

“SEISMIC SCATTERING FOR PRESENCE OF NEAR SURFACE HIGH VELOCITY LAYERS, FINITE DIFFERENCE MODELING”

By Sandra Cespedes, Alfredo Ghisays, Luis Montes, Robinson Quintana & Gabriel Pérez

SUMMARY

Through of the numeric modeling we studied the effects of seismic scattering in presence of near surface high velocity layers with varied contrasts and thickness, and their influence in the seismic data. Contrary to the conventional methods for noise elimination of mathematical base, i.e, F-K, Radon, etc, we apply deterministic schemes based on the modeling of propagation of the waves that originate searched data and the not wanted signs (Ernst *et. al.*, 1998; Blonk *et. al.*, 1995; Blonk and Hermann, 1994), the detailed understanding of the phenomenon that generates them signs allows to discern what is considered noise and therefore to define strategies for its attenuation (Larner *et al.*, 1983^a).

In presence of near surface high velocity layers a good part of the primary seismic energy is scattered in these and alone a smaller part is transmitted to the interior of the Earth, generating coherent signs (noise) that mask the data of the horizons deeper reflectors (Leslie & Evans, 1987). For this study models 2D were designed and synthetic sismogramas was obtained simulating the propagation of the acoustic wave, using the technique of finite differences. The models show the scattering mechanism related with velocity inversions in the near surface layers, this allows to characterize the influence on the seismic records of the different phenomenon that were originate in each pattern. The not wanted information (noise) is subtract of that is considered information. The results obtained in this work are bounded to the analysis of synthetic data

Keywords: Scattering, Near Surface High Velocity Layers, Modeling

“DISPERSIÓN SÍSMICA POR PRESENCIA DE CAPAS SOMERAS DE ALTA VELOCIDAD, MODELAMIENTO CON DIFERENCIAS FINITAS”

Por Sandra Céspedes, Alfredo Ghisays, Luis Montes, Robinson Quintana & Gabriel Perez

RESUMEN

Mediante el modelamiento numérico se estudian los efectos de dispersión sísmica por presencia de capas someras de alta velocidad con variados contrastes y espesores, y su influencia en la información sísmica. A diferencia de los métodos convencionales de eliminación de ruido de base fundamentalmente matemática, i.e, F-K, Radon, etc, aplicamos esquemas determinísticos basados en el modelamiento de propagación de las ondas que originan la información buscada y las señales no deseadas (Ernst *et. al.*, 1998; Blonk *et. al.*, 1995; Blonk and Hermann, 1994), el entendimiento detallado del fenómeno que genera estas señales permite discernir lo que se considera ruido y por ende definir estrategias para su atenuación (Larner *et al.*, 1983^a).

En presencia de capas someras de alta velocidad una buena parte de la energía sísmica primaria se dispersa en las capas someras y solo una parte menor se transmite al interior de la Tierra, generándose señales coherentes (ruido) que enmascaran la información de los horizontes reflectores más profundos (Leslie & Evans, 1987). Para este estudio se diseñaron modelos 2D y se obtuvieron sismogramas sintéticos simulando la propagación de la onda acústica, usando la técnica de diferencias finitas. Los modelos muestran el mecanismo de dispersión relacionado con inversiones de velocidad en las capas más superficiales, lo que permite caracterizar la influencia sobre los registros sísmicos de los diferentes fenómenos que se originan en cada modelo. La información no deseada (ruido) es sustraída de lo que se considera información. Los resultados obtenidos en este trabajo se circunscriben al análisis de datos sintéticos.

Palabras claves: Dispersión, Capas someras de alta velocidad, Modelamiento

INTRODUCCIÓN

En una secuencia sedimentaria normal la densidad de las rocas aumenta gradualmente con la profundidad, lo que hace que la velocidad de propagación de las ondas sísmicas también se incremente. Esto permite que las ondas se propaguen a través del medio y se reflejen cuando encuentran contrastes de impedancia acústica, siendo así registradas en superficie. En muchas zonas la exploración sísmica en tierra se ve afectada por la presencia de capas someras de alta velocidad, ya que ellas introducen distorsiones sobre los datos sísmicos, enmascarando la información proveniente de los horizontes reflectores más profundos.

