

DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION, TRANSMISION Y ESTIMACION DE LA DENSIDAD, COEFICIENTES DE POISSON, VELOCIDAD LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL EN "N" MEDIOS.

G.F. Ronquillo y L.C. Ramírez.

Instituto Mexicano del Petróleo.

Subdirección de Tecnología de Exploración.

Ave. Eje Central Lázaro Cárdenas Nte.

No. 152 C.P. 07730

RESUMEN

Mostramos parte de los resultados preliminares de la primera etapa de investigación en la integración de parámetros acústicos, petrofísicos, módulos elásticos, coeficientes de reflexión, transmisión, Poisson, absorción, de Biot, atenuación, conversión y anisotropía.

Básicamente en esta primera etapa el objetivo fue determinar los coeficientes de reflexión y transmisión, así como la densidad, coeficiente de Poisson, velocidad longitudinal (P) y transversal (S) en función del ángulo de incidencia y la suma de sus potenciales ("N" medios). Analizando su comportamiento en diferentes medios tanto sólidos como líquidos.

INTRODUCCION

En primer término se resuelve el problema directo, que consiste en el cálculo de los coeficientes de reflexión y transmisión en función de su ángulo de incidencia y la suma de sus potenciales, incidente, reflejado y transmitido para medios bidimensionales multiestratificados y otros medios (agua-sólidos, fluidos). En el tratamiento del problema inverso se estimaron la densidad, velocidad (P y S) mediante las ecuaciones de Brekhovskikh (1980) para un medio acústico - elástico y Aki Richard (1980) para un medio elástico - elástico. Ambos problemas se aplicaron en distintos medios (sólido-sólido con fluido-sólido, agua-sólido y fluidos).

TEORIA

Las ecuaciones básicas para determinación de los coeficientes de reflexión y transmisión se basaron en las siguientes ecuaciones:

Medios sólidos.

Ecuaciones de onda plana armónica

$$\nabla^2 \varphi + K^2 \varphi = 0 \quad (1)$$

donde φ es el potencial escalar de las ondas P, K^2 es el número de onda.

Resolviendo la ecuación (1) con $\varphi = \varphi(x, y, z, t)$ obtenemos la ecuación de las ondas planas armónicas en el espacio.

$$\varphi = \varphi_0 e^{\pm i(k_x x + k_y y + k_z z)} \quad (2)$$

Para una onda incidente (P)

$$\varphi_i(x, z) = \varphi_0 e^{\pm i k_1 (x \sin \theta_1 - z \cos \theta_1)} \quad (3)$$

Cuando esta onda (P) incide en una interfase tendremos

onda reflejada P

$$\varphi_r(x, z) = \varphi_0 e^{\pm i k_1 (x \sin \theta_1 + z \cos \theta_1)} V_{pp}$$

onda reflejada S

$$\Psi_{r(x,z)} = \Psi_0 e^{\pm i k_1 (x \sin \alpha_1 + z \cos \alpha_1)} V_{ps}$$

onda transmitida P

$$\varphi_t(x, z) = \varphi_0 e^{\pm i k_2 (x \sin \theta_2 - z \cos \theta_2)} W_{pp}$$

onda transmitida S

$$\Psi_{t(x,z)} = \Psi_0 e^{\pm i k_2 (x \sin \alpha_2 - z \cos \alpha_2)} W_{ps} \quad (4)$$

RESULTADOS

Las ecuaciones encontradas para los diferentes medios se aplicaron a modelos hipotéticos geológicos.

Modelo hipotético (Lutita - Gas con Arena - Lutita2), Figura 1., donde se obtuvieron los coeficientes de reflexión del techo y la base de la arena con gas así como los coeficientes de transmisión de la arena con gas y lutita de las ondas (P y S), Figura 2. Analizando las gráficas de esta figura los coeficientes de reflexión de las ondas p del techo aumentan conforme el ángulo de incidencia con polaridad negativa, así mismo la base pero con polaridad positiva. Los coeficientes de transmisión de la arena con gas, son mayores que los de la lutita. Para las ondas (S) el techo cambia a la polaridad positiva y la base negativa.

