para aplicar la operación.

Nota. El diálogo está disponible solo cuando hay datos sísmicos cargados; si no hay datos, la invocación se ignora.

Nota. Después de aplicar la operación, el historial de deshacer se borra.

Diálogo Windowing

Llamada – La ventana se invoca desde el módulo de picado (Trace editor) al seleccionar una de las operaciones de procesamiento: Options > Remove aver in window, Options > Apply AGC u Options > Apply derivative. El título de la ventana cambia en función de la operación que la invocó. Al invocar la operación Derivative, el campo de tamaño de ventana y su etiqueta se ocultan.

El diálogo está destinado a configurar los parámetros de procesamiento de trazas sísmicas. Permite establecer el tamaño de la ventana de procesamiento, seleccionar la fuente de datos (originales o procesados actuales) e indicar si se aplica la operación al disparo actual o a todos los disparos. Admite la vista previa del resultado antes de la confirmación.

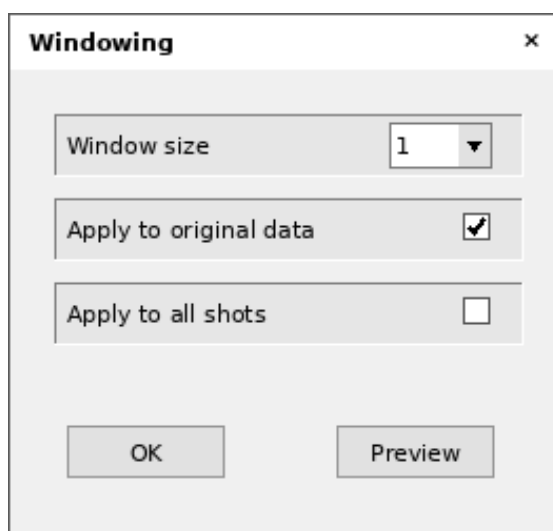


Fig. 76 Diálogo Windowing

Window size – Campo para establecer el tamaño de la ventana de procesamiento. El rango admisible es de 1 a 1000, el valor predeterminado es 1. Al abrir el diálogo, el valor se establece automáticamente: si las unidades de medida son muestras, se utiliza el doble del tamaño actual de la ventana; si las unidades son segundos, el tamaño se recalcula a través del paso de muestreo. El valor introducido se divide entre 2 para obtener la semianchura de la ventana durante el procesamiento. Al invocar la operación Derivative, la etiqueta y el campo se ocultan.

Apply to original data – Casilla de selección de datos de entrada. Si está activada (por defecto), el procesamiento se aplica a los datos originales (observados). Si está desactivada, se aplica a los datos procesados actuales.

Apply to all shots – Casilla del alcance de aplicación de la operación. Si está activada, el procesamiento se aplica a todos los disparos del conjunto de datos. Si está desactivada (por defecto), el procesamiento se aplica únicamente al disparo activo actual.

OK – Botón de confirmación. Cierra el diálogo y aplica la operación de procesamiento seleccionada a los datos con los parámetros establecidos.

Preview – Botón de vista previa. Aplica la operación seleccionada únicamente al disparo activo actual y muestra el resultado en el sismograma sin confirmación definitiva. Con cada pulsación, los datos se restauran primero al estado del momento de apertura del diálogo y, a continuación, el procesamiento se aplica de nuevo con los parámetros actuales.

Procedimiento de trabajo:

1. Invocar una de las operaciones de procesamiento (Remove aver in window, Apply AGC o Apply derivative) desde el menú Options del módulo de picado. Se abrirá el diálogo con el título correspondiente.

2. Si el campo de tamaño de ventana está disponible (operaciones Windowing y AGC), establecer el tamaño de ventana de procesamiento deseado en el campo numérico Window size.

3. Si es necesario, cambiar el estado de la casilla Apply to original data: activarla para procesar sobre la base de los datos originales o desactivarla para procesar los datos actuales.

4. Si es necesario, activar la casilla Apply to all shots para aplicar la operación a todos los disparos.

5. Pulsar el botón Preview para obtener una vista previa del resultado del procesamiento en el disparo actual.

6. Si el resultado es satisfactorio, pulsar el botón OK para confirmar. Al cerrar el diálogo sin pulsar OK, los datos se restauran a su estado original.

Nota. Al abrir el diálogo se crea una copia de seguridad de los datos actuales. Si el diálogo se cierra sin confirmación, los datos se restauran automáticamente a partir de la copia de seguridad y el sismograma se redibuja.

Nota. El botón Preview siempre aplica el procesamiento únicamente al disparo activo actual, independientemente del estado de la casilla Apply to all shots.

Nota. El tamaño de ventana se interpreta en muestras o en unidades de tiempo en función del modo actual de visualización del eje temporal en el módulo de picado.

Ventana «in Zoom»

Llamada – Botón «Zoom window» en la barra de herramientas de la ventana Trace editor. También accesible a través del menú contextual: Search in zoom.

Ventana de vista ampliada de un fragmento del sismograma. Muestra varias trazas alrededor de la posición actual del cursor a escala ampliada con relleno de semiciclos positivos y negativos. La ventana siempre permanece por encima de las demás ventanas del programa.

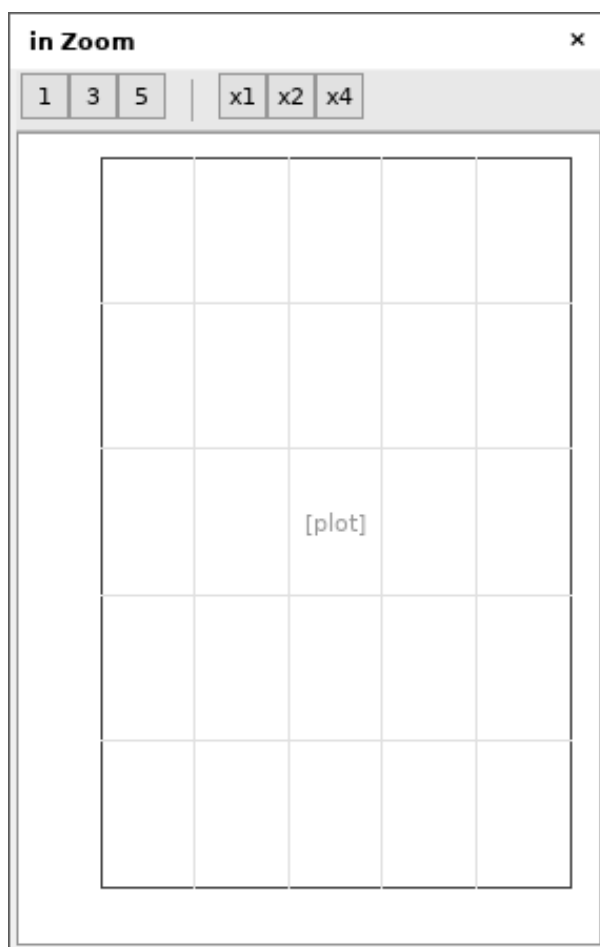


Fig. 77 Ventana «in Zoom»

1 – Botón en la barra de herramientas (primer grupo). Establece el ancho del fragmento visualizado en 0.4 trazas — zoom horizontal máximo.

3 – Botón en la barra de herramientas (primer grupo). Establece el ancho del fragmento visualizado en 1.2 trazas. Seleccionado por defecto.

5 – Botón en la barra de herramientas (primer grupo). Establece el ancho del fragmento visualizado en 2.2 trazas — zoom horizontal mínimo.

x1 – Botón en la barra de herramientas (segundo grupo). Establece el coeficiente de escala del eje temporal igual a 1.

x2 – Botón en la barra de herramientas (segundo grupo). Establece el coeficiente de escala del eje temporal igual a 2. Seleccionado por defecto.

x4 – Botón en la barra de herramientas (segundo grupo). Establece el coeficiente de escala del eje temporal igual a 4.

Área de dibujo – Área central de la ventana. Muestra el fragmento ampliado del sismograma — varias trazas adyacentes con relleno de semiciclos. La orientación de las trazas se determina por la orientación actual del gráfico principal. Una línea roja atraviesa el centro del área,

indicando la posición del cursor. Las primeras llegadas se marcan con círculos rojos: el círculo de la traza más cercana al cursor está relleno, los demás están vacíos.

Procedimiento de trabajo:

1. Pulse el botón «Zoom window» en la barra de herramientas de la ventana Trace editor — se abrirá la ventana «in Zoom».

2. Al desplazar el cursor por el sismograma en la ventana principal, el contenido de la ventana «in Zoom» se actualiza automáticamente, mostrando el fragmento ampliado alrededor de la posición actual.

3. Si es necesario, seleccione la cobertura de trazas visualizadas con los botones del primer grupo: «1» (fragmento estrecho), «3» (medio, por defecto) o «5» (fragmento amplio).

4. Si es necesario, modifique la escala del eje temporal con los botones del segundo grupo: «x1», «x2» (por defecto) o «x4».

Nota. Los botones del primer grupo («1», «3», «5») son mutuamente excluyentes — solo uno de ellos puede estar activo a la vez. Lo mismo se aplica a los botones del segundo grupo («x1», «x2», «x4»).

Nota. La ventana ajusta automáticamente la visualización al cambiar su tamaño.

Nota. El modo de dibujo de las trazas (relleno de semicírculos, línea sin relleno) y los colores se determinan por los ajustes de visualización en la ventana Trace editor.

Ventana Spectrum

Invocación – La ventana se abre automáticamente al calcular el espectro local del fragmento seleccionado del sismograma en la ventana Trace editor.

La ventana muestra el espectro de amplitud (resultado de la transformada de Fourier) del fragmento seleccionado de datos sísmicos en forma de gráfico de amplitud normalizada en función de la frecuencia. La ventana permanece por encima de la ventana principal del programa.

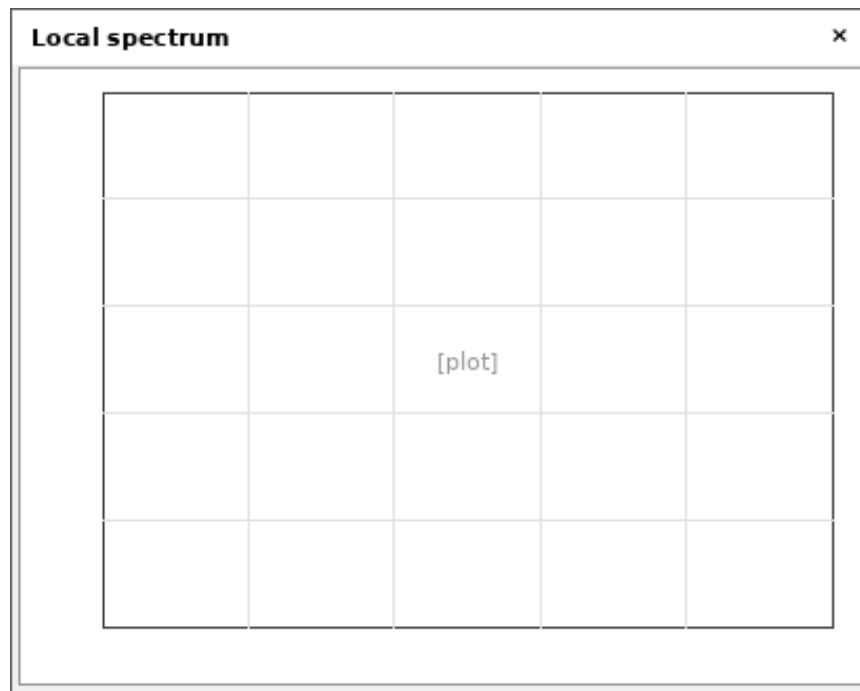


Fig. 78 Ventana Spectrum

Gráfico del espectro – Ocupa toda el área de la ventana. En el eje horizontal se representa la frecuencia en hercios (etiqueta «hz»), en el eje vertical — la amplitud normalizada (de 0 a 1). El espectro se muestra como un área rellena con degradado. En el pico de máxima amplitud se coloca una etiqueta con el valor correspondiente de frecuencia. En la primera visualización, el eje horizontal se limita automáticamente al nivel del 90 % de la energía acumulada del espectro, descartando la parte de alta frecuencia no significativa. En visualizaciones posteriores se utiliza el rango establecido previamente.

Título de la ventana – Contiene la palabra «Spectrum», seguida de los números de trazas y el rango temporal del fragmento seleccionado (por ejemplo, «Spectrum 1:24, 0.005:0.120»).

Barra de estado (al situar el cursor sobre el gráfico) – Al desplazar el cursor sobre el gráfico, en la barra de estado de la ventana Trace editor se muestran las coordenadas actuales en el formato «Frq: <frecuencia> A:<amplitud>», lo que permite leer con precisión los valores en cualquier punto del espectro.

Procedimiento de trabajo:

1. Seleccionar el fragmento de interés del sismograma en la ventana Trace editor e invocar la función de cálculo del espectro.
2. La ventana «Spectrum» se abrirá automáticamente mostrando el espectro de amplitud del fragmento seleccionado.
3. Situar el cursor del ratón sobre el gráfico para leer los valores exactos de frecuencia y amplitud en la barra de estado.
4. Si es necesario, utilizar las herramientas de escalado del gráfico para examinar en detalle secciones individuales del espectro.

Nota. Los valores de amplitud del espectro están normalizados respecto al máximo (rango del eje vertical de 0 a 1).

Nota. El eje horizontal, en la primera visualización, se limita automáticamente al nivel en el que se concentra el 90 % de la energía total del espectro.

Nota. La ventana permanece por encima de las demás ventanas durante el trabajo con el programa.

Ventana principal del programa

Diálogo Project information

Invocación – Ventana principal de ZondST3D → menú Options → Project information. Disponible únicamente cuando hay datos de proyecto cargados.

La ventana está destinada a la visualización y edición de la información descriptiva del proyecto. Contiene un conjunto de campos de texto con datos descriptivos: organización, cliente, territorio, nombre del proyecto, fechas, coordenadas, equipamiento, operadores y dos campos adicionales de uso libre. La información se guarda en el proyecto al cerrar la ventana.

The image shows a software dialog box titled "Project information". It contains a series of text input fields, each preceded by a label. The labels are: "Company", "Client", "Territory", "Project title", "Project dates", "Coordinates", "Instruments", "Operators", and two unlabeled fields at the bottom. Each label is in a grey box to the left of its corresponding text input field. The dialog box has a standard window border with a close button (an 'x' icon) in the top right corner.

Fig. 79 Diálogo Project information

Company – Campo de texto para introducir el nombre de la organización que ejecuta los trabajos.

Client – Campo de texto para introducir el nombre del cliente.

Territory – Campo de texto para introducir el nombre del territorio de investigación.

Project title – Campo de texto para introducir el nombre del proyecto.

Project dates – Campo de texto para introducir las fechas del proyecto.

Coordinates – Campo de texto para introducir la información de coordenadas.

Instruments – Campo de texto para introducir la información sobre el equipamiento utilizado.

Operators – Campo de texto para introducir la información sobre los operadores.

Campo adicional (primero) – Campo de texto de uso libre. Al hacer clic con el botón derecho del ratón se abre un menú contextual con las opciones «Geography info» y «Survey info» para el llenado automático.

Campo adicional (segundo) – Campo de texto de uso libre. El menú contextual con las mismas opciones «Geography info» y «Survey info» está disponible mediante el botón derecho del ratón.

Geography info – Opción del menú contextual. Inserta en el campo adicional seleccionado la información geográfica generada automáticamente a partir de los datos del proyecto.

Survey info – Opción del menú contextual. Inserta en el campo adicional seleccionado la información resumida generada automáticamente sobre los parámetros del levantamiento.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana: menú Options → Project information.
2. Rellenar o editar los campos de texto necesarios: Company, Client, Territory, Project title, Project dates, Coordinates, Instruments, Operators.
3. Si es necesario, hacer clic con el botón derecho del ratón en uno de los dos campos adicionales inferiores y seleccionar en el menú contextual «Geography info» o «Survey info» para el llenado automático.
4. Cerrar la ventana. Los datos introducidos se guardarán en el proyecto.

Nota. La ventana se abre en modo modal; para continuar trabajando con el programa es necesario cerrarla.

Nota. Si los datos del proyecto no están cargados, la ventana no se abrirá.

Ventana Import text data

Llamada – Ventana principal de ZondST3D → File → Import from text/excel. Primero se selecciona el archivo (*.xls, *.xlsx, *.txt, *.dat, *.csv), y a continuación su contenido se muestra en esta ventana.

La ventana está destinada a la importación de datos sísmicos desde archivos de texto (TXT, DAT), archivos CSV y archivos Excel (XLS, XLSX) al formato ZondST3D. El usuario asigna a las columnas del archivo cargado los roles correspondientes (coordenadas de fuentes, receptores, tiempos de llegada de las ondas, etc.), establece el rango de filas para la importación, tras lo cual los datos se convierten al formato interno del programa.