La obtención de imágenes sísmicas en estas zonas es un problema complejo en parte por la limitada penetración de las ondas P a través de las capas someras de alta velocidad; y por otro lado por que es difícil eliminar las señales no deseadas (ruido) de la señal que efectivamente contiene información (reflexiones de interfaces profundas), antes de implementar una secuencia de procesamiento (Purnell, 1992).

El problema de penetración de la onda P en las capas de alta velocidad se acentúa cuando estas yacen sobre materiales de baja velocidad, ya que en esta situación se presentan pérdidas de energía que se caracterizan por la generación de ondas guiadas en la capa de baja velocidad, resultando en una propagación horizontal dominante de la energía sísmica (Leslie and Evans, 1997).

Actualmente existen varias técnicas para reducir los efectos de las distorsiones introducidas en la información sísmica por fenómenos complejos de propagación. Usualmente las ondas guiadas directas, como el groundroll (ondas de Rayleigh), pueden ser suprimidas razonablemente bien durante la adquisición o el procesamiento, por ejemplo con patrones de geófonos. Cuando el groundroll es dispersivo y proviene de direcciones diferentes a la in-line, los arreglos de geófonos no son suficientes para atenuar esta clase de ruido.

Una forma simple para compensar los efectos sobre los datos sísmicos de las capas someras es aplicar correcciones estáticas a un nivel (datum), lo que es aceptable si la energía viaja verticalmente. Cuando los cambios en elevación y velocidad son muy grandes, las correcciones estáticas no son suficientes y es necesario tener en cuenta las trayectorias de propagación de las ondas (Bevc, 1996). Aunque la continuación hacia arriba de la ecuación de onda (*wave equation datuming*) produce información de mejor calidad, los fenómenos de superficie relacionados con dispersión y múltiples permanecen presentes en la información.

Otros métodos, con base fundamentalmente matemática, tratan de establecer filtros para remover la señal no deseada en otro dominio, estos se hacen mediante transformaciones, como los filtros F-K, Radon, etc. En muchos casos no es posible remover el campo dispersado completamente, ya que es difícil separar la señal de interés del ruido. Los métodos basados en la polarización son usados para discernir entre las reflexiones de los horizontes profundos y las ondas dispersadas en las capas someras. Estos métodos necesitan información con múltiples componente, la cual no está disponible aun en muchas zonas. Adicionalmente el estado de polarización de las ondas dispersadas en las capas someras puede ser también irregular (Ernst, Herman & Blonk, 1998).

Recientemente se han desarrollado aproximaciones basadas en la idea de que es posible obtener imágenes de las dispersiones causadas por las in-homogeneidades de las capas someras. El método se basa en que el campo de onda dispersado puede ser considerado como una señal determinística que puede ser modelada por medio de la teoría de onda (Ernst, et. al., 1998).

Algunos de estos algoritmos (algoritmos de enfoque de imagen o "imaging") dependen del grado de entendimiento de los fenómenos que se presentan cuando la onda sísmica se propaga a través del medio. Por eso la precisión con que se pueda modelar el medio es de suma importancia porque permite, mediante la comparación con datos sintéticos (es decir, obtenidos mediante modelamiento numérico), establecer comparaciones con los datos reales e interpretar los mismos (Pérez, 1997).

MODELAMIENTO CON DIFERENCIAS FINITAS.

