



Adquisición y análisis de filtrado de sísmica multicomponente 3C en la estructura de Colônia, São Paulo, Brasil

Oksana Bokhonok¹ y R. L. Prado¹

¹ Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Rua do Matão 1226, 05508-090 São Paulo, SP, Brasil. oksana.bokhonok@iag.usp.br

Resumen

Fueron adquiridos los datos de sísmica multicomponente (3C) superficial en el área de cráter de Colônia, localizada en la región de Parelheiros, ciudad de São Paulo, Brasil. Se observó la variación en las características de ruido presente asociado al cambio en las propiedades del terreno donde fue colocada la línea 2D. Las componentes vertical y horizontales fueron procesadas por separado. Mientras que en la componente vertical los filtros fueron aplicados en el conjunto de tiro común, las componentes horizontales son analizadas en el conjunto de receptor común. El filtrado de la componente vertical usando filtro FK y filtro de Harlan ayuda en la separación del ruido y el dato de interés. Solamente se aplicó el filtro Pasa Banda y filtro FK en las componentes horizontales, debido a la dificultad de observar la presencia de las ondas convertidas y/u onda S. Para realizar el procesamiento de dato adquirido, se utilizó software libre Seismic Unix.

Palabras claves: sísmica multicomponente, Harlan, Seismic Unix.

Introducción

No en todos los casos la implementación del método de reflexión de la onda P trae información suficiente para describir la subsuelo. La fuerte atenuación de la onda P en los sedimentos parcialmente saturados por agua o gas, o la fuerte reflexión debida a nivel freático, son algunas de las causas por las cuales la iluminación de interfaces subyacentes se ve perjudicada o imposibilitada (Haines y Ellefsen, 2010). La adquisición de campo de ondas más completo, por ejemplo combinando ondas PP y PS, puede resultar de gran utilidad en estos casos (Stewart et al., 1999).

El hecho de que la implementación de sísmica multicomponente es muy reciente en los estudios hidrogeológicos y geotécnicos, se requiere realizar mayor cantidad de estudios implementando la metodología para establecer sus posibles ventajas y/o limitaciones. Con tales fines, se propuso realizar una adquisición de sísmica multicomponente dentro de estructura de Colônia (Riccomini et al., 2011), localizada en la región de Parelheiros, ciudad de São Paulo, estado de São Paulo, Brasil (Figura 1). Siendo las coordenadas geográficas del centro de la estructura 23°52'27"S y 46°42'36"O.

Materiales y métodos

La generación de ondas convertidas es basada en la conversión parcial de la energía incidente sobre una interface. Las ondas convertidas PS son originadas cuando parte de energía de onda P incidente sobre una interface es reflejada como onda S. Como la velocidad de las ondas P y S es diferente, se produce variación en el punto de reflexión común, dependiente de la profundidad. Este desplazamiento del punto de reflexión hacia el receptor puede generar desafíos a la hora de procesar los datos multicomponentes (3C) (Hardage et. al., 2011).



Figura 1: Aspecto morfológico del crater de Colônia. El círculo punteado delinea anillo externo colinoso de la estructura. La línea roja indica el lugar de adquisición de sismica multicomponente (Modificado de Velázquez et al., 2013).

Para adquisición de una línea 2D de sismica de reflexión multicomponente (3C), fueron usados 48 geófonos de tres componentes de 10Hz, 6 sismógrafos Geode de Geometrics de 24 canales y un martillo de 6 kg como fuente. Parámetros de adquisición determinados a partir de análisis de ruido fueron: 2 metros entre geófonos, 2 metros entre los tiros, offset mínimo de 24 metros, offset máximo de 164 metros, el intervalo de muestreo temporal de 0.5 ms. Para realizar el procesamiento de dato adquirido, se utilizó software libre Seismic Unix (Stockwell & Cohen, 1998).

Resultados y discusión

Fueron adquiridos 238 metros de sismica multicomponente en el cráter de Colônia, con la línea orientada hacia el centro geométrico de la estructura y en el sentido del mismo (Figuras 1 y 2). La colocación de la línea se vio afectada por la presencia de un canal artificial, debido al cual se saltaron dos estacas. La superficie del terreno sufre un cambio significativo antes y después del canal, pasando de un suelo seco, compactado y con presencia de raíces de árboles a un suelo húmedo, con presencia de tubérculos, escombros y raíces de arbustos. Al final de la línea se observa un espacio abierto y semi-pantanosos. Los cambios en las cualidades del terreno se ven

de tubérculos, escombros y raíces de arbustos. Al final de la línea se observa un espacio abierto y semi-pantanosos. Los cambios en las cualidades del terreno se ven reflejadas en la disminución en la relación señal/ruido y aumento de la longitud de



onda de la señal recibida al otro lado del canal. Además de aumento en la cantidad de ruido no coherente hacia el final de la línea, también se observó presencia de aliasing en las ondas superficiales.