Fig. 80 Ventana Import text data

Tabla de datos – Tabla que ocupa la parte principal de la ventana, en la que se cargan los datos del archivo seleccionado. La primera columna «N» contiene los números de fila y no es editable. La primera fila contiene listas desplegables para asignar el rol a cada columna. Valores disponibles: «None» (la columna no se utiliza), «line» (número de perfil), «Sx» (X de la fuente), «Rx» (X del receptor), «Sy» (Y de la fuente), «Ry» (Y del receptor), «Sz» (Z de la fuente), «Rz» (Z del receptor), «tp» (tiempo de llegada de la onda P), «ts» (tiempo de llegada de la onda S). Por defecto todas las columnas tienen el valor «None». Las filas seleccionadas como inicial y final para la importación se resaltan en color gris.

OK – Confirma la importación de datos y cierra la ventana. El programa genera los datos del proyecto en función de las columnas asignadas y el rango de filas establecido. Para que la

importación se realice correctamente, es necesario que al menos a una columna se le haya asignado el rol «tp» o «ts».

Start – Establece la fila actualmente seleccionada en la tabla como fila inicial del rango de datos a importar. La fila seleccionada se resalta en gris.

End – Establece la fila actualmente seleccionada en la tabla como fila final del rango de datos a importar. La fila seleccionada se resalta en gris.

Lista desplegable de tipo de levantamiento – Ubicada a la derecha del botón End. Opciones: «Land» (levantamiento terrestre), «Underwater» (levantamiento subacuático), «Cross-boreholes» (levantamiento entre pozos). Por defecto — «Land». Para los modos «Land» y «Underwater», los valores Z de las fuentes y los receptores se reemplazan por 0 y se trasladan a la sección de relieve. Para el modo «Cross-boreholes», los valores positivos de Z se añaden al relieve, mientras que los negativos se registran como profundidad en el pozo.

Campo del multiplicador de tiempo – Campo de entrada de texto, ubicado a la derecha de la lista de tipo de levantamiento. Valor por defecto: «1». Establece el multiplicador por el cual se multiplican los valores de los tiempos de llegada de las ondas (tp y ts) para convertirlos a milisegundos. Rango admisible: de 0 a 100000.

Procedimiento de trabajo:

1. Seleccionar la opción del menú File → Import from text/excel en la ventana principal del programa.
2. En el cuadro de diálogo de selección de archivo que se abre, indicar el archivo de datos (formatos admitidos: XLS, XLSX, TXT, DAT, CSV).
3. Los datos del archivo se mostrarán en la tabla de la ventana. La primera columna «N» contiene los números de fila.
4. En la primera fila de la tabla, para cada columna de datos, seleccionar en la lista desplegable el rol correspondiente: «Sx», «Rx», «Sy», «Ry», «Sz», «Rz», «tp», «ts», «line» o «None». Al menos a una columna se le debe asignar el rol «tp» o «ts».
5. Si es necesario, seleccionar una fila en la tabla y pulsar el botón «Start» para indicar la fila inicial del rango a importar. De manera análoga, pulsar «End» para indicar la fila final. Por defecto se importan todas las filas de datos.
6. Seleccionar el tipo de levantamiento en la lista desplegable: «Land», «Underwater» o «Cross-boreholes».
7. Si es necesario, introducir el multiplicador de tiempo en el campo correspondiente para convertir las unidades de tiempo a milisegundos.
8. Pulsar el botón «OK» para ejecutar la importación. Los datos serán convertidos y cargados en el programa.

Nota. Para que la importación sea exitosa, al menos una columna debe estar asignada como «tp» o «ts»; de lo contrario, la importación no se realizará.

Nota. Al cargar archivos de texto (TXT, DAT), el programa detecta automáticamente los delimitadores (espacios o comas). Las líneas vacías en el archivo de origen se omiten.

Nota. Si los datos contienen información de relieve (columnas Sz o Rz), las coordenadas X, Y, Z de los puntos de relieve se generan automáticamente.

Nota. Las filas inicial y final del rango de importación se resaltan en color gris en la tabla para control visual.

Nota. La edición de celdas de la tabla solo es posible en la primera fila (fila de encabezados), a partir de la segunda columna, donde se selecciona el rol de la columna mediante una lista desplegable.

Diálogo 2D to 3D converter

Acceso – Se abre automáticamente al abrir (File → Open file) varios archivos de perfiles 2D en el modo Collect from 2D.

La ventana está destinada a la conversión de coordenadas de puntos de un perfil bidimensional (definidas como distancias a lo largo de la línea) en coordenadas tridimensionales X, Y. Para cada perfil cargado se establece la correspondencia entre los puntos inicial y final de la línea en 2D (distancias) y sus posiciones en planta (X, Y). Al cerrar la ventana, las coordenadas recalculadas se transfieren al gráfico de la ventana auxiliar con el plano de líneas.

Fig. 81 Diálogo 2D to 3D converter

Título de la ventana – Muestra el nombre del archivo de perfil en proceso.

A= – Ángulo de azimut de la línea en grados. Se calcula automáticamente a partir de las coordenadas de los puntos inicial y final del perfil (X1, Y1 → X2, Y2). Por defecto, el campo es de solo lectura. Valor por defecto: 0.

Casilla a la derecha del campo A= – Activa la introducción manual del azimut. Al marcarla, el campo A= se vuelve editable y las coordenadas finales (X2, Y2) se calculan automáticamente a partir de las coordenadas iniciales, la longitud de la línea y el ángulo especificado.

L= – Longitud calculada de la línea en metros entre los puntos (X1, Y1) y (X2, Y2). Se actualiza automáticamente al modificar cualquiera de las cuatro coordenadas.

Line1, m – Coordenada del inicio del perfil en 2D (distancia a lo largo del perfil, en metros).
Valor por defecto: 0.

Line2, m – Coordenada del final del perfil en 2D (distancia a lo largo del perfil, en metros).
Valor por defecto: 0.

X1, m – Coordenada X del inicio del perfil en 3D (en metros). Valor por defecto: 0. Al cargar el archivo se rellena automáticamente a partir de las geocoordenadas o de la coordenada mínima del perfil.

Y1, m – Coordenada Y del inicio del perfil en 3D (en metros). Valor por defecto: 0. Al cargar se rellena automáticamente.

X2, m – Coordenada X del final del perfil en 3D (en metros). Valor por defecto: 0. Al cargar se rellena automáticamente.

Y2, m – Coordenada Y del final del perfil en 3D (en metros). Valor por defecto: 0. Al cargar se rellena automáticamente.

Procedimiento de trabajo:

1. La ventana se abre automáticamente para cada perfil 2D al cargar un conjunto de datos multiperfil. Simultáneamente aparece una ventana auxiliar con el gráfico de la posición de las líneas en planta.

2. Los campos Line1, m y Line2, m se rellenan automáticamente con las distancias mínima y máxima a lo largo del perfil. Si es necesario, pueden modificarse manualmente.

3. Los campos X1, Y1, X2, Y2 se rellenan automáticamente a partir de las geocoordenadas del archivo. Si no hay geocoordenadas disponibles, se utilizan las coordenadas del perfil. Los valores pueden editarse manualmente.

4. La etiqueta L= muestra la longitud calculada de la línea entre los puntos (X1, Y1) y (X2, Y2). El campo A= muestra el azimuth de la línea.

5. Para definir la posición del perfil mediante azimuth, se debe marcar la casilla a la derecha del campo A= e introducir el ángulo deseado en grados. En este modo, el punto final (X2, Y2) se calcula automáticamente a partir del punto inicial, la longitud y el azimuth.

6. Con cada cambio de parámetros, en el gráfico de la ventana auxiliar se actualiza la vista preliminar de la posición del perfil en planta.

7. Al cerrar la ventana, las coordenadas recalculadas de los puntos del perfil se trasladan al gráfico principal del plano de líneas.

Nota. Todas las coordenadas se especifican en metros.

Nota. El azimuth (A=) se calcula como el ángulo desde el eje X hasta la dirección al punto final (en el rango de -180° a $+180^\circ$).

Nota. Si en el archivo cargado están presentes geocoordenadas (más de dos pares de coordenadas), el recálculo se realiza mediante interpolación a lo largo de la curva de coordenadas, y no linealmente entre dos puntos.

Nota. Si en el archivo de datos las coordenadas Y del inicio y del final del perfil son diferentes y no se han especificado geocoordenadas, al abrir la ventana se activa automáticamente el modo de conservación de las coordenadas originales.

Ventana Survey layout

Acceso – Se abre automáticamente al mostrar el diálogo «2D to 3D converter».

La ventana está destinada a la representación gráfica del plano de disposición de los perfiles de observación en coordenadas X e Y. Contiene un gráfico de puntos en el que se visualizan las posiciones de los puntos de dos series de datos. La ventana se sitúa por encima de las demás ventanas.

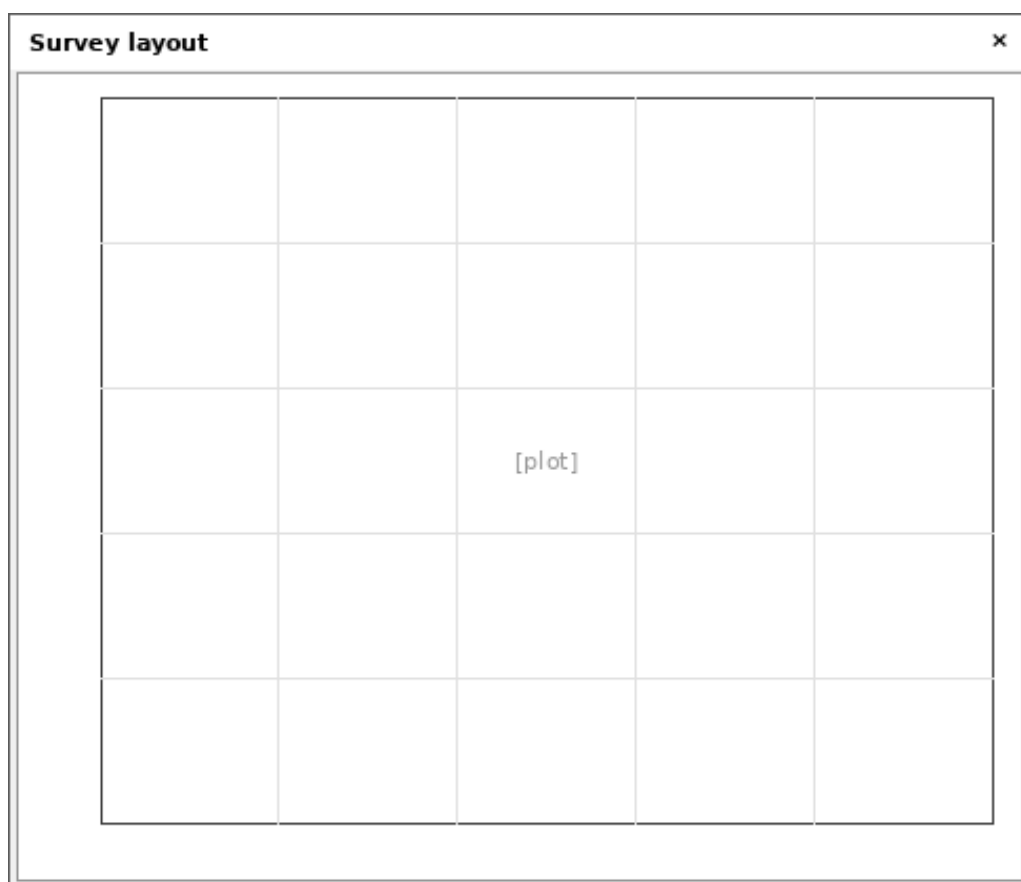


Fig. 82 Ventana Survey layout

Gráfico con ejes x / y – Gráfico de puntos que ocupa toda el área de la ventana. El eje horizontal está etiquetado como «x» y el vertical como «y». La escala en ambos ejes es idéntica. En el gráfico se muestran dos series de puntos: la primera serie (círculos pequeños) corresponde a los perfiles procesados previamente; la segunda serie (círculos más grandes) corresponde a los puntos del perfil actualmente en proceso. Al cerrar el diálogo «2D to 3D converter», los puntos del perfil actual se trasladan a la primera serie y la segunda serie se vacía.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir el diálogo «2D to 3D converter»: la ventana «Survey layout» aparecerá automáticamente.

2. Al modificar los parámetros del perfil en el diálogo «2D to 3D converter», el gráfico se actualiza mostrando la disposición actual de los puntos.

3. Al cerrar el diálogo «2D to 3D converter», los puntos del perfil actual se trasladan a la primera serie, formando el plano acumulado de disposición de todos los perfiles procesados.

Nota. La ventana no contiene elementos de control propios; sirve exclusivamente para la visualización del plano de perfiles, controlada desde el diálogo «2D to 3D converter».

Diálogo Set apriori boundaries

Acceso – Ventana principal ZondST3D → Options → Inversion → Set apriori boundaries

La ventana está destinada a la definición de límites espaciales a priori en la malla tridimensional del modelo. Para planos (capas) individuales de la malla se establecen áreas poligonales que determinan las celdas que se utilizarán como restricciones durante la inversión.

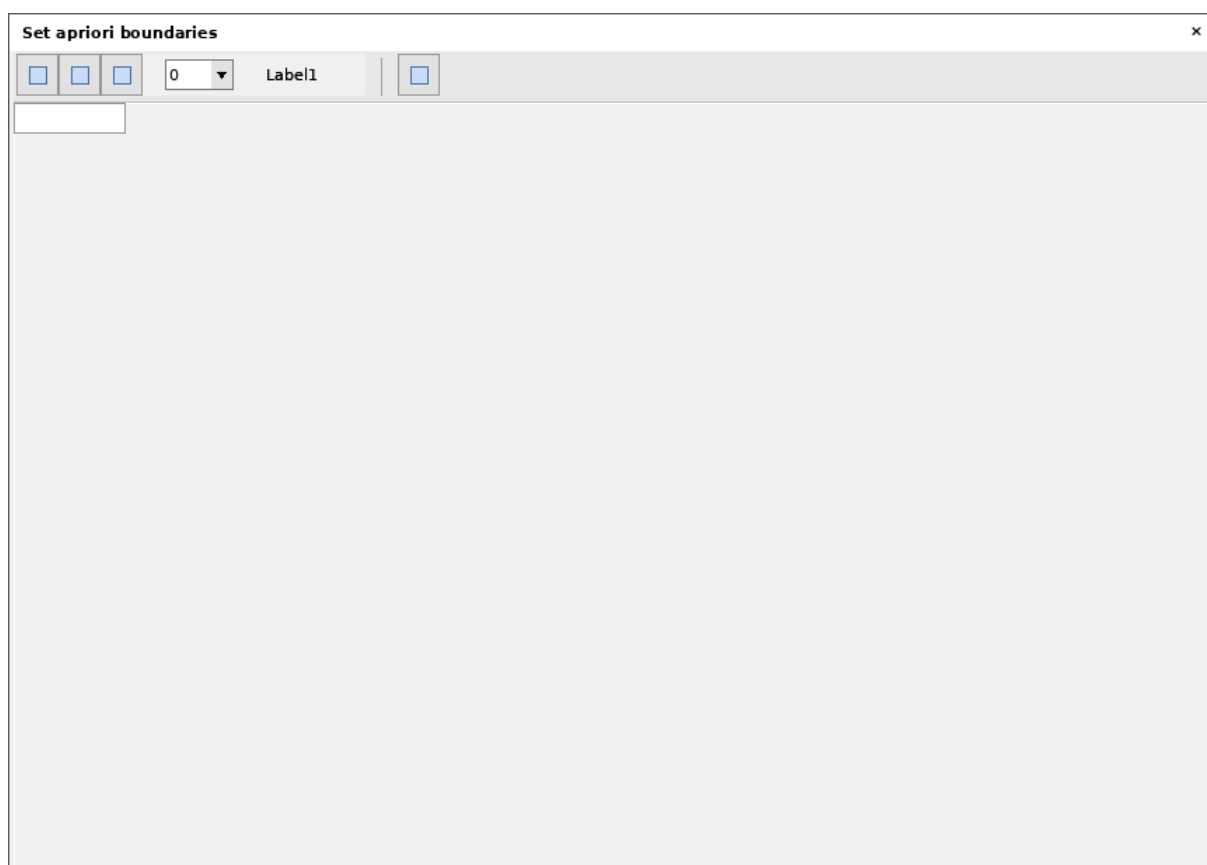


Fig. 83 Diálogo Set apriori boundaries

Add user defined polygon – Activa el modo de dibujo de un polígono en el gráfico bidimensional de la capa. Los vértices del polígono se añaden mediante clics con el botón izquierdo del ratón. Un clic con el botón derecho (cuando existen al menos dos vértices) cierra el polígono y determina automáticamente las celdas de la malla que quedan dentro de él. Las celdas seleccionadas se resaltan en color azul claro. Durante el dibujo, el escalado y el desplazamiento panorámico del gráfico están desactivados.