Los coeficientes de reflexión de las ondas P y S se convolucionaron con pulsos de Ricker de 30 y 60 Hertz respectivamente obteniéndose los sismogramas sintéticos correspondientes, Figura 3. En estos sismogramas sintéticos se ve claramente el aumento de la amplitud conforme aumenta el ángulo de incidencia.

En base a los coeficientes de reflectividad de los sismogramas sintéticos de las ondas (P), se estimó la densidad, coeficiente de Poisson, velocidad (P y S) en función de su ángulo de incidencia, Figura 4.

Además se probaron los siguientes modelos: (lutita - agua con arena- lutita), (lutita - aceite con arena - lutita), apreciando diferencias en sus coeficientes de reflexión, transmisión, Poisson, densidad, velocidad (P y S), conforme el aumento del ángulo de incidencia.

Modelo hipotético (agua - clásticos - clásticos - basalto - clásticos), donde los coeficientes de reflexión,

donde

- $\Phi_{r(x,y)}$ -potencial reflejado (P)
- $\Psi_{r(x,y)}$ -potencial reflejado (S)
- $\Phi_{t(x,y)}$ -potencial transmitido (P)
- $\Psi_{t(x,y)}$ -potencial transmitido (S)

Vpp, Vps, Wpp y Wps - coeficientes de reflexión y transmisión de las ondas (P y S).

Fluidos.

Ecuación de desplazamiento de las partículas en el campo del sonido.

$$V = \nabla p / i\omega\rho$$

$$P_i = e^{i(k_1 \sin \theta_1 - k_1 z \cos \theta_1)} \quad \text{- onda incidente}$$

En el proceso del problema inverso para la estimación de la densidad, velocidad (P y S) nos basamos en las ecuaciones de Brekhovskikh (1980) para un medio (acústico - elástico).

$$V_{pp} = \frac{\frac{\rho_2 C_2 \cos^2 2\alpha_2}{\rho_1 C_1 \cos \theta_2} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{C_2}{C_1} \frac{B_2}{C_2} \frac{\sin^2 2\alpha_2}{\alpha_2} - \frac{1}{\cos \theta_1}}{\frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{C_2}{C_1} \frac{\cos^2 2\alpha_2}{\cos \theta_2} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{C_2}{C_1} \frac{B_2}{C_2} \frac{\sin^2 2\alpha_2}{\cos \alpha_2} + \frac{1}{\cos \theta_1}}$$

y la Aki Richard (1980) para un medio (elástico - elástico).

$$PP = \frac{1}{2} (1 - 4 B^2 p^2) \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{1}{2 \cos^2 \theta_1} \frac{\Delta C}{C} - 4 B^2 p^2 \frac{\Delta B}{B}$$