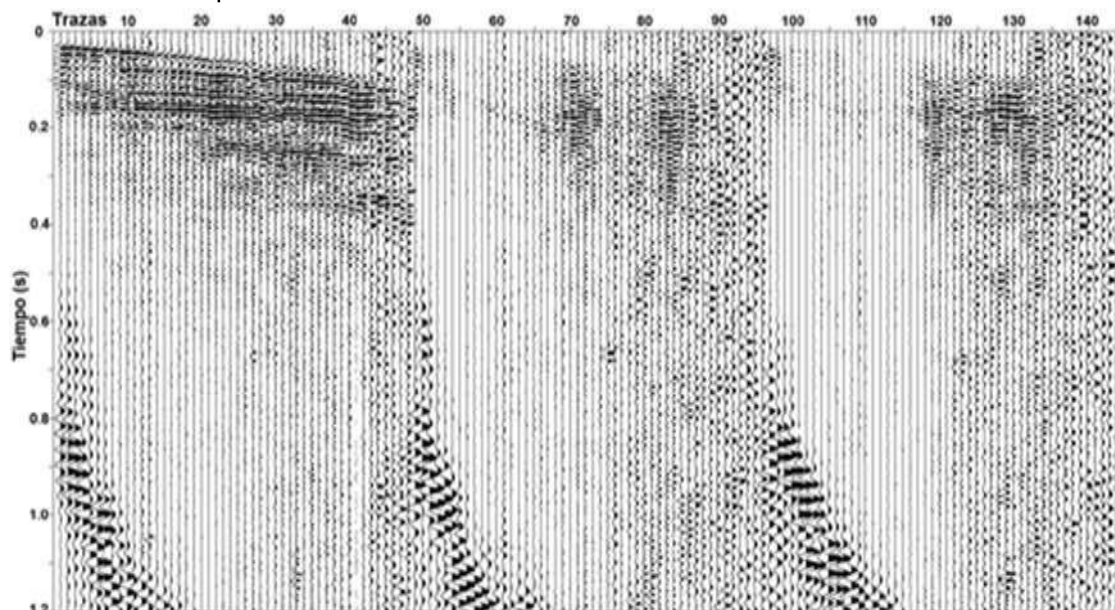


Figura 2: Sismograma de las componentes V, H1, H2 respectivamente.

Los niveles de dificultad en el filtrado de dato varían, entre poder separar el dato del ruido coherente y no coherente usando únicamente el filtro pasabandas (PB), a no conseguir un resultado satisfactorio usando filtros PB, FK y de Polarización, llegando a tener artefactos debidos principalmente al aliasing de las ondas superficiales. Una vez realizados los paneles de frecuencias para el filtro PB, fue elegido y aplicado el filtro con parámetros $f = 25\text{Hz}, 30\text{Hz}, 140\text{Hz}, 165\text{Hz}$ (*sufilter* de Seismic Unix). Luego se propuso realizar un filtrado combinado de dos filtros 2D, filtro FK (*sudipfilt* de Seismic Unix) y el filtro de Harlan (*suharlan* con transformación lineal de Seismic Unix), siendo que el primero es basado en las velocidades y el segundo en el teorema de límite central, explorando características no-gaussianas de la señal (Harlan et al., 1984). Se ha observado que aplicando primero el Filtro FK y luego el filtro de Harlan en el conjunto de tiro se logra eliminar los artefactos (flecha roja, figuras 3 y 4) y mejorar la coherencia de los eventos entre las trazas 0 y 10 y las trazas 25 y 30 en la componente vertical (flecha azul, Figuras 3 y 4). Se pudieron determinar parámetros únicos que optimizan la aplicación de filtros PB y FK para todos los conjuntos de tiro, mientras que para aplicación de filtro de Harlan es crítica la determinación de parámetros para cada conjunto de tiro.

La estimación del punto de conversión asintótico para la onda PS se ve afectada por la dificultad en visualización de onda PS y/u onda S. El filtrado inicial para las componentes horizontales es realizado usando los conjuntos de receptor común, ya que no se observa energía focalizada en los conjuntos de tiro común. En la búsqueda de mejorar el dato sin perder señal de ondas PS y/u onda S, solamente filtro PB y filtro FK son aplicados a las componentes horizontales.