Add whole plane – Crea un polígono que abarca todo el plano actual de la malla por su contorno exterior. Todas las celdas de la capa actual se marcan automáticamente como pertenecientes al límite.

Remove current boundary – Elimina el polígono y restablece la selección de celdas para la capa actual.

Current boundary index – Campo numérico con flechas para seleccionar el índice de la capa actual de la malla en la que se define el límite. Al cambiar el valor, se carga el polígono previamente guardado para la capa seleccionada (si se había definido). Valor por defecto: 0.

Etiqueta a la derecha del campo de índice – Muestra información textual sobre la capa actual. Se actualiza al cambiar el índice.

Copy boundaries to project and close – Transfiere todos los límites definidos (polígonos y matrices de selección de celdas en todas las capas) al proyecto y cierra la ventana. Las capas para las que no se definió un polígono se borran de los datos de selección.

Gráfico bidimensional (parte izquierda de la ventana) – Muestra la vista de la capa actual de la malla. Las celdas normales se dibujan en color gris, las seleccionadas en color celeste. El contorno del polígono se muestra con una línea azul. En el modo de dibujo, desde el último vértice hasta el cursor y hasta el primer vértice se trazan líneas auxiliares rojas discontinuas. Fuera del modo de dibujo se admiten el escalado y el desplazamiento panorámico.

Gráfico tridimensional (parte derecha de la ventana) – Muestra una representación tridimensional de estructura alámbrica de la malla del modelo. Los ejes están etiquetados: el horizontal — X, el eje de profundidad — Y, el eje vertical está invertido (la profundidad aumenta hacia abajo). Se dibujan las caras superior, inferior y laterales de la malla. Se admite la rotación de la vista con el ratón.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana a través del elemento de menú Options → Inversion → Set apriori boundaries.
2. Mediante el campo de índice de capa, seleccionar el plano de malla deseado.
3. Para definir un polígono arbitrario, presionar el botón «Add user defined polygon» y, a continuación, con clics del botón izquierdo del ratón, establecer sucesivamente los vértices del polígono en el gráfico bidimensional. Para cerrar el polígono, hacer clic con el botón derecho del ratón. Las celdas que quedan dentro del polígono se resaltan automáticamente en celeste.
4. Para seleccionar todo el plano completo, presionar el botón «Add whole plane».
5. Si es necesario, eliminar el límite de la capa actual con el botón «Remove current boundary».
6. Repetir la definición de límites para otras capas, cambiando el índice.
7. Para aplicar los límites definidos y cerrar la ventana, presionar el botón «Copy boundaries to project and close».

Nota. Si la ventana se cierra sin presionar el botón «Copy boundaries to project and close», los límites definidos no se guardan en el proyecto.

Nota. Para cerrar el polígono es necesario definir al menos dos vértices antes de hacer clic con el botón derecho del ratón.

Nota. La pertenencia de una celda al polígono se determina mediante nueve puntos de control dentro de cada celda: la celda se considera seleccionada si más de cuatro de los nueve puntos caen dentro del polígono.

Nota. La vista tridimensional se actualiza automáticamente con cada modificación del polígono o cambio de capa.

Diálogo «Start model and constraints»

Acceso – Ventana principal de ZondST3D → Options → Model → Set 1D model.

La ventana está destinada a la definición del modelo inicial unidimensional y de las restricciones del parámetro en profundidad. Permite definir el número de capas, los valores del parámetro en cada capa, los límites superior e inferior de los valores admisibles, y luego aplicar el modelo construido a toda la malla tridimensional.

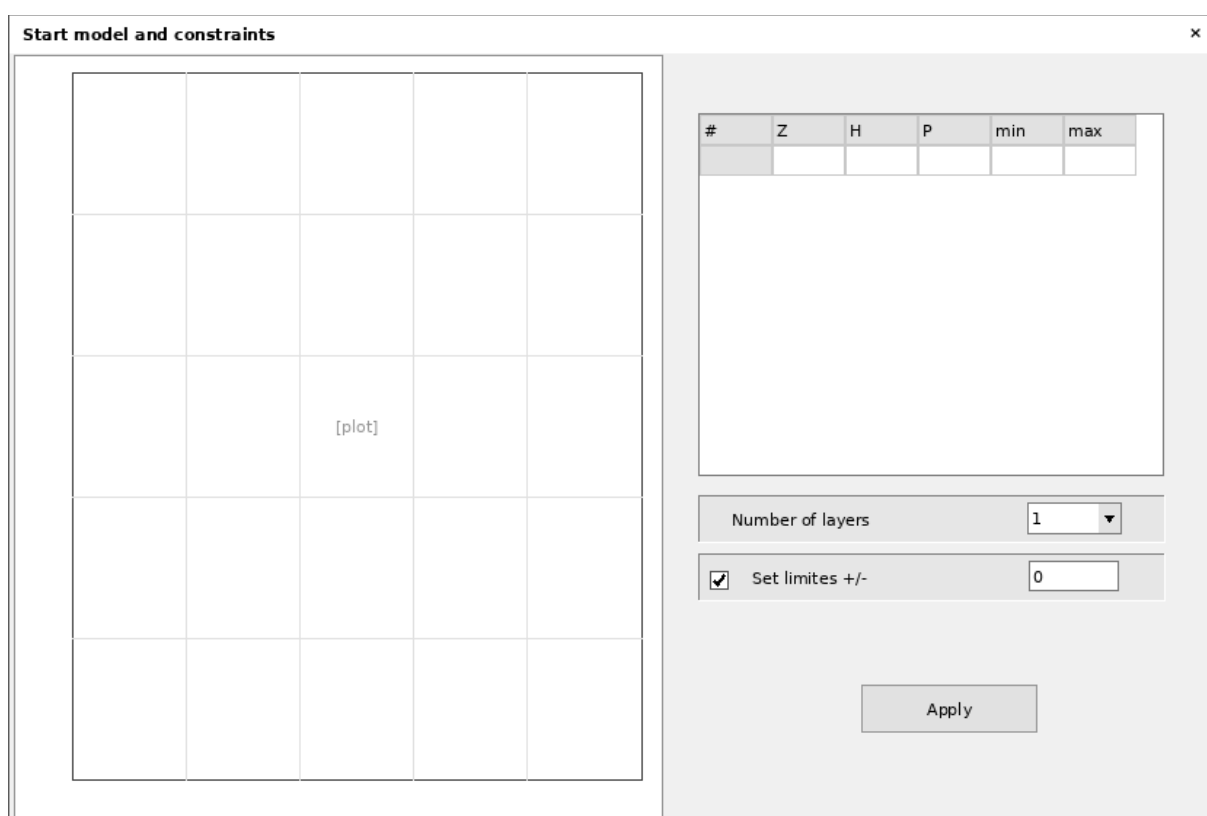


Fig. 84 Diálogo «Start model and constraints»

Gráfico «Distribution p vs depth» – Gráfico de la dependencia del parámetro respecto a la profundidad en la parte izquierda de la ventana. El eje vertical (z, m) está dirigido hacia abajo y representa la profundidad; el eje horizontal representa el valor del parámetro. La línea negra es el modelo inicial (valor del parámetro por capas); las líneas roja y azul son los límites inferior y superior de las restricciones. El relleno semitransparente amarillo muestra la dispersión de los

valores del parámetro (mínimo–máximo) según los datos disponibles; el relleno más oscuro muestra la zona de desviación absoluta media. Las líneas del modelo y de las restricciones se pueden arrastrar con el ratón: al situar el cursor sobre un segmento horizontal se permite cambiar el valor del parámetro; al situarlo sobre un segmento vertical se permite desplazar el límite de la capa en profundidad.

Tabla de parámetros de capas – Tabla situada en la parte derecha de la ventana con seis columnas: número de capa, profundidad del límite superior de la capa (z), espesor de la capa (h), valor del parámetro (p), límite inferior de restricción (min), límite superior de restricción (max). La profundidad de la primera capa siempre es igual a 0 y no se puede editar. El espesor de la última capa está marcado con el símbolo «*» y tampoco es editable. Las profundidades deben ser estrictamente crecientes; el espesor de la capa admite un rango de 0.01 a 10 000. El límite inferior de restricción no puede superar el valor del parámetro, y el límite superior no puede ser menor. Si se introduce un valor no numérico en la celda de un límite, ambos límites se restablecen (se muestra «*»), lo que significa la ausencia de restricción para la capa correspondiente. Se admite la inserción desde el portapapeles (Ctrl+V) con validación de cada valor.

Number of layers – Campo con contador que define la cantidad de capas del modelo. Al aumentar, se inserta una nueva capa en la posición de la fila seleccionada de la tabla; la profundidad del límite de la nueva capa se calcula como la media entre los límites vecinos. Al disminuir, se elimina la capa en la posición de la fila actual. La cantidad mínima de capas es 2. El cambio recalcula automáticamente la tabla y el gráfico.

Set limites +/- (Set limites +/-, %) – Campo de entrada para la magnitud de la desviación simétrica utilizada en el cálculo de las restricciones. Si el parámetro se muestra en escala logarítmica, la etiqueta contiene «%» y el valor se interpreta como desviación porcentual. En modo lineal, el valor establece la desviación absoluta. Al abrir la ventana, el valor se calcula automáticamente a partir de la estadística de los datos (desviación media absoluta), si los datos están disponibles.

Apply – Botón en la parte inferior derecha de la ventana. Calcula los arreglos finales del modelo inicial y las restricciones para cada celda de la malla vertical, a partir del modelo de capas definido, promediando los valores del parámetro en tres puntos dentro de cada celda. El resultado se aplica a toda la malla tridimensional en la ventana principal, tras lo cual el diálogo se cierra.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana a través del menú Model → Set 1D model.
2. Examinar el gráfico: el área amarilla muestra la dispersión de los valores del parámetro según los datos; el área más oscura representa la desviación media. La línea negra es el modelo inicial actual.
3. Si es necesario, modificar la cantidad de capas mediante el campo «Number of layers». La nueva capa se añade o se elimina en la posición de la fila seleccionada de la tabla.

4. Editar los valores en la tabla: profundidades de los límites de las capas, espesores, valores del parámetro, límites inferiores y superiores de las restricciones. Para eliminar la restricción de una capa, introducir un valor no numérico (por ejemplo, «*») en la columna del límite inferior o superior.

5. Si es necesario, ajustar la magnitud de la desviación simétrica en el campo «Set limites +/-».

6. El modelo y las restricciones también se pueden ajustar arrastrando las líneas directamente en el gráfico.

7. Pulsar el botón «Apply» para aplicar el modelo. Los valores iniciales del parámetro y las restricciones se calcularán para cada celda de la malla y se aplicarán a todo el modelo tridimensional.

Nota. La profundidad de la primera capa siempre es igual a 0 y no es editable.

Nota. El espesor de la última capa (inferior) no se define (está marcado con «*»): esta capa se extiende hasta el límite inferior de la malla.

Nota. Rango admisible del espesor de capa: de 0.01 a 10 000.

Nota. El límite inferior de restricción no puede ser mayor que el valor del parámetro en la capa; el límite superior no puede ser menor.

Nota. Si en las columnas de restricciones de una capa se establece el símbolo «*», la capa se considera sin restricción.

Nota. Al pegar datos desde el portapapeles (Ctrl+V), los valores pasan la misma validación que en la entrada manual; los valores no válidos son rechazados.

Diálogo «Extra layered term»

Acceso – Ventana principal de ZondST3D → Options → Inversion → Optimization → Layered term.

La ventana está destinada a la configuración de los parámetros de corrección por capas durante la inversión. Permite activar o desactivar la corrección, establecer el coeficiente de empuje (pushing), la cantidad de capas superiores excluidas y el tamaño de la ventana.

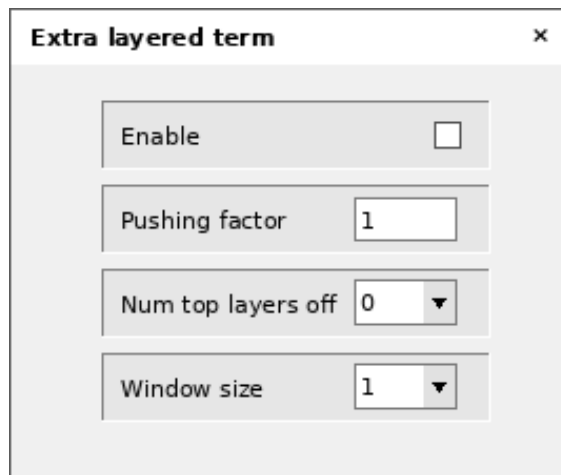


Fig. 85 Diálogo «Extra layered term»

Enable – Casilla de verificación. Activa o desactiva el modo de corrección por capas. Al abrir la ventana, se establece de acuerdo con el estado actual del parámetro.

Pushing factor – Campo de texto. Establece el coeficiente de empuje para la corrección por capas. El valor predeterminado es 1. El rango admisible es de 0 a 1000. Al introducir un valor incorrecto, el valor anterior se conserva sin cambios.

Num top layers off – Contador. Determina la cantidad de capas superiores excluidas de la corrección por capas. Los valores admisibles van de 0 a 5. El valor predeterminado es 0.

Window size – Contador. Establece el tamaño de la ventana para la corrección por capas. Los valores admisibles van de 1 a 5. El valor predeterminado es 1.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana a través del menú principal: Options > Inversion > Optimization > Layered term.
2. Si es necesario, marcar la casilla «Enable» para activar la corrección por capas.
3. Indicar el valor de «Pushing factor» en el rango de 0 a 1000.
4. Establecer la cantidad de capas superiores excluidas en el campo «Num top layers off» (de 0 a 5).
5. Indicar el tamaño de la ventana en el campo «Window size» (de 1 a 5).
6. Cerrar la ventana — los parámetros introducidos serán aplicados.

Nota. La ventana se abre en modo modal: para continuar trabajando con el programa principal es necesario cerrarla.

Ventana Data misfits

Acceso – Ventana principal de ZondST3D → Options → Extra → Remove data with big misfit.

La ventana está destinada al análisis de los errores de ajuste (discrepancias entre los datos observados y calculados) y a la eliminación de puntos de datos cuyo error de ajuste supere el umbral establecido. Los errores de ajuste se representan en forma de diagrama de dispersión,

histograma de distribución y gráfico cruzado. Tras establecer el umbral y pulsar el botón de confirmación, los puntos con un error de ajuste superior al umbral se excluyen de los datos.

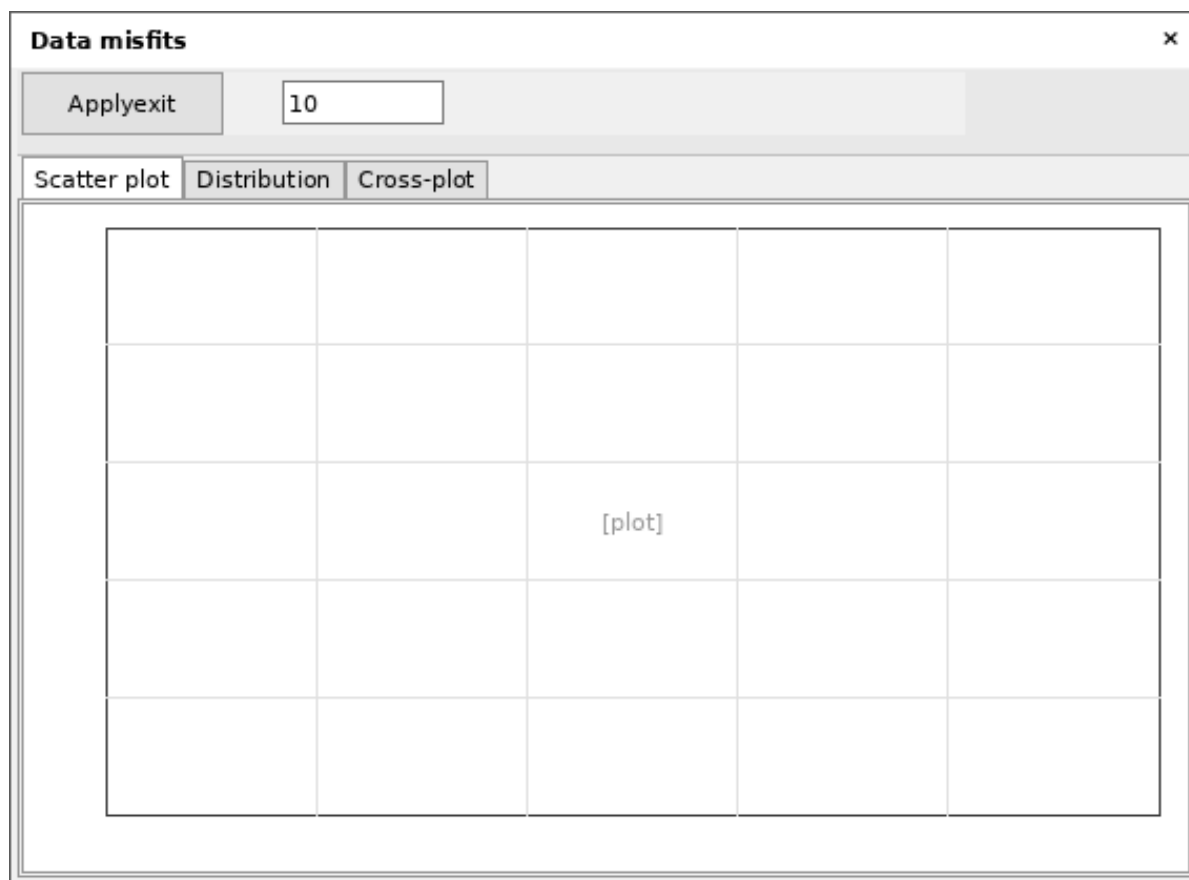


Fig. 86 Ventana Data misfits

Apply&&exit – Confirma el umbral de error de ajuste seleccionado, elimina los puntos de datos con un error de ajuste superior al umbral y cierra la ventana. Mediante clic derecho se accede a opciones adicionales.