Modelo Hipotético de Lutitas-Gas • Arena-Lutitas

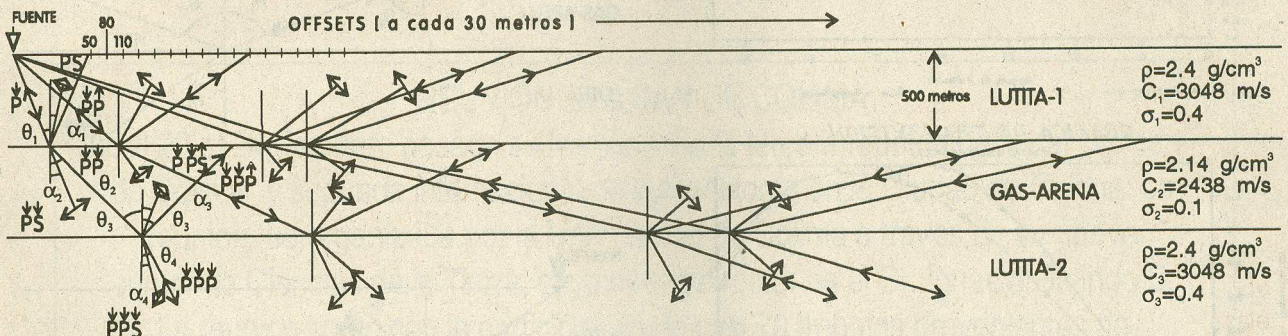
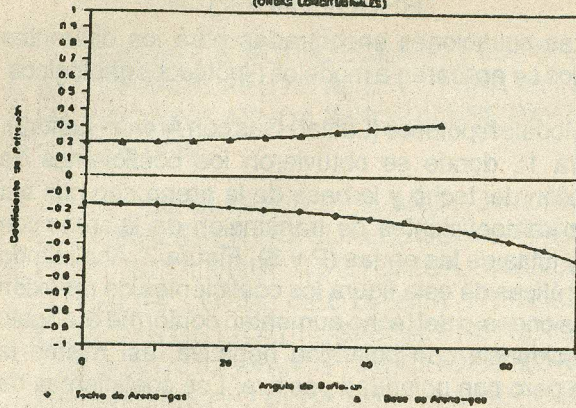
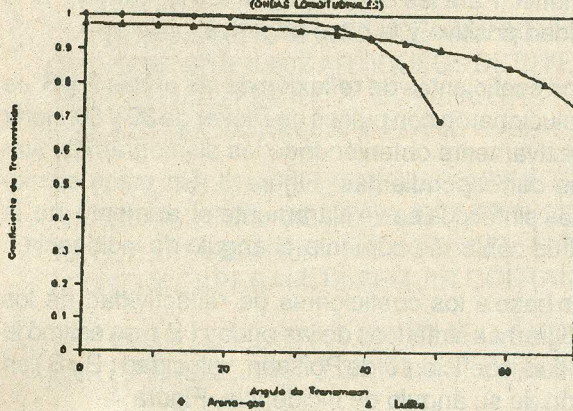


Figura 1. ρ_1, ρ_2, ρ_3 -Densidades; C_1, C_2, C_3 -Velocidades longitudinales; $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ -Coeficiente de Poisson; $\downarrow$ -Onda incidente longitudinal (p); $\uparrow$ -Onda reflejada (p); $\uparrow$ -Onda reflejada transversal (s); $\uparrow$ -Onda transmitida (p); $\uparrow$ -Onda transmitida (s); $\uparrow$ -Onda reflejada (p); $\uparrow$ -Onda reflejada (s); $\uparrow$ -Onda transmitida (p); $\uparrow$ -Onda transmitida (s); $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ -Ángulos incidentes, reflejados y transmitidos; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ -Ángulos reflejados y transmitidos

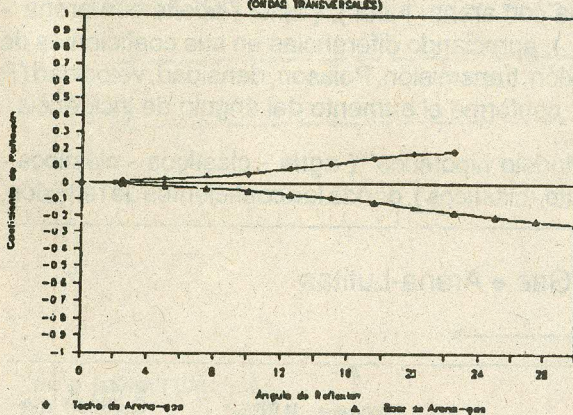
GRAFICA DE REFLEXION (ONDAS LONGITUDINALES)



