

Es importante incorporar estas tecnologías, criterios y conocimientos en la práctica cotidiana del análisis de registros sísmicos para no llegar a conclusiones poco realistas e inclusive erróneas en el comportamiento del suelo.

Con el fin de observar la variación de los resultados utilizando las diferentes técnicas Carmona y Alfaro(2002) realizaron un Programa para evaluar la Función de Transferencia de un Sistema, en

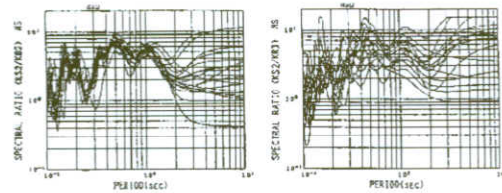


Fig. 3.- Relaciones espectrales entre el sitio superficial sedimentario KS2 y roca a 97 m de profundidad KD2 y Roca aflorante KR1 a KD2(Kudo y Wang, 1992)

este caso suelo, a partir de dos registros uno de entrada y otro de salida, las técnicas utilizadas fueron:

La tradicional relación espectral $H(w) = Y(w)/X(w)$

La relación de Densidades Espectrales de Potencia $H0(w) = \text{Raiz}(S_{yy}/S_{xx})$

La minimización de Ruido incorrelacionado concentrado a la salida $H1(w) = S_{xy}/S_{xx}$

La minimización de Ruido incorrelacionado concentrado a la entrada $H2(w) = S_{yy}/S_{yx}$

Y la minimización de Ruidos incorrelacionados a la entrada y a la salida $Hv(w) = \text{raiz}(H1 * H2)$

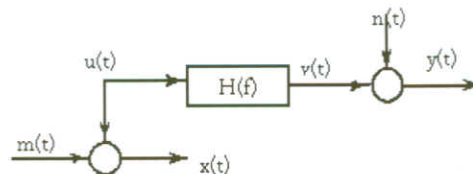


Fig. 4.- Sistema lineal considerando ruidos aditivos incorrelacionados a la entrada y a la salida (Bendat y Piersol, 1986)

las densidades espectrales de Potencia se calcularon mediante un periodograma suavizado, que matemáticamente es relativamente fácil de calcular, pero que no es un buen indicador de la densidad espectral de potencia de una señal.

La Figura 5 muestra un ejemplo de la estimación de la función del sistema utilizando las 5 técnicas, como puede observarse los periodos predominantes varían en su amplitud, en su cantidad y en su ubicación.

El Ejemplo de la Figura 6 muestra la importancia de la minimización del ruido, el método estándar muestra un gran pico, cuya amplitud marca una diferencia muy grande con los otros