Campo de entrada de umbral – Campo para introducir el valor umbral del error de ajuste en porcentaje. El valor predeterminado es 10. Rango admisible: de 0 a 100. Al modificar el valor, las líneas de umbral en todos los gráficos se actualizan automáticamente. Todos los puntos con un error de ajuste absoluto superior al valor indicado serán eliminados tras la confirmación.

Pestaña Scatter plot – Diagrama de dispersión de los errores de ajuste. En el eje horizontal se representa el valor absoluto del coeficiente geométrico del punto de datos; en el eje vertical, el error de ajuste en porcentaje. En el gráfico existe una línea horizontal de umbral que se puede arrastrar: al arrastrarla, el valor del umbral se actualiza automáticamente en el campo de entrada. La línea de umbral negativa simétrica se actualiza automáticamente; no es posible arrastrarla.

Pestaña Distribution – Histograma de distribución de los errores de ajuste. En el eje horizontal se representan los valores de los errores de ajuste; en el eje vertical, la cantidad de puntos en cada intervalo. El rango del histograma es simétrico respecto a cero. En el gráfico se muestran líneas verticales correspondientes a los valores de umbral positivo y negativo.

Pestaña Cross-plot – Gráfico cruzado de valores observados y calculados en forma de diagrama de dispersión. En el gráfico se traza una línea de correspondencia ideal, así como dos líneas adicionales desplazadas respecto a ella en la magnitud del umbral hacia arriba y hacia abajo, que delimitan la zona de error de ajuste admisible.

Procedimiento de trabajo:

1. Seleccionar el elemento de menú «Extra» → «Remove data with big misfit» en la ventana principal.
2. En la ventana abierta, estudiar la distribución de los errores de ajuste en las pestañas Scatter plot, Distribution y Cross-plot.
3. Establecer el valor umbral del error de ajuste (en porcentaje, de 0 a 100) en el campo de entrada de la barra de herramientas, o arrastrar la línea umbral en el gráfico de la pestaña Scatter plot.
4. Asegurarse de que las líneas umbral en los gráficos recorten correctamente los puntos con error de ajuste excesivo.
5. Pulsar el botón «Apply&&exit» para eliminar los puntos cuyo error de ajuste supere el umbral establecido y regresar a la ventana principal.

Nota. El error de ajuste se calcula como la desviación relativa del valor observado respecto al calculado, expresada en porcentaje.

Nota. La línea umbral en la pestaña Scatter plot solo permite el arrastre con el ratón hacia la zona positiva (de 0 a 100); la línea negativa simétrica se actualiza automáticamente.

Nota. La eliminación de puntos solo se realiza tras pulsar el botón «Apply&&exit». El cierre de la ventana por cualquier otro medio no modifica los datos.

Ventana RMS vs iteration

Invocación – La ventana se muestra automáticamente durante el proceso de inversión si en el menú principal está activada la opción Options → Inversion → Show progress.

La ventana está destinada a mostrar el gráfico de dependencia del error de ajuste cuadrático medio (RMS) respecto al número de iteración durante la resolución del problema inverso. La ventana permanece por encima de las demás ventanas y se actualiza después de cada iteración de la inversión.

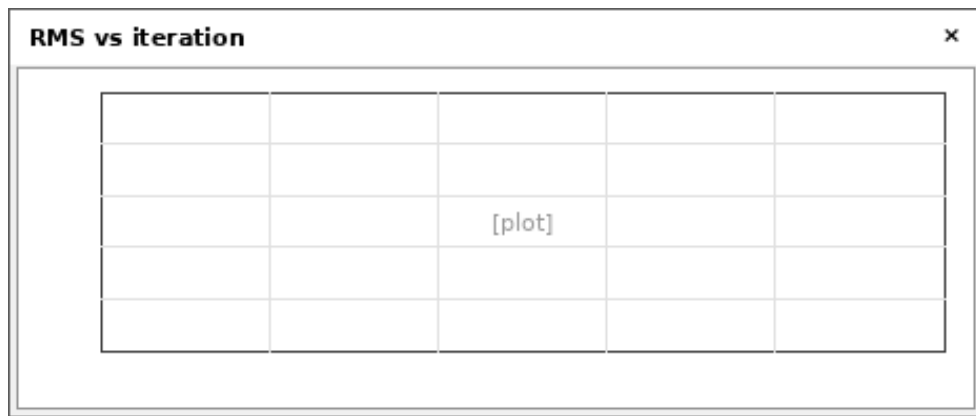


Fig. 87 Ventana RMS vs iteration

Gráfico RMS vs iteration – En el eje horizontal se representa el número de iteración y en el vertical el valor del error de ajuste cuadrático medio. Los puntos de datos se muestran como círculos unidos por una línea. Después de cada iteración se añade un nuevo punto al gráfico y este se redibuja.

Procedimiento de trabajo:

1. Asegurarse de que en el menú principal esté activada la opción Options → Inversion → Show progress.
2. Iniciar el proceso de inversión.
3. La ventana aparecerá automáticamente después de la primera iteración. Con cada iteración sucesiva se añade un nuevo punto al gráfico que muestra el valor actual del error de ajuste.
4. Mediante el gráfico se puede seguir la convergencia de la solución: el descenso de la curva indica una disminución del error de ajuste entre los datos observados y los calculados.
5. La ventana se puede redimensionar; el gráfico se escala automáticamente al tamaño de la ventana.

Nota. La ventana permanece por encima de todas las demás ventanas del programa durante todo el proceso de inversión.

Nota. Al aparecer por primera vez, la ventana se coloca automáticamente junto al borde superior derecho de la ventana principal del programa.

Nota. Los datos del gráfico se borran antes de un nuevo inicio de inversión: el gráfico comienza desde la iteración 1.

Ventana «Sections from buffer»

Invocación – Se invoca desde la ventana principal de ZondST3D a través del menú Buffer → Open.

La ventana está destinada a la visualización simultánea de hasta cuatro secciones bidimensionales del modelo almacenadas en el búfer. Contiene cuatro paneles de visualización separados por divisores móviles. Los parámetros de visualización de cada sección (paleta, ejes, isolíneas, rango de valores) se heredan de la sección del modelo actual en la ventana principal.

Sección superior izquierda – Panel de visualización de la primera sección 2D del búfer, con paleta de colores, configuración de ejes e isolíneas copiadas de la sección principal del modelo.

Sección superior derecha – Panel de visualización de la segunda sección 2D del búfer.

Sección inferior izquierda – Panel de visualización de la tercera sección 2D del búfer.

Sección inferior derecha – Panel de visualización de la cuarta sección 2D del búfer.

Separadores entre paneles – Separadores móviles que permiten modificar el tamaño relativo de los paneles en sentido vertical arrastrando con el ratón. El separador principal divide la ventana en mitades superior e inferior, y dentro de cada una de ellas existe un separador adicional.

Procedimiento de trabajo:

1. Guardar las secciones del modelo deseadas en el búfer a través del menú Buffer → Model 1...Model 4 en la ventana principal.
2. Abrir la ventana a través del menú Buffer → Open.
3. En la ventana se muestran automáticamente las secciones 2D guardadas en el búfer con la paleta, la configuración de ejes y el rango de valores heredados de la sección actual del modelo.
4. Si es necesario, modificar las proporciones de los paneles arrastrando los separadores entre las secciones.

Nota. La ventana se muestra por encima de las demás ventanas del programa.

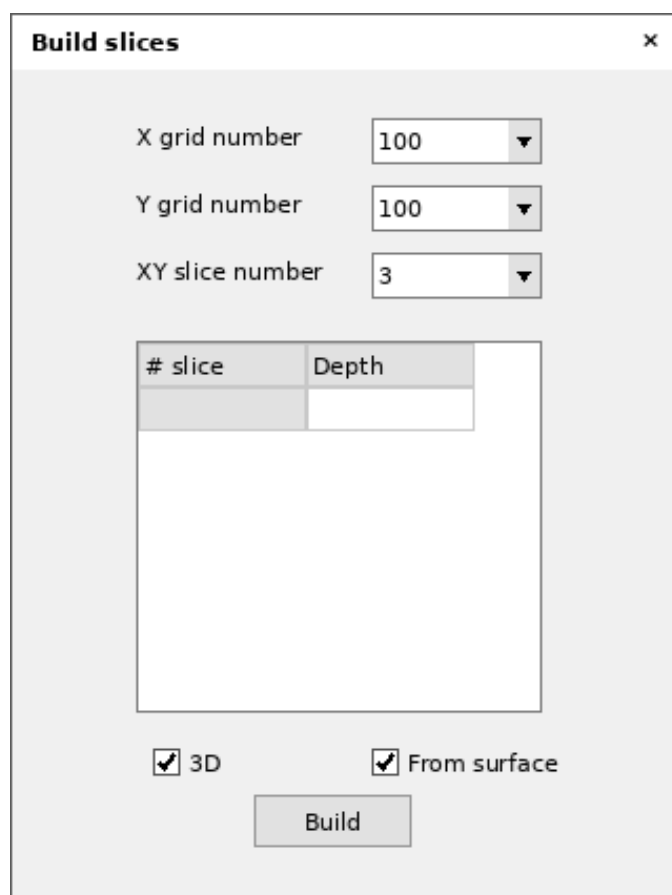
Nota. Para cada sección se copian desde la sección principal del modelo: la paleta de colores, la escala de unidades, la configuración de ejes (desplazamiento, escala, inversión, títulos), el rango de valores mínimos y máximos del parámetro. Las isolíneas se trazan automáticamente.

Nota. Si no hay datos para mostrar en el búfer, la ventana no se abre.

Diálogo Set depths

Acceso – Ventana principal ZondST3D → Options → Import/Export → Draw to surfer.

La ventana está destinada a configurar los parámetros de construcción de cortes horizontales del modelo de velocidades a profundidades especificadas, con posterior visualización en el programa Surfer. Permite definir la dimensión de la malla de interpolación en los ejes X e Y, el número de cortes y sus profundidades, así como el modo de visualización (diagrama tridimensional o cortes individuales).



Build – Botón de inicio de la construcción de cortes. Al pulsarlo se leen los valores de profundidad de la tabla, se descartan los valores incorrectos y los que se encuentran fuera del rango admisible; a continuación se cierra la ventana y se inicia la construcción de mapas en Surfer.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana a través del punto de menú «Import/Export» → «Draw to surfer».
2. Si es necesario, modificar la dimensión de la malla en X e Y en los campos «X grid number» e «Y grid number».
3. Establecer el número de cortes en el campo «XY slice number»; la tabla de profundidades se actualizará automáticamente.
4. Si es necesario, editar los valores de profundidad en la columna «Depth» de la tabla. Los valores deben encontrarse dentro del rango de profundidades del modelo.
5. Seleccionar el sistema de referencia de profundidades mediante la casilla «From surface» (desde la superficie o absolutas).
6. Seleccionar el modo de visualización mediante la casilla «3D» (diagrama tridimensional o cortes individuales).
7. Pulsar el botón «Build» para construir los cortes en Surfer.

Nota. Los valores de profundidad que no sean números válidos o que se encuentren fuera del rango de profundidades del modelo se ignoran durante la construcción.

Nota. Con determinadas combinaciones de las casillas «From surface» y «3D», el orden de los cortes se invierte automáticamente para una visualización correcta.

Ventana Record video

Acceso – Ventana principal de ZondST3D → Options → Import/Export → Create video.

La ventana está destinada a la grabación de un vídeo del modelo 3D en rotación. Se realiza una captura fotograma a fotograma del área del gráfico 3D en un archivo AVI con compresión XVID. La duración máxima de grabación es de dos minutos, tras lo cual la grabación se detiene automáticamente.

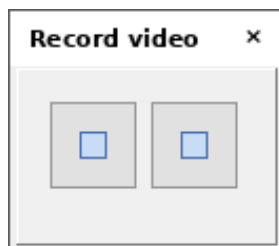


Fig. 89 Ventana Record video

Start/Stop recording – Inicia o detiene la grabación de vídeo. Al pulsarlo, comienza la captura del área del gráfico 3D en el archivo «Movie.avi» en el directorio del programa.

Frecuencia: 15 fotogramas/s, códec XVID. Una segunda pulsación o la expiración de los dos minutos detiene la grabación, tras lo cual la ventana se cierra automáticamente.

Start/Stop rotation – Activa o pausa la rotación automática del modelo 3D. Cada pulsación alterna la rotación entre los estados activo e inactivo. El paso de giro es de 5° por ciclo.

Procedimiento de trabajo:

1. Seleccionar el elemento de menú «Import/Export» → «Create video». Se abrirá la ventana «Record video» y la rotación automática del modelo 3D se iniciará de inmediato.

2. Si es necesario, controlar la rotación con el botón «Start/Stop rotation»: al pulsarlo se pausa o reanuda la rotación.

3. Pulsar el botón «Start/Stop recording» para iniciar la captura de vídeo en el archivo «Movie.avi» en el directorio del programa.

4. Para detener la grabación, pulsar de nuevo «Start/Stop recording» o esperar a que se detenga automáticamente transcurridos 2 minutos.

5. Tras la detención de la grabación, la ventana se cierra y la rotación del modelo 3D se detiene.

Nota. La ventana se muestra por encima de las demás ventanas.

Nota. El archivo de vídeo se guarda como «Movie.avi» en el directorio del programa.

Nota. Para la codificación es necesario que el códec XVID esté instalado en el sistema; en su ausencia la grabación no es posible.

Nota. El área de captura corresponde a las dimensiones y posición del gráfico 3D en la pantalla. Las dimensiones del fotograma se redondean a valores pares.

Nota. Si al cerrar la ventana la grabación aún está en curso, se detiene automáticamente y el archivo se guarda.

Constructor de malla

Diálogo Simple grid maker

Acceso – Botón «Set simple mesh» en la ventana Mesh constructor (ventana principal: Options → Mesh constructor).

La ventana está destinada a la creación y edición interactiva de una malla rectangular simple basada en las coordenadas de los puntos de observación. Las líneas de la malla se disponen en dos direcciones mediante la búsqueda automática de la ubicación óptima o la adición y eliminación manual de líneas. El resultado es una matriz de nodos de intersección de las líneas de la malla, que se transfiere a la ventana de construcción de la malla.