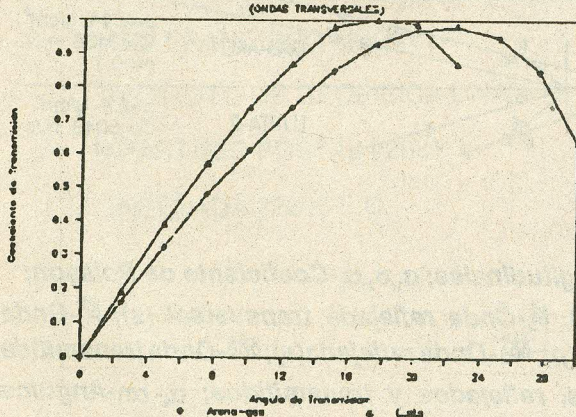
GRAFICA DE TRANSMISION (ONDAS LONGITUDINALES)



GRAFICA DE REFLEXION (ONDAS TRANSVERSALES)



GRAFICA DE TRANSMISION (ONDAS TRANSVERSALES)



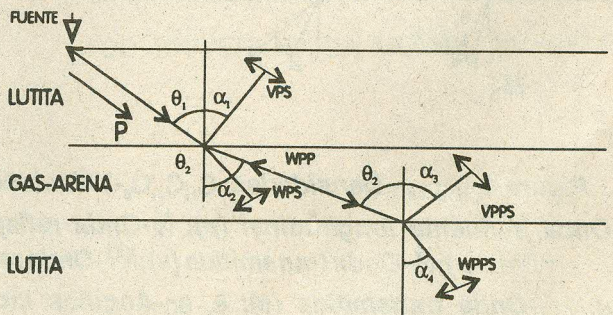
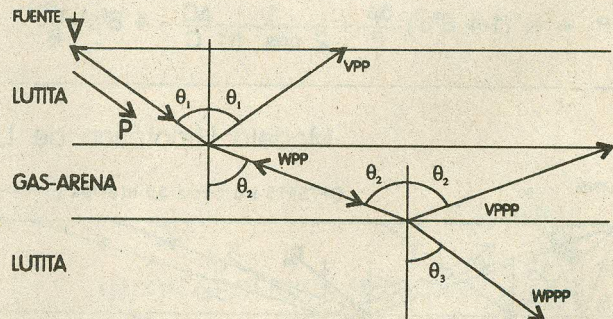
transmisión, Poisson, así como la densidad, velocidad, (P y S), concuerdan con el modelo propuesto y tienen estos parámetros variación conforme aumenta el ángulo de incidencia.

Modelo hipotético (gas-aceite-agua), el coeficiente de reflexión del techo del aceite es mucho mayor que su base. Los coeficientes de transmisión del aceite es ligeramente mayor que del agua con pequeñas variaciones conforme aumenta el ángulo de incidencia.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos concuerdan con los modelos hipotéticos propuestos. Los distintos parámetros tanto del programa directo como inverso en "N" medios (sólido, sólido con fluido y fluidos) de cada señal sísmica y su promedio, nos ayuda a distinguir las características de variación de las distintas interfaces en función de su ángulo de incidencia. Se puede aplicar como una herramienta para la interpretación de las características litológicas de diferentes formaciones saturadas con distintos fluidos (gas, aceite y agua).

Figura 2. Coeficientes de reflexión y transmisión de las ondas longitudinales-transversales