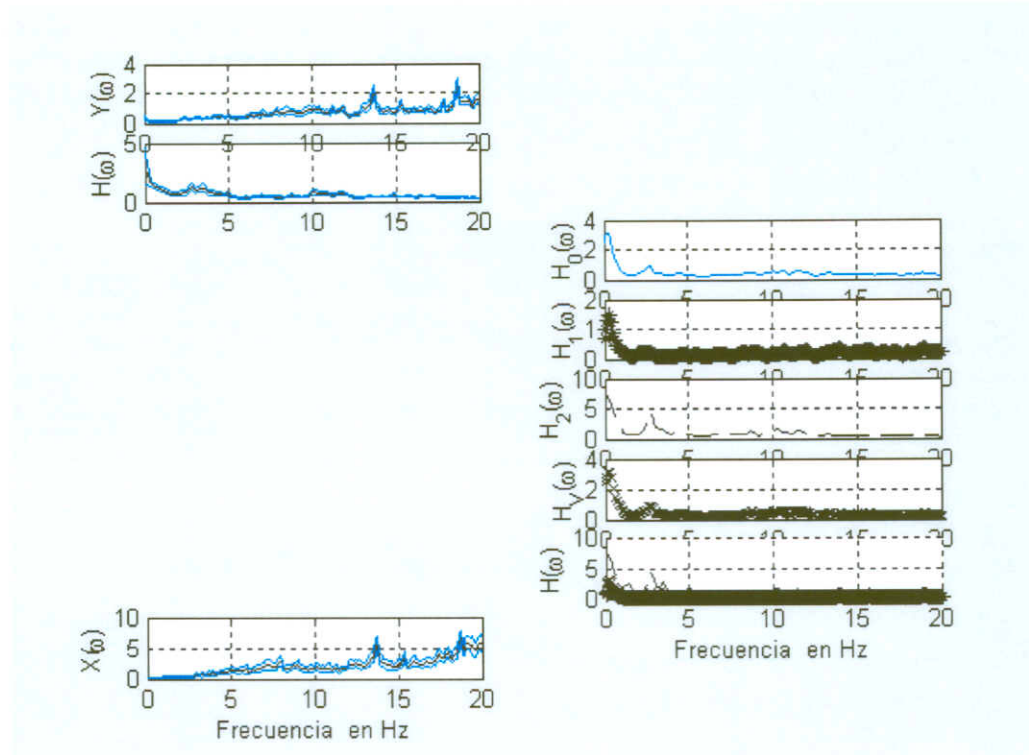


Fig. 5- Función de Transferencia de un Sistema en este caso suelo,

$$H(w) = Y(w)/X(w)$$

$$H_0(w) = \text{Raiz}(S_{yy}/S_{xx})$$

$$H_1(w) = S_{xy}/S_{xx} \text{ Ruido incorrelacionado concentrado a la salida}$$

$$H_2(w) = S_{yy}/S_{yx} \text{ Ruido incorrelacionado concentrado a la entrada}$$

$$H_v(w) = \text{raiz}(H_1 * H_2) \text{ Ruidos incorrelacionados a la entrada y a la salida}$$

picos, al minimizar el ruido, energía en otras bandas frecuenciales cobra importancia.

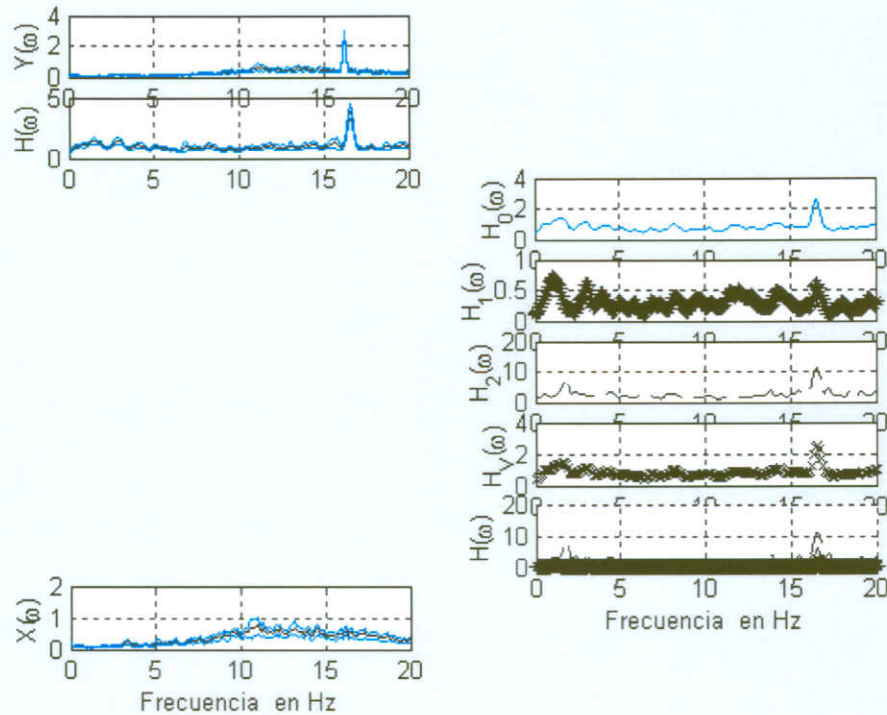


Fig. 6- Funcion de Transferencia de un suelo sedimentario.