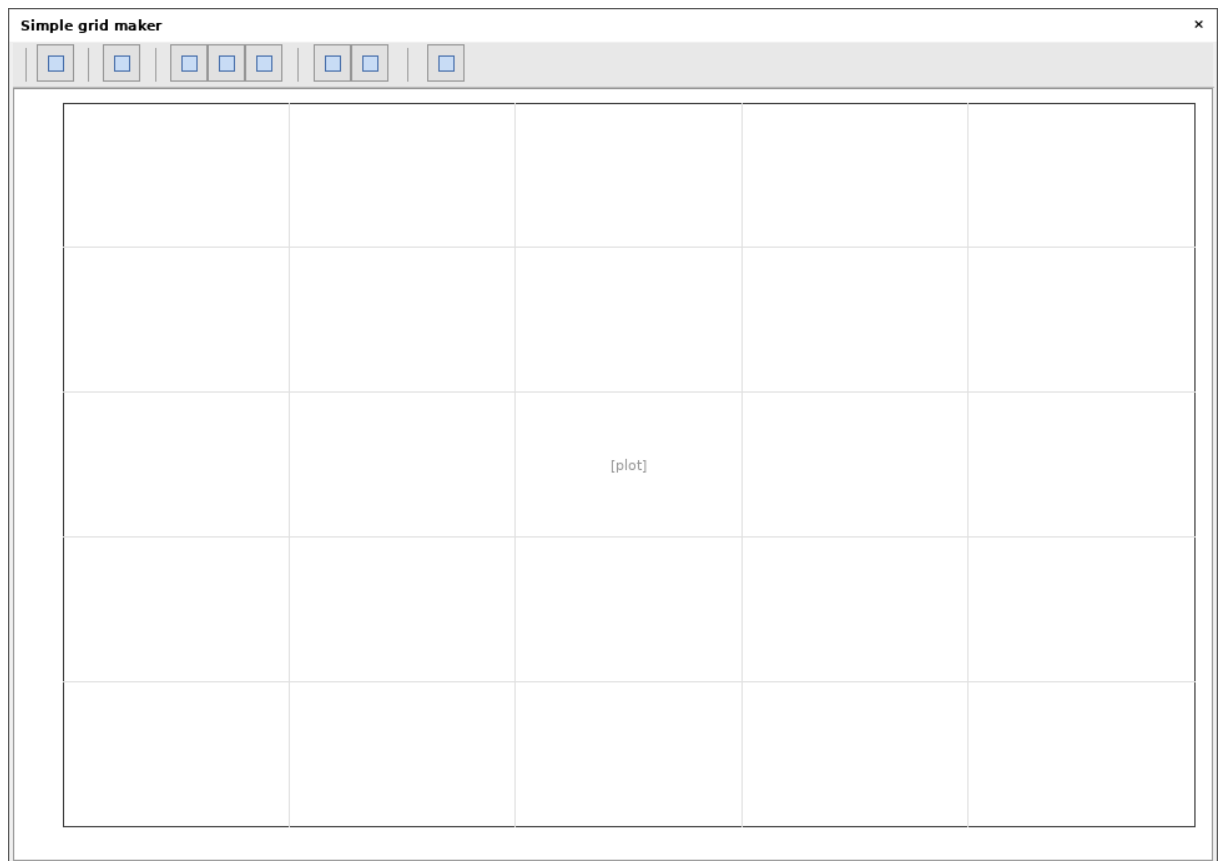


Fig. 90 Diálogo Simple grid maker

Automatic search for optimal grid – Inicia la búsqueda automática de la ubicación óptima de las líneas de la malla para la dirección actual. Se abre un diálogo auxiliar para introducir la cantidad mínima y máxima de nodos (por defecto 20 y 40). Si el mínimo es mayor que el máximo, los valores se intercambian automáticamente. Para obtener un buen resultado puede ser necesario realizar varias ejecuciones sucesivas.

Cambio de dirección – Alterna entre la primera y la segunda dirección de la malla. Por defecto está activa la primera dirección. Al alternar, los datos se giran en el ángulo correspondiente y en la barra de estado se muestra la dirección actual con indicación del ángulo.

Add remove node – Activa el modo de adición y eliminación de líneas individuales de la malla. Está activo por defecto. Al hacer clic con el botón izquierdo del ratón en el gráfico se añade una nueva línea en la posición indicada (si no se encuentra demasiado cerca de una existente). Al hacer clic con el botón derecho se elimina la línea más cercana.

Add fence mode – Activa el modo de adición de un grupo de líneas de malla uniformemente distribuidas. Al arrastrar con el botón izquierdo del ratón se define el rango dentro del cual se colocan las líneas intermedias. La cantidad de líneas intermedias se regula con la rueda del ratón. Al hacer clic con el botón derecho se eliminan todas las líneas dentro del rango indicado.

Tercer modo de cursor – Activa el tercer modo de cursor. Pertenece al mismo grupo de modos mutuamente excluyentes que «Add remove node» y «Add fence mode».

Disminución del ángulo de dirección (←) – Disminuye el ángulo de la dirección actual en 1° al pulsar con el botón izquierdo del ratón o en 0.1° al pulsar con el botón derecho. El gráfico se redibuja con el nuevo ángulo de rotación.

Aumento del ángulo de dirección (→) – Aumenta el ángulo de la dirección actual en 1° al pulsar con el botón izquierdo del ratón o en 0.1° al pulsar con el botón derecho. El gráfico se redibuja con el nuevo ángulo de rotación.

Aplicar malla – Finaliza la construcción de la malla: genera la matriz de nodos de intersección de las líneas de la primera y segunda dirección y cierra la ventana. El resultado se transmite a la ventana de construcción de la malla.

Gráfico – Muestra los puntos de observación en color gris y las líneas de malla de ambas direcciones como líneas negras. Se admite la interacción: adición y eliminación de líneas mediante clics del ratón, definición de rango mediante arrastre en el modo «Add fence mode», regulación de la cantidad de líneas intermedias con la rueda del ratón.

Barra de estado – Contiene tres paneles. El primero muestra las coordenadas del cursor. El segundo muestra la cantidad de líneas en la primera dirección (nx), en la segunda dirección (ny) y la cantidad total de puntos de datos (npoints). El tercero muestra la dirección actual, el ángulo, la diferencia de ángulos entre las direcciones y el progreso de la búsqueda automática en porcentaje.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana pulsando con el botón izquierdo del ratón en el botón «Set simple mesh» en la ventana de construcción de la malla.
2. En el gráfico se mostrarán los puntos de observación. Por defecto está activa la primera dirección.
3. Si es necesario, ajustar el ángulo de la primera dirección con los botones «←» y «→» (botón izquierdo del ratón — paso de 1°, botón derecho — 0.1°).
4. Colocar las líneas de malla de la primera dirección: automáticamente — mediante el botón de búsqueda automática (definir el rango de cantidad de nodos en el diálogo que se abre), o manualmente — haciendo clic en el gráfico en el modo «Add remove node» o «Add fence mode».
5. Cambiar a la segunda dirección mediante el botón de cambio de dirección.
6. De forma análoga, ajustar el ángulo de la segunda dirección y colocar las líneas de malla.
7. Pulsar el botón «Aplicar malla» para generar la matriz de nodos y transmitir el resultado a la ventana de construcción de la malla.

Nota. Durante la búsqueda automática de la malla óptima puede ser necesario realizar varias ejecuciones repetidas para obtener el mejor resultado.

Nota. No se añadirá una nueva línea si se encuentra demasiado cerca de una existente (menos del 10% de la distancia a la línea vecina).

Nota. En el modo «Add remove node», al hacer clic con el botón derecho del ratón en el gráfico se elimina la línea de malla más cercana de la dirección actual.

Nota. En el modo «Add fence mode» la cantidad de líneas intermedias se regula con la rueda del ratón (arriba — aumentar, abajo — disminuir, mínimo 1).

Nota. La segunda dirección se habilita solo después de definir la primera. Al activarla por primera vez, a la segunda dirección se le asigna automáticamente un ángulo perpendicular a la primera.

Nota. Al hacer clic derecho sobre el botón «Set simple mesh» en la ventana de construcción de la malla se puede eliminar la malla existente.

Diálogo Set search range

Acceso – La ventana se abre pulsando el botón en la ventana de construcción de la malla (Mesh constructor).

El cuadro de diálogo está destinado a definir el rango de tamaños de la malla para la búsqueda automática de la ubicación óptima de las líneas de la malla.

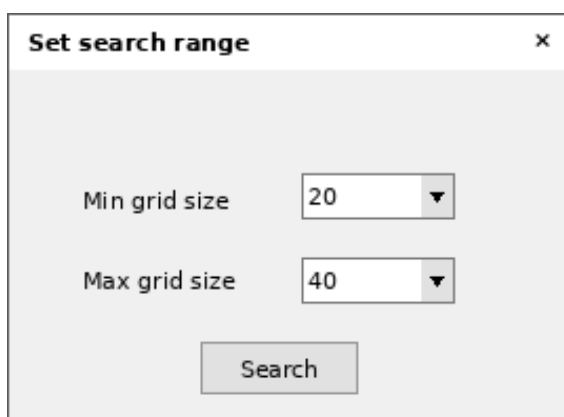


Fig. 91 Diálogo Set search range

Min grid size – Tamaño mínimo de la malla para la búsqueda. Número entero de 2 a 200. Valor predeterminado: 20.

Max grid size – Tamaño máximo de la malla para la búsqueda. Número entero de 2 a 200. Valor predeterminado: 40.

Search – Inicia el procedimiento de búsqueda de la ubicación óptima de las líneas de la malla en el rango especificado y cierra el diálogo.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana pulsando el botón correspondiente en la ventana de construcción de la malla.
2. Indicar el tamaño mínimo de la malla en el campo «Min grid size».
3. Indicar el tamaño máximo de la malla en el campo «Max grid size».

4. Pulsar el botón «Search». Si el valor mínimo supera al máximo, el programa los intercambiará automáticamente. Los resultados de la búsqueda se mostrarán en la ventana de construcción de la malla.

Nota. Ambos campos solo aceptan números enteros en el rango de 2 a 200.

Nota. Si el valor «Min grid size» supera «Max grid size», el programa los intercambia automáticamente antes de ejecutar la búsqueda.

Diálogo Trapezoidal mesh

Acceso – Botón «Set trapezoidal mesh» en la ventana Mesh constructor (ventana principal: Options → Mesh constructor). Los nodos de la malla actual se transfieren a la ventana automáticamente.

La ventana está destinada a crear una malla trapezoidal a partir de un conjunto de puntos. El usuario agrupa los puntos en líneas (principales y transversales), define su indexación, si es necesario rota el conjunto de puntos, y luego genera una vista previa de la malla y transfiere el resultado de vuelta al constructor de malla.

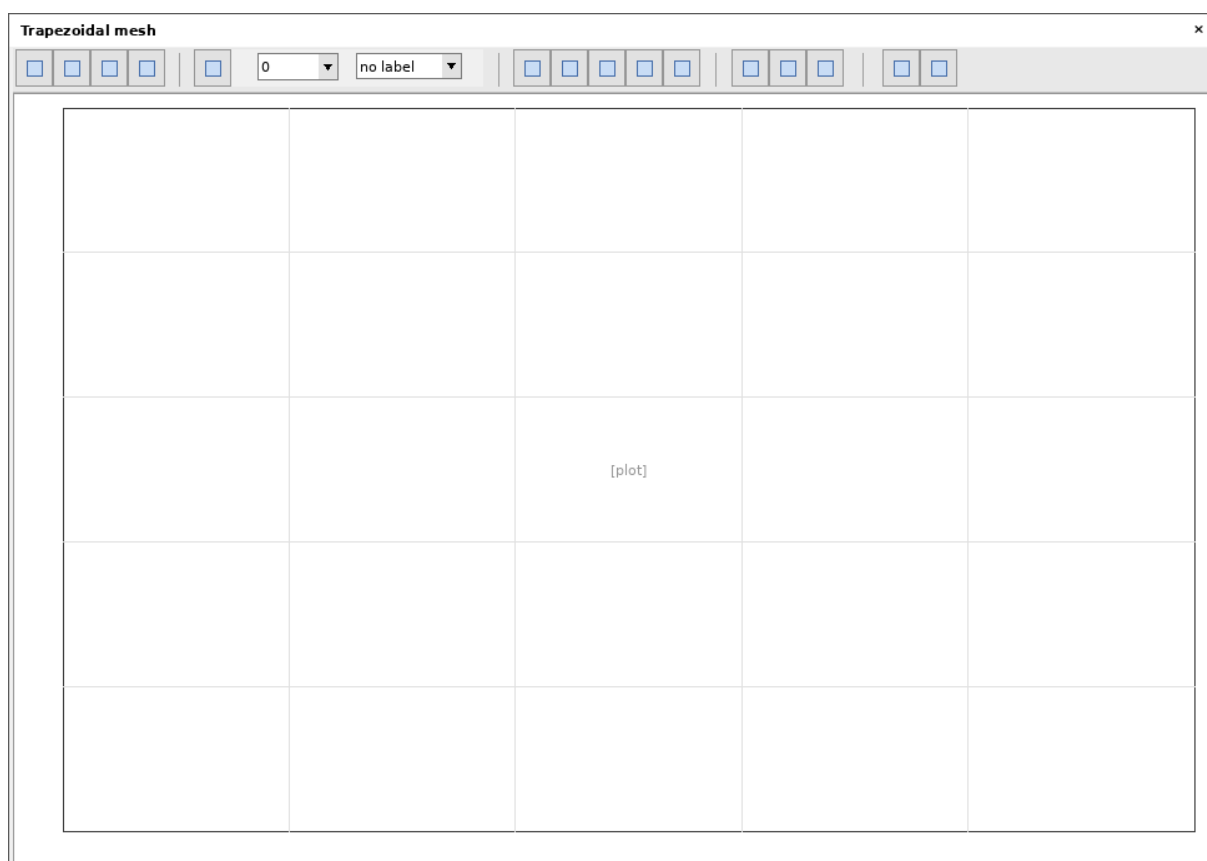


Fig. 92 Diálogo Trapezoidal mesh

Área del gráfico (parte central de la ventana) – Muestra los puntos de datos en coordenadas X/Y. Los puntos no asignados a ninguna línea se muestran en gris; los asignados a líneas se colorean cíclicamente en rojo, azul, verde, fucsia y celeste (según el número de línea, con un ciclo cada 5 líneas). Los puntos de la línea activa actual se resaltan con un contorno de color. Un clic izquierdo añade puntos a la línea actual, un clic derecho los excluye. El desplazamiento de la

rueda del ratón escala la vista. Al generar la vista previa, en el gráfico también se dibujan las líneas de conexión de la malla.

Add new line (Ctrl+A) – Añade una nueva línea con un índice una unidad mayor que el máximo existente. El número de la línea actual se actualiza automáticamente en el campo de índice.

Automatic search for optimal grid – Inicia la búsqueda automática de la malla óptima. Un clic derecho sobre el botón abre un menú contextual con la selección de la dirección de búsqueda (Vertical / Horizontal). Antes de iniciar es necesario seleccionar la dirección. Puede ser necesario ejecutar varias veces la búsqueda para obtener el resultado.

Remove current line – Elimina la línea activa actual. Todos los puntos de esa línea pierden su asignación; los índices de las líneas con número mayor se reducen en una unidad.

Remove all lines – Elimina todas las líneas y restablece la asignación de todos los puntos.

Cross lines mode – Alterna el modo de trabajo entre líneas principales y transversales. En el modo de líneas transversales, la asignación, eliminación y navegación por las líneas operan con el índice transversal de los puntos. La coloración también cambia: los puntos se colorean según el índice transversal.

Line index – Campo numérico para seleccionar el número de la línea activa actual. El valor mínimo es 1 y el máximo es el mayor índice de línea existente más uno. Al cambiar el valor se conmuta la línea actual y se actualiza la visualización.

Lista de etiquetas: no label / i1 / i2 / i1&i2 – Controla la visualización de etiquetas de texto en los puntos del gráfico. «no label»: las etiquetas no se muestran (opción predeterminada). «i1»: índice de la línea principal (numeración desde 1). «i2»: índice de la línea transversal. «i1&i2»: ambos índices separados por barra oblicua (por ejemplo, «3/5»).

Grupo de herramientas de interacción (cinco botones conmutables) – Cinco botones mutuamente excluyentes que determinan la herramienta actual. El primero (predeterminado) es la selección por circunferencia: al hacer clic, todos los puntos dentro del radio del cursor se añaden o se excluyen de la línea actual. El tercero es la selección por franja: se seleccionan los puntos a lo largo de una franja horizontal o vertical según la dirección actual. El quinto es añadir/eliminar nodos: clic izquierdo añade un punto nuevo, clic derecho lo elimina.

Rotate points (rotación hacia adelante) – Rota el conjunto de puntos. El clic izquierdo incrementa el ángulo de rotación en 1°, el derecho en 0,1°.

Rotate points (rotación hacia atrás) – Rota el conjunto de puntos en dirección inversa. El clic izquierdo reduce el ángulo de rotación en 1°, el derecho en 0,1°.

Undo rotation – Restablece el ángulo de rotación a 0 y devuelve los puntos a sus posiciones originales.

Build and preview mesh – Genera una vista previa de la malla basándose en la configuración actual de líneas y puntos. El resultado se muestra en el gráfico.

Use created mesh in mesh constructor – Acepta la malla trapezoidal creada, cierra la ventana y transfiere la malla de vuelta al constructor para su uso posterior.

Menú contextual: Vertical – Establece la dirección vertical para la búsqueda automática y la selección por franja. Cuando está seleccionado, se marca con una casilla de verificación.

Menú contextual: Horizontal – Establece la dirección horizontal para la búsqueda automática y la selección por franja. Cuando está seleccionado, se marca con una casilla de verificación.

Barra de estado – Contiene tres paneles. El segundo panel muestra estadísticas en el formato «N1/N2/N3», donde N1 es el número de puntos en la línea activa actual, N2 es el número total de puntos asignados a líneas y N3 es el número total de puntos.

Procedimiento de trabajo:

1. Abrir la ventana desde el constructor de malla (Options > Mesh constructor) mediante el botón «Set trapezoidal mesh». Los puntos de los nodos se cargarán automáticamente y se mostrarán en el gráfico.

2. Si es necesario, rotar el conjunto de puntos con los botones de rotación para facilitar la agrupación en líneas. El ángulo de rotación puede restablecerse con el botón «Undo rotation».

3. Seleccionar la dirección de búsqueda de líneas (Vertical o Horizontal) a través del menú contextual del botón de búsqueda automática (clic derecho).