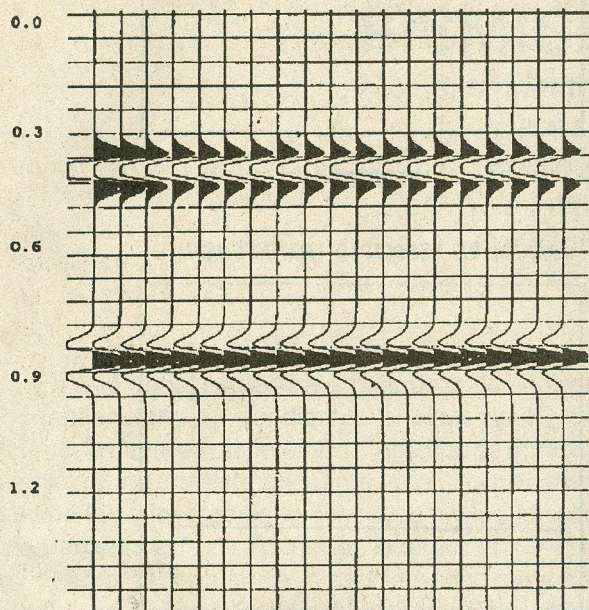


SISMOGRAMA SINTETICO DE LAS ONDAS
LONGITUDINALES

MODELO HIPOTETICO LUTITA-GAS CON ARENA-LUTITA

ANGULOS DE REFLEXION (Grados)

69 57 26 25 24 22 20 19 17 16 14 13 11 9.3 8 6 5 4 3 0



SISMOGRAMA SINTETICO DE LAS ONDAS
TRANSVERSALES

MODELO HIPOTETICO LUTITA-GAS CON ARENA-LUTITA

ANGULOS DE REFLEXION (Grados)

22 20 11 10 9.4 9 8.3 8 7 6.5 6 5 4.5 4 3 2 1 0

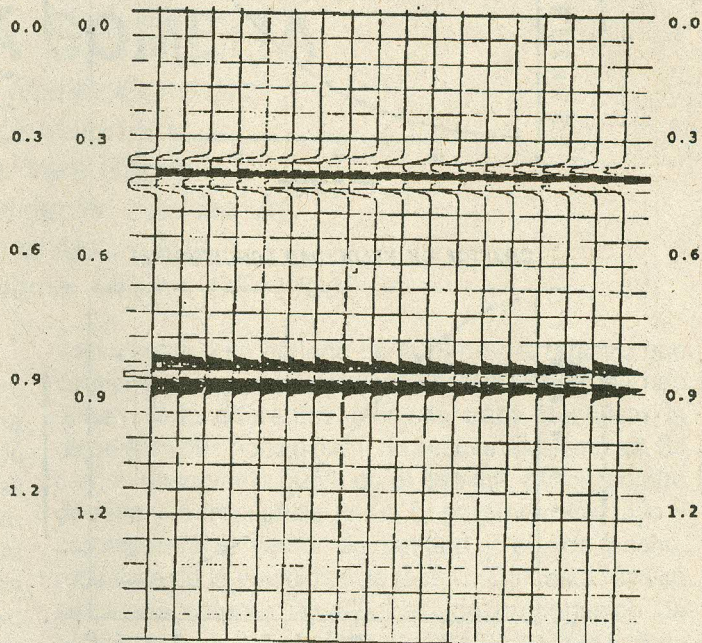


Figura 3. Sismogramas sinteticos de las ondas p y s.

REFERENCIAS

- Aki, K., and Richards P, 1980, Quantitative Seismology Theory and Methods. W.H. Freeman and Co.
- Brekhovskikh L., 1980, Waves in Layered Media. New York: Academic Press.
- Levy S., Cabrera J., Stinson K., Oldenburg D., and Chapman R. 1986, The Estimation of Density, P-Wave, and Wave speeds of the Top-Most Layers of Sediments.

REUNION VOLCAN DE COLIMA

Del 20 al 24 de enero pasado se llevó a cabo la tercera reunión nacional "Volcan de Colima" y segunda internacional de vulcanología en la Ciudad de Colima. La

reunion fue organizada por la Universidad de Colima a traves de su nuevo centro de Ciencias de la Tierra, cuyo nuevo director es el Dr. Ignacio Galindo E.

La reunión contó con la participación de casi 70 trabajos provenientes de diferentes instituciones nacionales e internacionales. Vulcanólogos de Japon, EUA, Inglaterra, Italia, Francia, Colombia, Costa Rica, Union Sovietica, Argentina, Perú, y México se reunieron para debatir temas de vulcanologia.