Utilizando técnicas de modelamiento numérico se desarrollo un esquema para estudiar los fenómenos de dispersión sísmica que ocurren en presencia de capas someras de alta velocidad y su influencia en la información sísmica. El estudio se basó en la simulación de la propagación de ondas en modelos bidimensionales, en donde se varían diferentes parámetros como el espesor y las velocidades de las capas someras. Para esta simulación se utilizó la ecuación de onda para un fluido isotrópico, no viscoso y no homogéneo (en donde los campos de velocidad y densidad son funciones de la posición), que formulada en términos de la presión acústica es:

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = c^2 \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \right) \right] + f(x, y, z) \quad (1)$$

Donde x, y, z son las coordenadas de posición, $P = P(x, y, z)$ es la presión, $\rho = \rho(x, y, z)$ es la densidad, $c = c(x, y, z)$ es la velocidad de propagación de la onda y $f(x, y, z)$ es la función de la fuente o de excitación del campo de onda (Berkhout, 1985).

Para la formulación bidimensional de la ecuación (1) en una solución explícita en diferencias finitas, de cuarto orden en espacio y de segundo orden en tiempo, se reemplazan los operadores diferenciales por cocientes de diferencias, obteniéndose la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} q_{i,j}^{n+1} = & 2q_{i,j}^n - q_{i,j}^{n-1} + \rho_{i,j} v_{i,j}^2 \left[\frac{\Delta t^2}{12\Delta x^2} \frac{1}{\rho_{i,j}} \right. \\ & (16(q_{i+1,j}^n + q_{i-1,j}^n) - (q_{i+2,j}^n + q_{i-2,j}^n) - 30q_{i,j}^n) + \\ & \frac{\Delta t^2}{8\Delta x^2} \left(\frac{1}{\rho_{i+1,j}} - \frac{1}{\rho_{i-1,j}} \right) (8(q_{i+1,j}^n + q_{i-1,j}^n) - (q_{i+2,j}^n + q_{i-2,j}^n)) + \\ & \frac{\Delta t^2}{12\Delta y^2} \frac{1}{\rho_{i,j}} (16(q_{i,j+1}^n + q_{i,j-1}^n) - (q_{i,j+2}^n + q_{i,j-2}^n) - 30q_{i,j}^n) + \\ & \left. \frac{\Delta t^2}{8\Delta y^2} \left(\frac{1}{\rho_{i,j+1}} - \frac{1}{\rho_{i,j-1}} \right) (8(q_{i,j+1}^n + q_{i,j-1}^n) - (q_{i,j+2}^n + q_{i,j-2}^n)) \right] + \\ & f_{i,j}^n \frac{\Delta t^2 \Delta y}{\Delta x} \quad (2) \end{aligned}$$

Donde $\Delta t, \Delta x, \Delta y$ son los Δt de muestreo en tiempo y en las direcciones x y y , respectivamente; $q_{i,j}^n$ denota el valor del campo de onda en la posición (i,j) de la grilla en el paso de tiempo n , y $v_{i,j}^2$ y $\rho_{i,j}$ y $f_{i,j}^n$ son los valores de la velocidad de propagación, densidad y función de excitación, respectivamente. La ecuación (2) permite encontrar los valores del campo en un paso de tiempo dado, recursivamente a partir de los valores obtenidos en los dos pasos anteriores, y de los valores de las propiedades del medio (velocidad y densidad) y la función de excitación en cada punto de la grilla (Pérez, 1997).

Para implementar la solución de segundo orden en tiempo y cuarto orden en el espacio en diferencias finitas, para grillas con celdas de igual dimensión en las direcciones espaciales, Alford *et. al.*, 1974 establecieron la siguiente condición de estabilidad:

$$\Delta t \leq \sqrt{\frac{3}{8}} \frac{\Delta x}{v_{\max}}$$

donde Δt es el intervalo de muestreo en tiempo, Δx es el tamaño de la celda y v_{\max} es el valor máximo de la velocidad de propagación de las ondas en el modelo.

En el presente trabajo se desarrollaron diferentes modelos bidimensionales para representar un medio que nos permitiera el estudio de los fenómenos de dispersión sísmica en presencia de capas someras de alta velocidad. El modelo utilizado (Fig. 1) se caracteriza por la presencia de una capa somera de alta velocidad,