4. Añadir una nueva línea con el botón «Add new line» o la combinación Ctrl+A.

5. Seleccionar la herramienta de selección (circunferencia o franja) en la barra de herramientas.

6. En el gráfico, hacer clic izquierdo para añadir puntos a la línea actual y clic derecho para excluirlas.

7. Repetir la adición de líneas y la asignación de puntos para todas las líneas principales necesarias.

8. Cambiar al modo de líneas transversales con el botón «Cross lines mode» y crear las líneas transversales de manera análoga.

9. Si es necesario, utilizar la búsqueda automática de la malla óptima (puede requerir varias repeticiones).

10. Seleccionar el tipo de visualización de etiquetas en la lista desplegable para controlar la corrección de la indexación.

11. Pulsar «Build and preview mesh» para obtener una vista previa del resultado.

12. Si el resultado es satisfactorio, pulsar «Use created mesh in mesh constructor» para transferir la malla al constructor.

Nota. La tecla de acceso rápido Ctrl+A añade una nueva línea.

Nota. La rotación de puntos se realiza con un paso de 1° al hacer clic izquierdo y de 0,1° al hacer clic derecho en los botones de rotación.

Nota. La combinación de colores de las líneas se repite cíclicamente cada 5 líneas (rojo, azul, verde, fucsia, celeste).

Nota. Los puntos no asignados a ninguna línea se muestran en color gris.

Nota. Para la correcta construcción de la malla es necesario que los puntos tengan tanto el índice principal como el transversal. La verificación de integridad se realiza automáticamente.

Ajustes gráficos y capas de fondo

Diálogo Contour settings

Acceso – Se abre pulsando el botón «Settings» (con la descripción emergente «Colorscale settings») en la ventana de configuración de la pseudosección.

La ventana está destinada a la configuración de los niveles de contorno (isolíneas) de la escala de colores: definición de los valores numéricos de los niveles, colores de relleno entre niveles, colores de las isolíneas y su visibilidad. Permite cargar y guardar configuraciones de niveles desde archivos, así como editar paletas de colores.

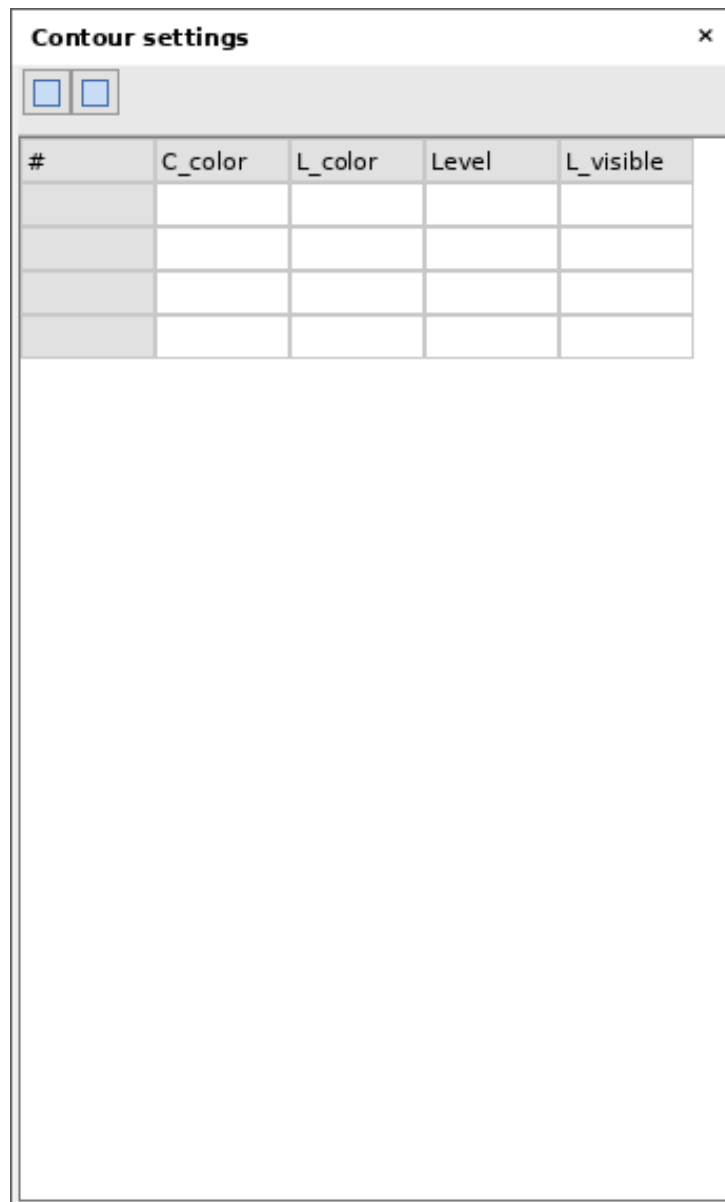


Fig. 93 Diálogo Contour settings

Botón «Load levels from file» – Abre un diálogo de selección de archivo de niveles para su carga. Formatos compatibles: *.lvl, *.lev, *.clr. El archivo en formato LVL es de texto: la primera línea es el encabezado, la segunda son los nombres de las columnas, a continuación las líneas de datos que contienen el valor del nivel, el indicador de visibilidad de la isolínea (0/1), el color de la línea y el color de relleno (definidos mediante nombres de colores o valores RGB). El archivo en formato CLR es de texto: cada línea contiene cuatro números — valor del nivel, R, G, B (0–255); el color de la isolínea se establece en negro, la visibilidad se activa. Tras la carga, la tabla se actualiza.

Botón «Save levels to file» – Abre un diálogo para guardar la configuración actual de niveles en un archivo de formato *.lvl.

Tabla de niveles – Tabla con cinco columnas: «#» (número de nivel), «C_color» (color de relleno del contorno), «L_color» (color de la isolínea), «Level» (valor numérico del nivel), «L_visible» (casilla de visibilidad de la isolínea). El número de filas corresponde al número de niveles.

Columna «#» – Número ordinal del nivel. No es editable.

Columna «C_color» – Muestra el color de relleno del contorno. La celda está dividida verticalmente en dos mitades: la superior muestra el color del área por encima del nivel, la inferior — por debajo. Al hacer clic derecho en la celda se abre el diálogo estándar de selección de color para la mitad correspondiente. Al hacer clic derecho en el encabezado de la columna se abre el editor de paleta de gradiente de relleno con la visualización del histograma de datos; tras cerrar el editor, los colores de relleno se recalculan según la paleta.

Columna «L_color» – Muestra el color de la isolínea en forma de línea horizontal. Al hacer clic derecho en la celda se abre el diálogo estándar de selección de color para el nivel correspondiente. Al hacer clic derecho en el encabezado de la columna se abre el editor de paleta de gradiente de isolíneas con la visualización del histograma de datos; tras cerrar el editor, los colores de las isolíneas se recalculan según la paleta.

Columna «Level» – Valor numérico del nivel. Se edita directamente en la celda. Al hacer clic derecho en el encabezado de la columna se abre un diálogo auxiliar para definir el rango de niveles (mínimo y máximo) con la posibilidad de activar la distribución logarítmica (ambos valores límite deben ser positivos). Tras la confirmación, los niveles se recalculan de forma uniforme (lineal o logarítmicamente) y se redondean a las cifras significativas.

Columna «L_visible» – Casilla de control de visibilidad de cada isolínea. Un clic con el botón izquierdo del ratón en el encabezado de la columna activa la visibilidad de todas las isolíneas; un clic con el botón derecho en el encabezado desactiva la visibilidad de todas las isolíneas.

Procedimiento de trabajo:

1. La ventana se abre con el botón «Settings» en la ventana de configuración de la pseudosección. Al abrirse, la tabla se rellena automáticamente con los niveles, colores e indicadores de visibilidad actuales.

2. Para modificar el valor de un nivel, haga clic en la celda de la columna «Level» e introduzca un nuevo valor numérico.

3. Para cambiar el color de relleno, haga clic con el botón derecho del ratón en la celda de la columna «C_color» y seleccione un color en el diálogo estándar. Para cambiar masivamente la paleta de relleno, haga clic con el botón derecho en el encabezado de la columna «C_color».

4. Para cambiar el color de una isolínea, haga clic con el botón derecho del ratón en la celda de la columna «L_color» y seleccione un color. Para cambiar masivamente la paleta de isolíneas, haga clic con el botón derecho en el encabezado de la columna «L_color».

5. Para redefinir el rango y la distribución de niveles, haga clic con el botón derecho del ratón en el encabezado de la columna «Level», establezca el mínimo y el máximo en el diálogo que se abre, active la distribución logarítmica si es necesario y confirme.

6. Para controlar la visibilidad de las isolíneas, marque o desmarque las casillas en la columna «L_visible». Para activar o desactivar todas a la vez, haga clic con el botón izquierdo o derecho en el encabezado de dicha columna.

7. Para cargar niveles desde un archivo, pulse el botón «Load levels from file» y seleccione un archivo *.lvl, *.lev o *.clr.

8. Para guardar los niveles en un archivo, pulse el botón «Save levels to file» e indique el nombre del archivo *.lvl.

9. Una vez finalizada la configuración, cierre la ventana. Si los valores de los niveles fueron modificados, el resultado se aplicará a la pseudosección.

Nota. Al cargar un archivo en formato LVL, los valores de los niveles se escalan teniendo en cuenta el coeficiente de escala de las unidades de medida actual.

Nota. Al recalcular el rango de niveles a través del encabezado de la columna «Level», el valor mínimo debe ser estrictamente menor que el máximo. Si se selecciona la distribución logarítmica, ambos valores límite deben ser positivos.

Nota. Los valores de los niveles tras el recálculo automático se redondean a las cifras significativas. Si los niveles cruzan el cero, el nivel más cercano a cero se establece igual a cero.

Nota. El archivo en formato CLR contiene una línea por nivel: cuatro números separados por espacios — valor del nivel, componentes R, G, B (0–255). Al cargarlo, el color de la isolínea se establece en negro y la visibilidad de las isolíneas se activa para todos los niveles.

Diálogo Set rectangle

Invocación – La ventana se abre al cargar una imagen de fondo en la ventana de la pseudosección. Al seleccionar un archivo en formato .bmp, .emf o .dxf a través del diálogo estándar de apertura de archivos (filtro «Maps|*.bmp;*.emf;*.sec;*.dxf;*.dat»), aparece esta ventana para especificar las coordenadas del área rectangular de georeferenciación de la imagen.

El diálogo está destinado a establecer las coordenadas del área rectangular en la que se inscribirá la imagen de fondo o el dibujo DXF cargado. Se indican los límites izquierdo, derecho, superior e inferior del área en coordenadas del modelo. Para archivos DXF, los campos se rellenan previamente con las extensiones del dibujo; para BMP/EMF, con los límites actuales de los ejes de la pseudosección.

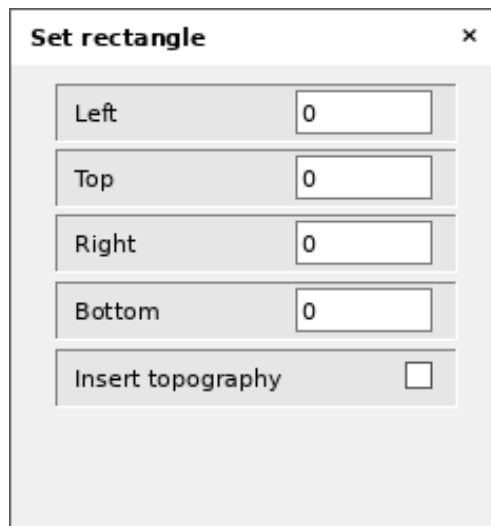


Fig. 94 Diálogo Set rectangle

Left – Límite izquierdo del área rectangular (coordenada X mínima). El valor por defecto es «0». Al cargar un archivo DXF, el campo se rellena con el límite izquierdo de las extensiones del dibujo; al cargar BMP/EMF, con el valor mínimo del eje horizontal de la pseudosección.

Top – Límite superior del área rectangular (coordenada Y mínima). El valor predeterminado es «0». Al cargar un archivo DXF, el campo se rellena con el límite superior de las extensiones del dibujo; al cargar BMP/EMF, con el valor mínimo del eje vertical teniendo en cuenta la escala y el desplazamiento.

Right – Límite derecho del área rectangular (coordenada X máxima). El valor predeterminado es «0». Al cargar un archivo DXF, el campo se rellena con el límite derecho de las extensiones del dibujo; al cargar BMP/EMF, con el valor máximo del eje horizontal de la pseudosección.

Bottom – Límite inferior del área rectangular (coordenada Y máxima). El valor predeterminado es «0». Al cargar un archivo DXF, el campo se rellena con el límite inferior de las extensiones del dibujo; al cargar BMP/EMF, con el valor máximo del eje vertical teniendo en cuenta la escala y el desplazamiento.

Insert topography – Casilla de verificación que controla la inserción de la topografía en la imagen cargada. Al cargar archivos DXF y BMP/EMF, este elemento se oculta.

Procedimiento de trabajo:

1. Iniciar la carga de la imagen de fondo en la ventana de la pseudosección.
2. En el cuadro de diálogo estándar de apertura de archivo, seleccionar un archivo en formato .bmp, .emf o .dxf.
3. En el cuadro de diálogo «Set rectangle» que se abre, verificar y, si es necesario, corregir las coordenadas del área rectangular de georreferenciación en los campos Left, Top, Right, Bottom.
4. Confirmar la entrada pulsando la tecla Enter. Los valores introducidos se utilizan para la georreferenciación de la imagen con las coordenadas del modelo.

Nota. La confirmación de la entrada se realiza pulsando la tecla Enter.

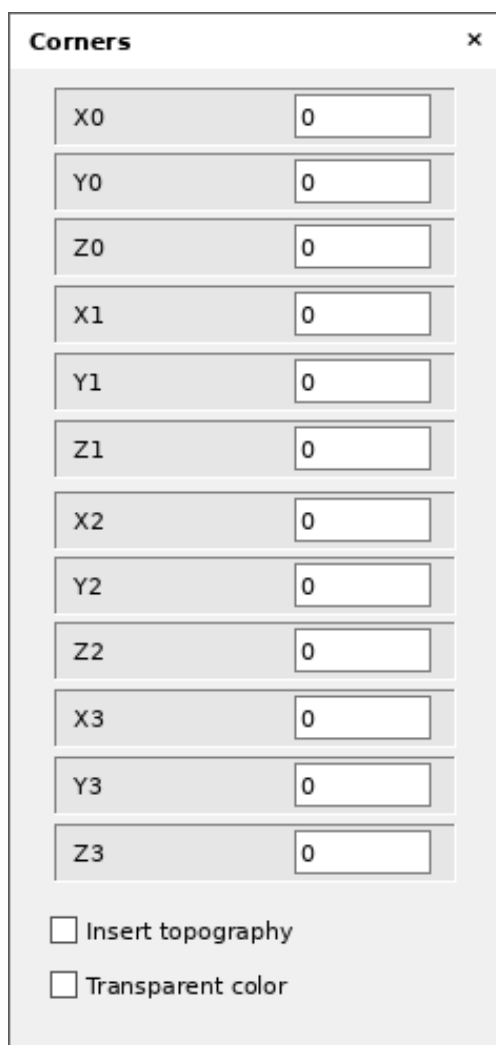
Nota. Para archivos DXF, los valores de las coordenadas se calculan a partir de las extensiones del dibujo; para BMP y EMF, a partir de los límites actuales de los ejes de la pseudosección.

Nota. Los cuatro campos de coordenadas aceptan valores numéricos de punto flotante.

Cuadro de diálogo Corners

Invocación – Se abre al colocar una imagen de fondo en la escena tridimensional: Options → Import/Export → Background 3D → Load background o Load satellite map.

El cuadro de diálogo está destinado a la definición de las coordenadas de cuatro puntos de esquina del área rectangular en el espacio tridimensional, sobre la cual se superpone la imagen. Al abrirse, los campos se rellenan con las coordenadas calculadas a partir del modelo actual. Tras la confirmación, los valores introducidos se aplican para el posicionamiento de la imagen en la escena 3D.



Corners	
X0	0
Y0	0
Z0	0
X1	0
Y1	0
Z1	0
X2	0
Y2	0
Z2	0
X3	0
Y3	0
Z3	0
☐ Insert topography	
☐ Transparent color	

Fig. 95 Cuadro de diálogo Corners

X0 – Coordenada X del primer punto de esquina. Valor predeterminado: 0.

Y0 – Coordenada Y del primer punto de esquina. Valor predeterminado: 0.

Z0 – Coordenada Z del primer punto de esquina. Valor predeterminado: 0. Se muestra con el signo invertido: los valores positivos en el cuadro de diálogo corresponden a la profundidad (el eje Z está dirigido hacia abajo).

X1 – Coordenada X del segundo punto de esquina. Valor predeterminado: 0.

Y1 – Coordenada Y del segundo punto de esquina. Valor predeterminado: 0.

Z1 – Coordenada Z del segundo punto de esquina. Valor predeterminado: 0. El signo se invierte de manera análoga a Z0.