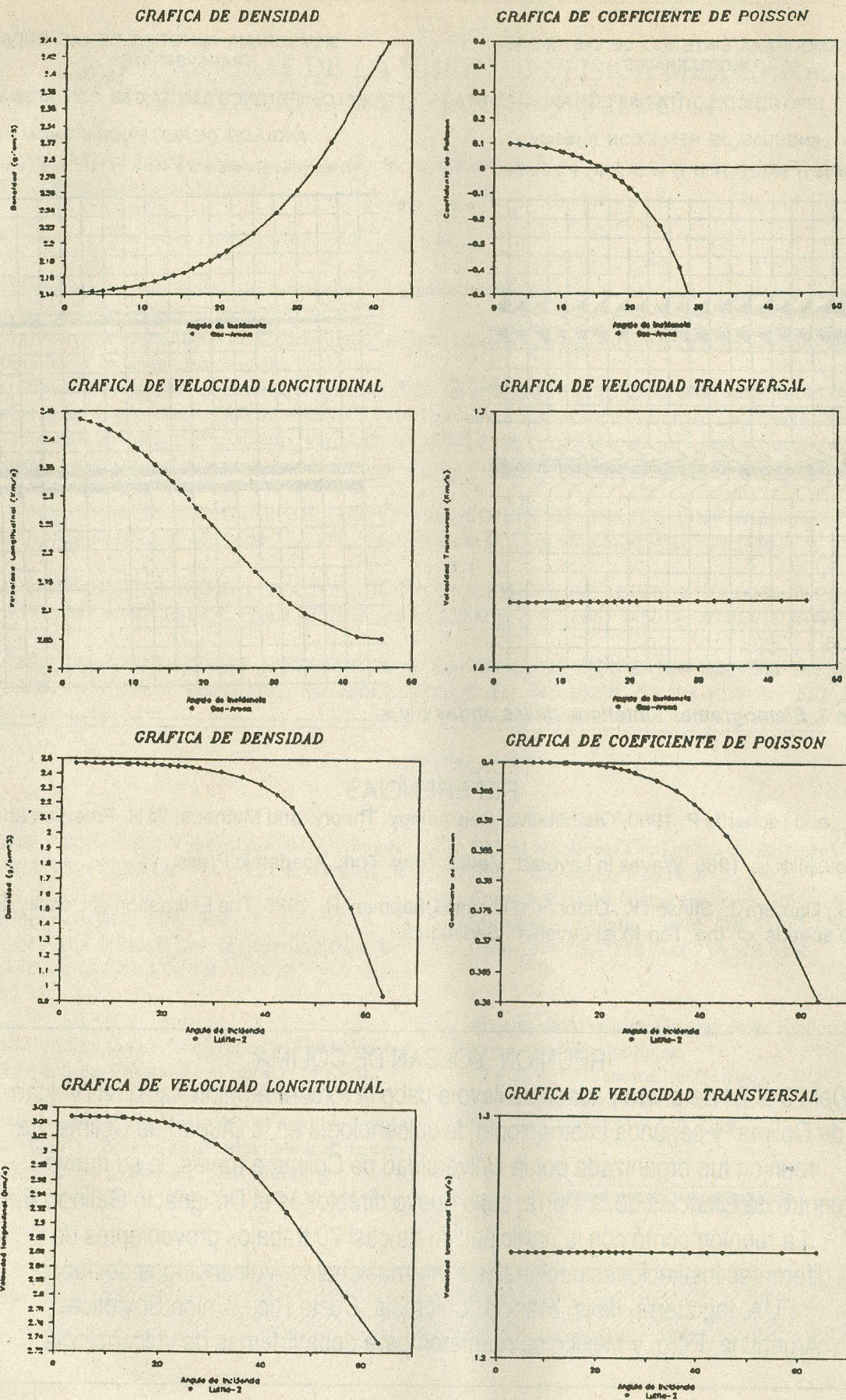


Figura 4. Resultados del problema inverso.