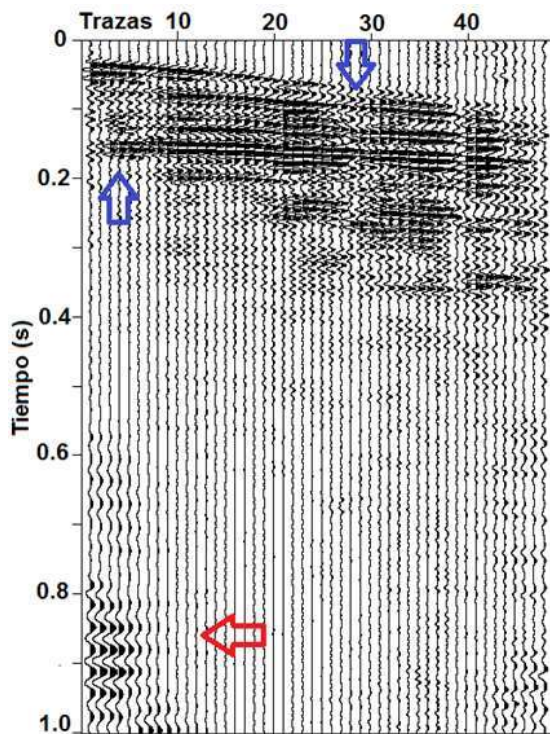


Figura 3 : Sismograma de la componente Vertical con filtro FK aplicado.

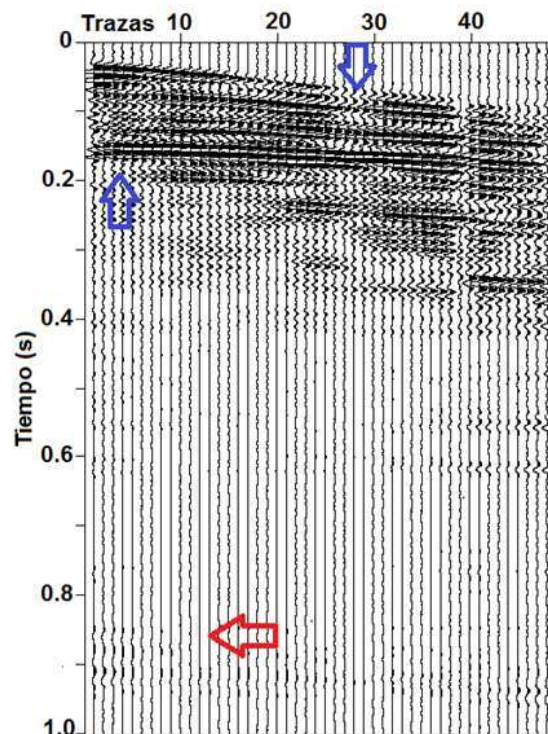


Figura 4: Sismograma de la componente Vertical con los filtros FK y Harlan aplicados.

Conclusiones

Se adquirieron y se analizaron los datos de sismica multicomponente superficial (3C). Fueron observados efectos indeseables del terreno en el carácter del ruido que afectó la calidad de datos. Al analizar diferentes combinaciones para realizar el filtrado de dato, se encontraron mejores resultados al aplicar la secuencia de filtros PB-FK-Harlan, eliminando los artefactos generados por el aliasing de las ondas superficiales y mejorando la coherencia de los eventos de interés en la componente vertical. Debido a la dificultad de visualizar las ondas convertidas, solamente los filtros PB y FK fueron aplicados a las componentes horizontales.

Agradecimientos

A la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Projeto 2015/01885-1) por el financiamiento al proyecto de investigación y al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por la beca de Maestría (Processo 133343/2016-2).

Referencias

- Haines S.S and K.J. Ellefsen, 2010. Shear-wave seismic reflection studies of unconsolidated sediments in the near surface. *Geophysics*, Vol. 5, No 2, B59.
- Hardage B., A.M.V. Deangelo, P.E. Murray, D. Sava, 2011. "Multicomponent seismic technology" Society of Exploration Geophysicists. ISBN 978-1-56080-282-2, pp 307.



Harlan W.S., J.F. Claerbout and F. Rocca, 1984. Signal/noise separation and velocity estimation. *Geophysics*, Vol. 49, No 11, 1869-1880.

Riccomini, C., A.P Crósta, R.L. Prado, M.P. Ledru, B.J. Turq, L.G Sant' Anna, J.A Ferrari, W.U. Reimold, 2011. The Colônia Structure, São Pulo, Brazil. *Meteoritics&Planetary Science*.Vol.46, 1630-1639.

Stewart R.R., J.E. Gaiser, J.R. Brown and D.C Lawton., 1999, Converted-wave seismic exploration: a tutorial. *CREWES Research Report*, Vol. 11.

Stockwell, J.W. and J.K.Coher, 1998. The New SU User's Manual. CWP Colorado School Mines. USA, version 2.2.

Velázquez, V.F., C. Riccomini, J.M. Azevedo Sobrinho, M.A.J.S. Pletsch, A.E.M. Sallun, W. Sallun Filho, J. Hachiro, 2013. Evidence of shock metamorphism effects in allochthonous breccia deposits from the Colônia Crater, São Paulo, Brazil. *International Journal of Geosciences*, v. 4(1A), 274-282.