X2 – Coordenada X del tercer punto de esquina. Valor predeterminado: 0.

Y2 – Coordenada Y del tercer punto de esquina. Valor predeterminado: 0.

Z2 – Coordenada Z del tercer punto de esquina. Valor predeterminado: 0. El signo se invierte de manera análoga a Z0.

X3 – Coordenada X del cuarto punto de esquina. Valor predeterminado: 0.

Y3 – Coordenada Y del cuarto punto de esquina. Valor predeterminado: 0.

Z3 – Coordenada Z del cuarto punto de esquina. Valor predeterminado: 0. El signo se invierte de manera análoga a Z0.

Insert topography – Casilla de verificación que activa la consideración de la topografía al superponer la imagen. No está disponible para todos los tipos de planos (se oculta para el plano horizontal XY).

Transparent color – Casilla de verificación que activa el modo de color transparente para la imagen superpuesta.

Botón de selección de color – Botón a la derecha de la casilla Transparent color. Permite indicar el color que se considerará transparente al mostrar la imagen. Por defecto se selecciona el color blanco.

Procedimiento de trabajo:

1. El diálogo se abre automáticamente al colocar la imagen en un plano de la escena 3D. Los campos de coordenadas se rellenan con los valores calculados de las esquinas del área actual.
2. Si es necesario, corregir las coordenadas de los puntos de esquina en los campos X0–Z3. Las coordenadas Z se muestran con el signo invertido respecto al sistema de coordenadas interno.
3. Si es necesario, activar la casilla Insert topography para tener en cuenta el relieve de la superficie (no disponible para todos los tipos de planos).
4. Si es necesario, activar la casilla Transparent color y, mediante el botón de selección de color, indicar el color que se volverá transparente en la imagen.
5. Confirmar la entrada. Las coordenadas se aplicarán para posicionar la imagen en la escena tridimensional.

Nota. Los cuatro puntos de esquina definen los vértices del plano rectangular en el espacio tridimensional sobre el cual se proyecta la imagen cargada.

Nota. La coordenada Z se invierte al visualizarse: los valores positivos en el diálogo corresponden a la profundidad (el eje Z en el programa está dirigido hacia abajo).

Configuración de parámetros gráficos

Diálogo de configuración de la imagen exportada

El diálogo Output 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.

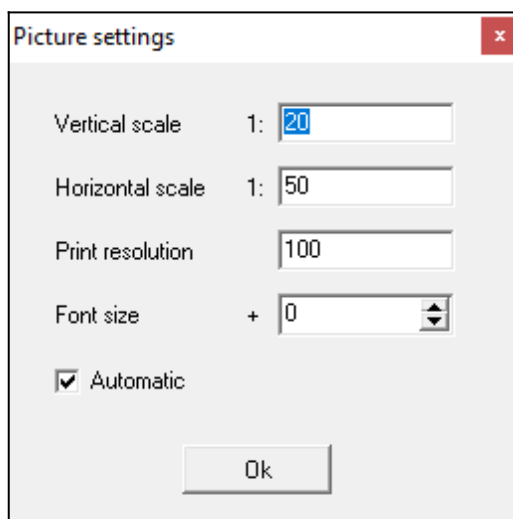


Fig. 96 Ventana de diálogo Picture settings.

Estos ajustes se aplican al modelo (Model) guardado en formato BMP , si la opción Automatic está desactivada. En caso contrario, la imagen se guarda con el mismo aspecto que en la pantalla.

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

El diálogo se invoca desde el menú contextual (Setup) en el área de la pseudosección o del mapa de contornos.

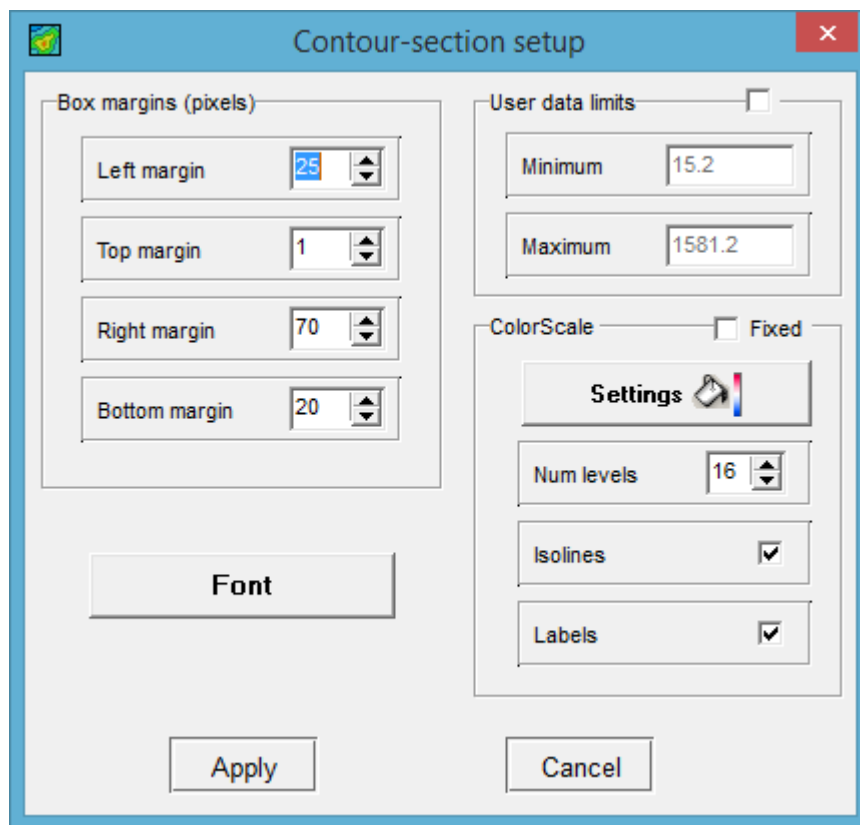


Fig. 97 Ventana de diálogo «Contour-section setup»

El diálogo sirve para configurar los parámetros del contorno y el plano de isolíneas.

Área Box margins:

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

Campo Right margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde derecho de la ventana.

Campo Top margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde superior de la ventana.

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

Opción User data limits – indica al programa si utilizar los valores mínimo y máximo de los datos, o bien utilizar los valores de los campos Minimum y Maximum al definir los intervalos de isolíneas.

Campo Minimum – establece el valor mínimo al definir los intervalos de isolíneas.

Campo Maximum – establece el valor máximo al definir los intervalos de isolíneas.

Área ColorScale:

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

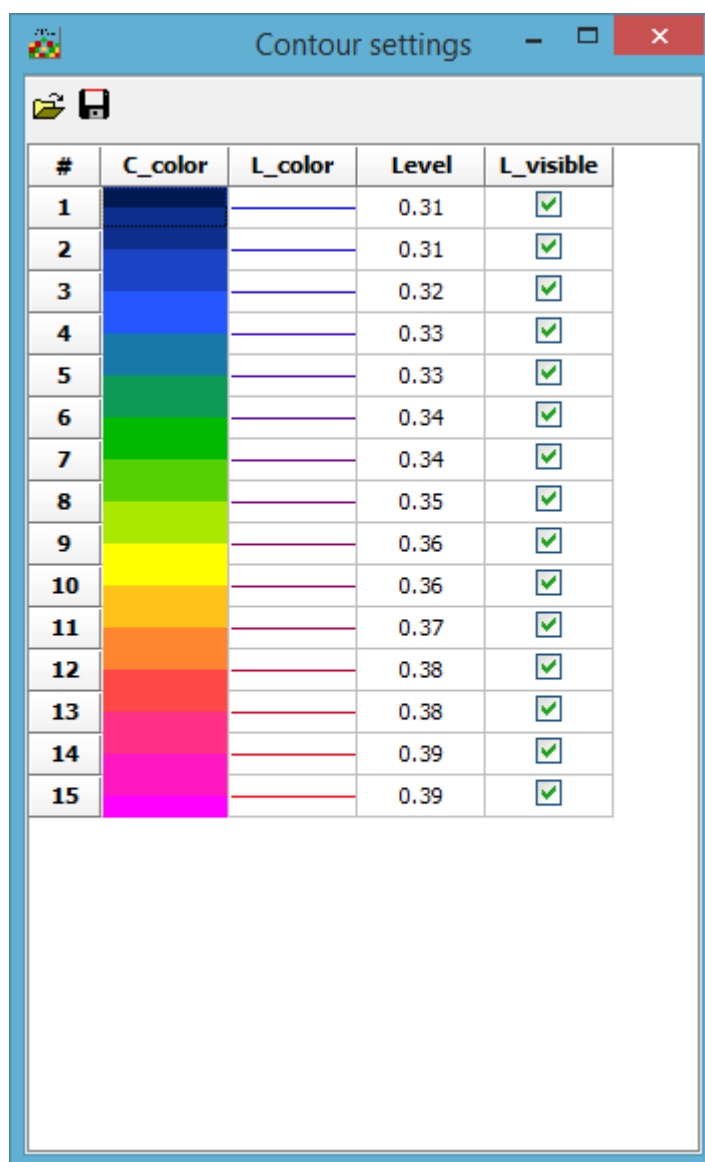


Fig. 98 Ventana de diálogo «Edit levels»

Haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre los encabezados de la tabla se puede invocar un menú adicional:

C_color – abre la ventana de edición del color de la escala de valores.

L_color – abre la ventana de edición del color de las marcas en la escala de colores.

Level – abre la ventana de edición de 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 concreto. Es posible cargar y guardar paletas de colores en formato *.clr del programa Surfer.

Campo Num levels – determina el número de intervalos de isolíneas. Los intervalos de isolíneas se definen con un paso uniforme lineal o logarítmico, dependiendo del tipo de datos.

Opción Isolines – indica al programa si es necesario dibujar las isolíneas.

La opción Labels indica al programa si es necesario dibujar etiquetas en las isolíneas.

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

Diálogo de configuración de paleta

El diálogo está destinado a la configuración de la paleta del objeto del programa y se abre con el botón Palette (fig. 75). El diálogo permite seleccionar una de las paletas predeterminadas (arcoíris directo e inverso, tonos de gris, etc.) o crear una escala personalizada. Para añadir un deslizador en la escala utilice el botón derecho del ratón manteniendo pulsada la tecla Ctrl. Para eliminar un deslizador utilice la tecla Delete. También es posible guardar una paleta personalizada mediante el botón , o cargar una ya existente mediante el botón .

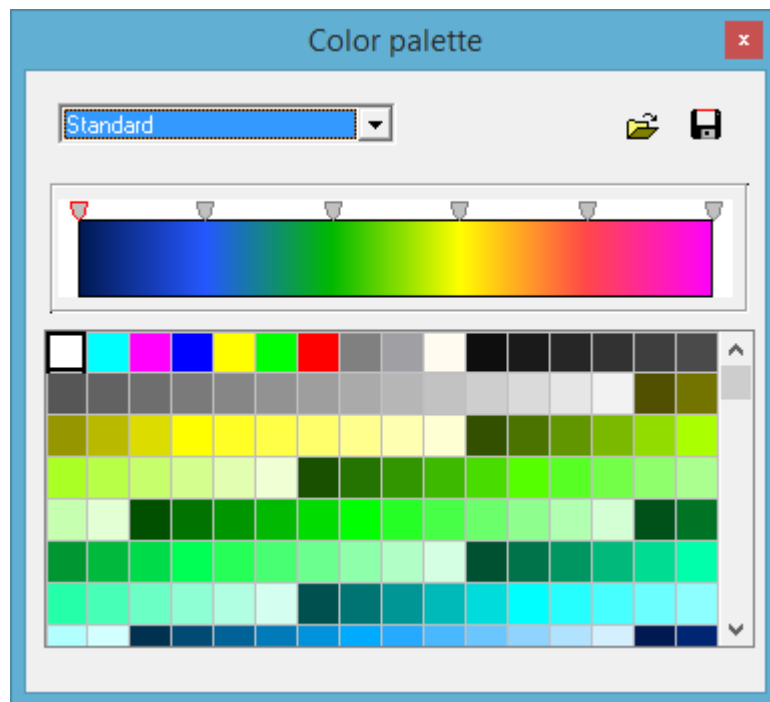


Fig. 99 Diálogo de configuración de los parámetros de la paleta

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

Editor del conjunto de gráficos

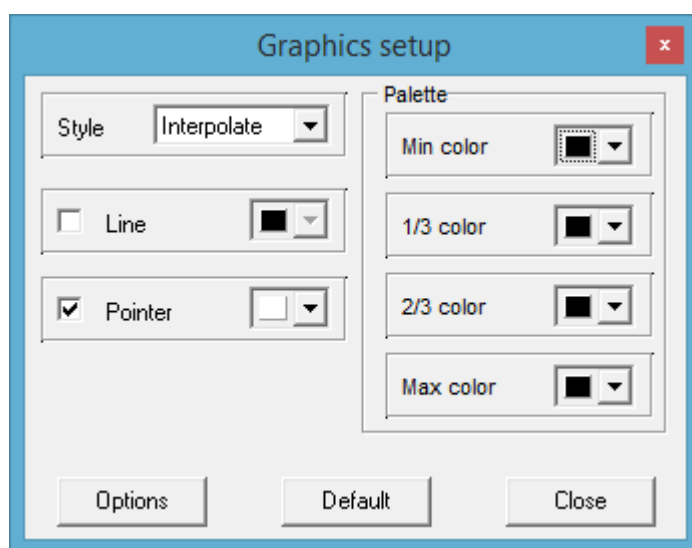


Fig. 100 Editor del conjunto de gráficos

El editor está destinado a la configuración de la secuencia de colores del conjunto de gráficos.

La opción Style establece el algoritmo de asignación de la paleta de colores para los gráficos.

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

La opción Line permite definir un color determinado para las líneas de conexión de los gráficos. Si la opción está desactivada se utiliza el color de la paleta; en caso contrario se utiliza el valor de color establecido en Line.

La opción Pointer permite definir un color determinado para el relleno de los marcadores de los gráficos. Si la opción está desactivada se utiliza el color de la paleta; en caso contrario se utiliza el valor de color establecido en Pointer.

La opción Border permite definir un color determinado para el contorno de los marcadores de los gráficos. Si la opción está desactivada se utiliza el color de la paleta; en caso contrario se utiliza el valor de color establecido en Border.

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

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

Editor de gráfico

El editor está destinado a la configuración de la apariencia del gráfico. Se puede abrir haciendo clic con el botón derecho del ratón manteniendo pulsada la tecla SHIFT sobre el gráfico.

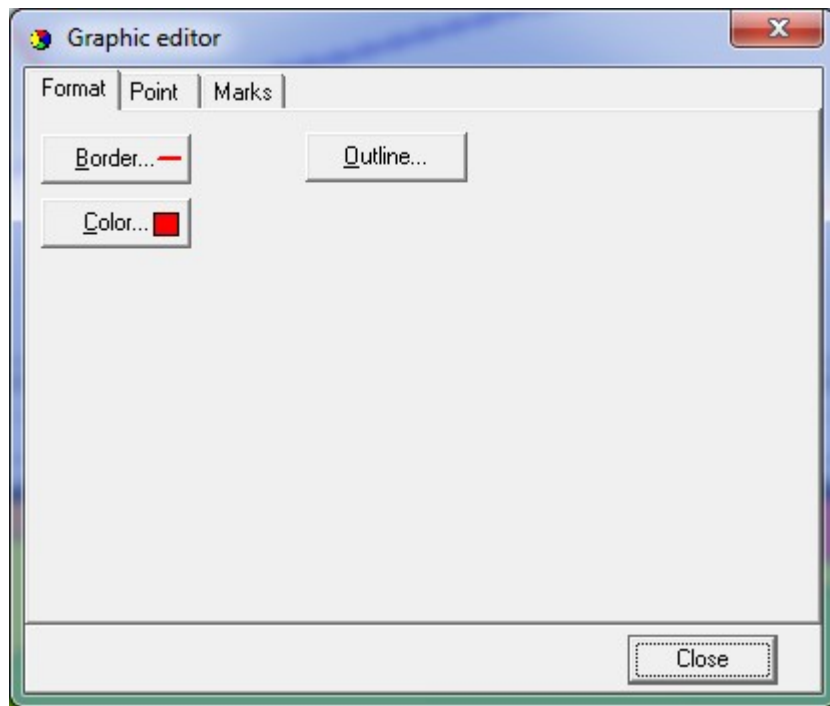


Fig. 101 **Diálogo del editor de configuración de gráficos**

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

El botón Border abre el diálogo de configuración de los parámetros de las líneas de conexión del gráfico.

El botón Color abre el diálogo de selección de color del gráfico.

El botón Outline abre el diálogo de configuración de 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/ocultar los marcadores del gráfico.

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

La opción Style establece la forma del marcador.

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

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

El botón Pattern abre el diálogo de selección de parámetros de relleno del marcador.

El botón Border abre el diálogo de configuración de los parámetros de la línea de contorno del marcador.

La pestaña Marks contiene los ajustes de las etiquetas de los marcadores del gráfico.

Pestaña Style:

La opción Visible permite mostrar/ocultar las etiquetas de los marcadores del gráfico.

La opción Draw every permite dibujar cada segunda, tercera, etc. etiqueta en función del valor seleccionado.

La opción Angle determina el ángulo de rotación del texto de las etiquetas de los marcadores.

La opción Clipped establece si se debe dibujar la etiqueta de un marcador cuando esta sobrepasa el 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 diálogo de configuración de 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 indicador del gráfico.

La pestaña Format contiene los ajustes gráficos para el marco alrededor de la etiqueta del indicador.

El botón Color abre el diálogo de selección del color de fondo del marco.

El botón Frame abre el diálogo de configuración de la línea del marco.

La opción Round Frame permite mostrar el marco con esquinas redondeadas.

La opción Transparent establece el grado de transparencia del marco.

Pestaña Text:

El botón Font abre el diálogo de configuración de fuente para las etiquetas de los indicadores.

El botón Outline abre el diálogo de configuración de las líneas de contorno de las letras de las etiquetas de los indicadores.

Editor de ejes

Muchos objetos del programa contienen ejes de coordenadas. Para configurar la apariencia y el escalado de los ejes de coordenadas se utiliza el editor de ejes. Se puede invocar haciendo clic con el botón derecho del ratón mientras se mantiene pulsada la tecla SHIFT sobre el eje de interés (véase la figura siguiente).

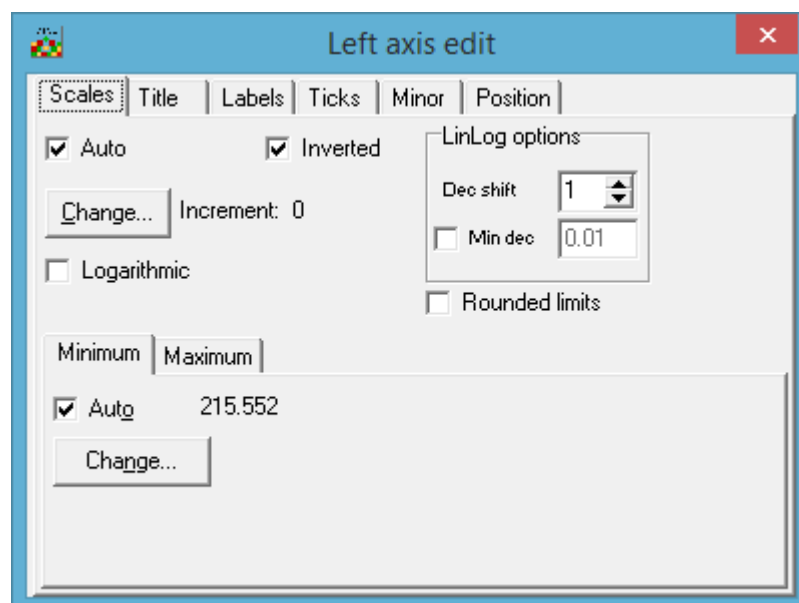


Fig. 102 Ejemplo del diálogo del editor del eje izquierdo

Al hacerlo, aparece un menú emergente con tres opciones: options, default y fix range. La primera abre el diálogo, la segunda establece los valores iguales a los valores por defecto.

La primera pestaña del diálogo Scales contiene opciones relacionadas con la configuración de los parámetros de escala del eje.

La opción Auto indica al programa de qué manera se determinan el mínimo y el máximo del eje. Si la opción está activada, los límites del eje se determinan automáticamente; en caso contrario, los establece el usuario en los campos Minimum y Maximum.

La opción Inverted determina la orientación del eje.

El botón Increment change abre el diálogo para establecer el paso de las marcas del eje.

La opción Logarithmic establece la escala del eje: logarítmica o lineal. En el caso de un eje con cambio de signo, se deben utilizar adicionalmente las opciones del área Lin Log options.

El área Lin Log options contiene opciones destinadas a la configuración del eje lineal-logarítmico. La escala lineal-logarítmica permite representar datos con cambio de signo o que contienen cero en escala logarítmica.

La opción Dec Shift establece el desplazamiento (en décadas logarítmicas) respecto al límite máximo en valor absoluto del eje hasta el cero. La década mínima (anterior al cero) tiene escala lineal, las demás tienen escala logarítmica.

La opción Min dec establece y fija el valor de la década mínima (anterior al cero), si la opción está activada.

La opción Rounded limits indica al programa si se deben redondear los valores del mínimo y el máximo del eje.

Las áreas Minimum y Maximum contienen un conjunto de opciones para la configuración de los límites de los ejes.

La opción Auto determina de qué manera 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.

Pestaña Style:

La opción Title define el texto del título del eje.

La opción Angle define el ángulo de rotación del texto del título del eje.

La opción Size define el desplazamiento del texto del título del eje. Si se establece en 0, el desplazamiento se determina automáticamente.

La opción Visible permite mostrar/ocultar el título del eje.

Pestaña Text:

El botón Font abre el diálogo de configuración de fuente para el título del eje.

El botón Outline abre el diálogo de configuración de las líneas de contorno de las letras del título del eje.

La pestaña Labels contiene opciones relacionadas con la configuración de las etiquetas del eje.

Pestaña Style:

La opción Visible permite mostrar/ocultar las etiquetas del eje.

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

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

La opción Min separation% establece la distancia mínima en porcentaje entre las etiquetas.

Pestaña Text:

El botón Font abre el diálogo de configuración de fuente para las etiquetas del eje.

El botón Outline abre el diálogo de configuración de las líneas de contorno de las letras de las etiquetas del eje.

La pestaña Ticks contiene opciones relacionadas con la configuración de las marcas principales del eje.

El botón Axis abre el diálogo de configuración de la línea del eje.

El botón Grid abre el diálogo de configuración de las líneas de la cuadrícula de las marcas principales del eje.

El botón Ticks abre el diálogo de configuración de las líneas de las marcas principales externas del eje. La opción Len establece su longitud.

El botón Inner abre el diálogo de configuración de las líneas de las marcas principales internas del eje. La opción Len establece su longitud.

La opción At labels only indica al programa que dibuje las marcas principales solo cuando exista una etiqueta en el eje.

La pestaña Minor contiene opciones relacionadas con la configuración de las marcas intermedias del eje.

El botón Grid abre el diálogo de configuración de las líneas de la cuadrícula de las marcas intermedias del eje.

El botón Ticks abre el diálogo de configuración de las líneas de las marcas intermedias externas del eje. La opción Length establece su longitud.

La opción Count establece la cantidad de marcas secundarias entre las principales.

La pestaña Position contiene opciones que determinan las dimensiones y la posición del eje.

La opción Position% establece el desplazamiento del eje en el gráfico respecto a la posición estándar (en porcentaje del tamaño del gráfico o en unidades de pantalla, dependiendo del valor seleccionado en la opción Units).

La opción Start% establece el desplazamiento del inicio del eje en el gráfico respecto a la posición estándar (en porcentaje del tamaño del gráfico).

La opción End% establece el desplazamiento del final del eje en el gráfico respecto a la posición estándar (en porcentaje del tamaño del gráfico).

Diálogo de configuración de los parámetros de visualización del modelo

El diálogo de configuración de los parámetros de visualización del modelo se abre seleccionando el punto Setup al hacer clic con el botón derecho del ratón en la parte superior de la ventana del modelo.

Pestaña Options (véase la figura a continuación)

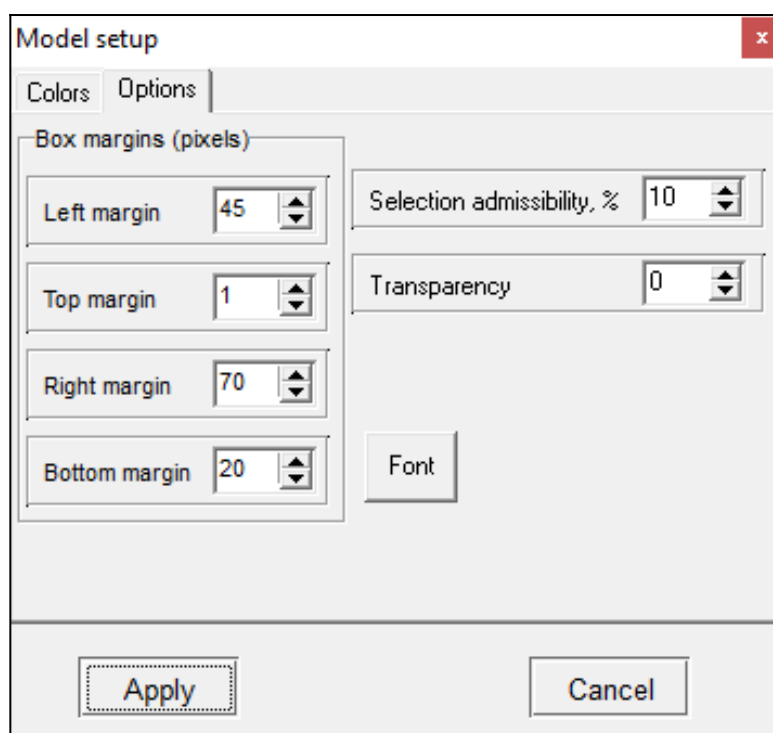


Fig. 103 Ventana de diálogo «Model setup», pestaña «Options»

Área Box margins:

El campo Left margin establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde izquierdo de la ventana.

Campo Right margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde derecho de la ventana.

Campo Top margin – establece el margen (en píxeles) de la imagen respecto al borde superior de la ventana.

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

El área Selection admissibility, % establece el nivel admisible de diferencia entre los parámetros de celdas adyacentes, en el cual las celdas se consideran un único objeto y se seleccionan conjuntamente (en el modo de selección MagicWand).

El área Transparency establece la transparencia.

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

Pestaña Colors (véase la figura a continuación)

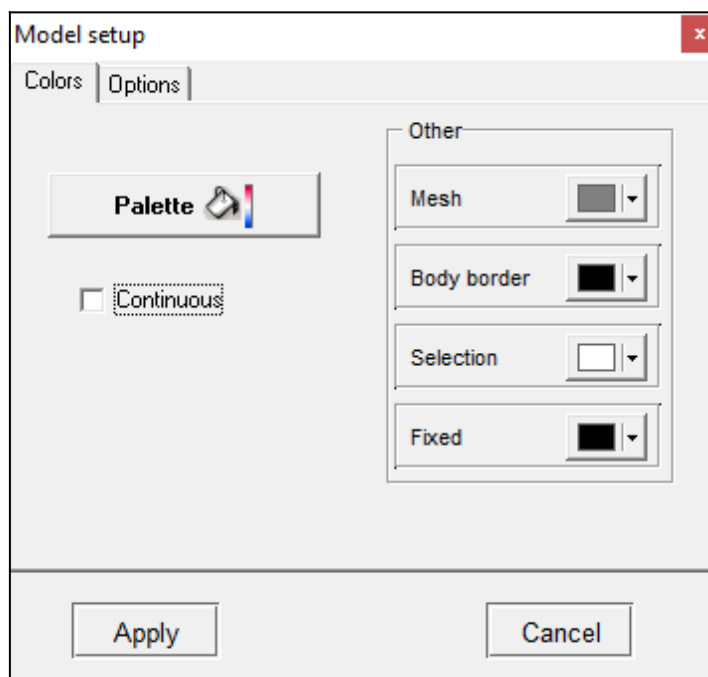


Fig. 104 Ventana de diálogo «Model setup», pestaña «Colors»

El botón Palette establece la paleta de colores.

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

La opción Continues establece el tipo de paleta: gradiente (continua) o de contorno (constante por tramos).

Área Other:

Body border – permite establecer el color del borde 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.

Diálogo de vista previa de impresión

El diálogo de vista previa de impresión puede abrirse desde el menú principal del programa File / Print preview. También está disponible al hacer doble clic en el área de cualquier objeto del programa.

Al seleccionar esta opción haciendo clic con el botón derecho del ratón en el área de cualquier objeto del programa, solo se imprimirá ese objeto (véase la figura a continuación).

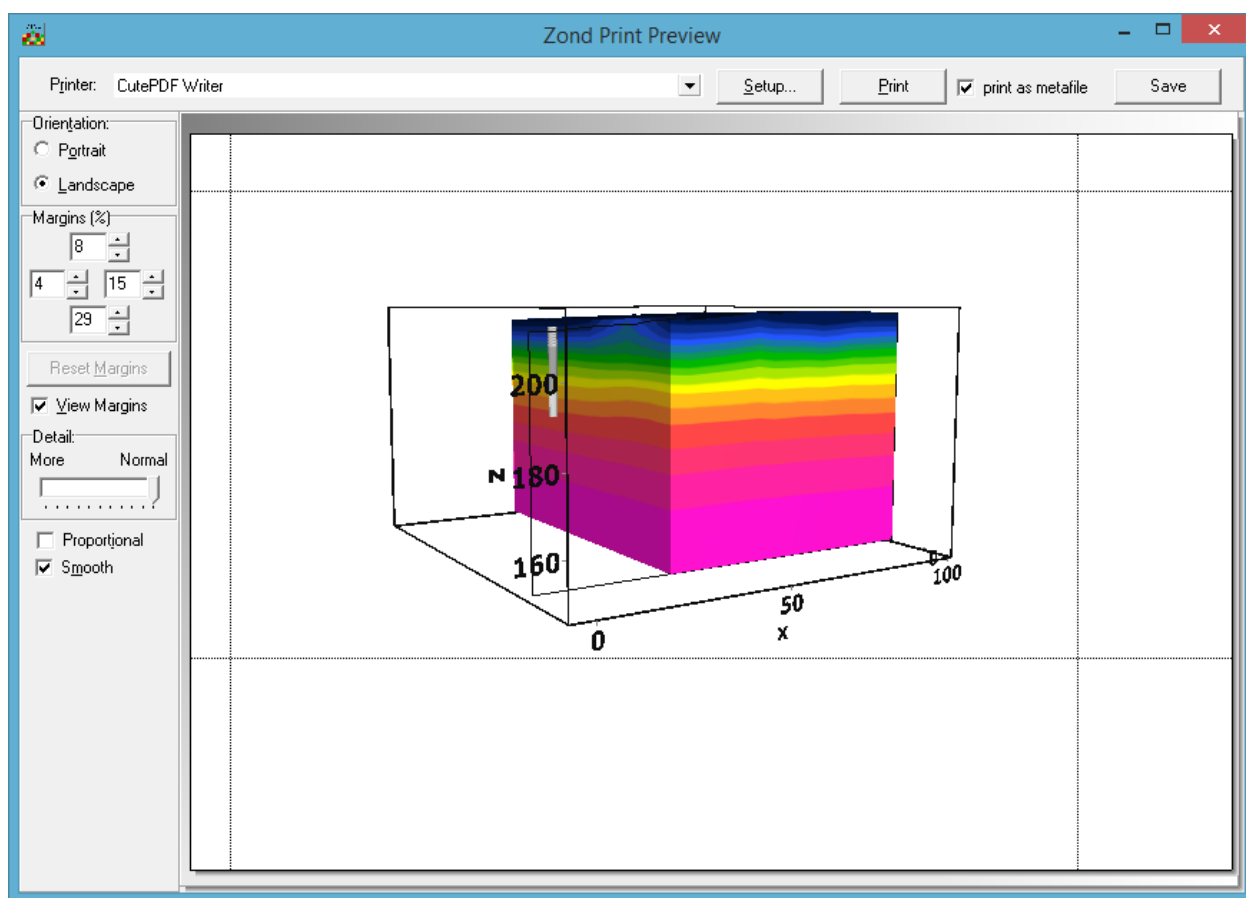


Fig. 105 Ventana de diálogo «Print preview»

Para mover el objeto de impresión por la hoja, utilice el botón izquierdo del ratón.

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

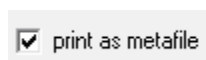
Printer - selección de la impresora para la impresión. En el menú desplegable se puede elegir una de las impresoras configuradas.



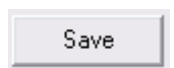
- botón de configuración de impresión. En la ventana que se abre se puede seleccionar el tamaño y la orientación del papel, las propiedades de impresión, el número de páginas por hoja y otros parámetros.



- con este botón, después de modificar los parámetros necesarios, se puede enviar la imagen a imprimir.



- enviar a impresión o guardar la imagen en formato vectorial.



- guardar en bitmap files o png files.

Materiales adicionales:

Videotutoriales en el canal de youtube:

https://www.youtube.com/channel/UCGtprIIZkc9CsLfiuz4VvmQ?view_as=subscriber

Grupo de soporte 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, pero en otros no 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 expirado el período de actualizaciones gratuitas. En este caso es necesario utilizar la última versión funcional o adquirir 2 años adicionales de actualizaciones.
- A veces, al cambiar el dongle al modo HID, el sistema puede no reconocerlo como dispositivo HID. En este caso es necesario cambiarlo de nuevo 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