REFERENCIAS

- Acevedo, J.C. y S.A. Peralta. (2000). Función de Transferencia del Subsuelo a partir de microtemblores minimizando el ruido. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Aki, K. y P. Richards (1980). Quantitative Seismology. Theory and Methods, Freeman and Company. San Francisco.
- Alfaro, A. J. y O. V. Pavlenko (2000) Microtremors Multispectral Analysis from Barcelona. 2^a Assembleia Luso – Espanhola de Geodesia e Geofisica. Lagos. Portugal. ISBN 0870-2748 (páginas 233-234).
- Alfaro A., J.J. Egozcue y A. Ugalde (1999a). Análisis de Microtemblores: Una poderosa herramienta para la Microzonificación Sísmica, *Anales de Ingeniería, Sociedad Colombiana de Ingenieros*. Vol. 874-875 pg. 29-33.

- Alfaro, A. J., O. V. Pavlenko y L.G. Pujades (1999b) Análisis Multiespectral a Microtemblores en Barcelona. *Memorias de las X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería de Colombia. Sociedad Colombiana de Ingenieros*. Bogotá.
- Alfaro C., R. Van Hissenhoven, y A. Alfaro (2001). Caracterización en el Dominio de la Frecuencia de Sismos Colombianos. *Memorias XIV Jornadas Estructurales de la Ingeniería de Colombia, 19 al 21 de septiembre de 2001*. Pp 84-100.
- Alfaro A., M. Navarro, J. Sánchez y L.G. Pujades (1999c). Microzonificación Sísmica de Barcelona utilizando el Método de Nakamura. Ventajas y Limitaciones. *Proc. Primer Congreso Nacional de Ing. Sísmica*. Murcia. España. 1:273-278.
- Alfaro A., L. Moreno, J. C. Acevedo y S. Peralta (2000) Tecnologías Novedosas Para Evaluar La Amenaza Sísmica Local. *Memorias de la XX Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería - Ingeniería y Desarrollo Social, 20 al 22 de Septiembre*.
- Bendat J. S. y A. G. Piersol (1986). Random Data: Analysis and Measurements Procedures, Ed. John Wiley and Sons, New York.
- Beresnev, I. A., K-L. Wen, and Y. T. Yeh (1995). Nonlinear soil amplification: Its corroboration in Taiwan, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 85.496-515.
- Busturia , J. (1999). Técnicas Experimentales, CEIT, España.
- Carmona, J. y A. Alfaro. (2002) Programa para estimar funciones de transferencia minimizando el ruido incorrelacionado. Instituto Geofísico Universidad Javeriana. Bogotá.
- Çelebi, M., C. Dietel, J. Prince, M. Onate and G. Chavez (1987). Site amplification in Mexico City(determined from 19 September 1985 strong-motion records and from recordings of weak motions), in Ground Motion and Engineering Seismology, A. S. Cakmak (Editor), Elsevier, Amsterdam, 141-151.
- Chin, B. -H. and K. Aki (1991). Simultaneous study of the source, path, an site effects on strong ground motion during the 1989 Loma Prieta earthquake: a preliminary result on pervasive nonlinear site effects, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 81, 1859-1884.
- Giraldo,V., A. Alfaro, L.G. Pujades y J.A. Canas (1999) Estimación de efectos locales con movimientos Sísmicos y Microtemblores, Barcelona. España.
- Gushchin, V.V. y O.V. Pavlenko (1998). Study of Nonlinear Elastic Properties of Real Media by Bispectral Characteristics of Seismic Noise. *Volcanology and Seismology*. No. 4.
- Kudo, K. (1995) Practical Estimates of Site Response. State-of-art Report. *Proc. 5th Int. Conf. on Seismic Zonation*, Nice, France, 1878-1907.

- Kudo, K. and Z. Wang (1992). A preliminary analysis of strong motion records in Ashigara valley test site; and errata, *Int. Symp. Effects of Surf. Geol. on Seismic Motion, ESG 1992*, Odawara Japan, 3, 15-18.
- Moreno, L y A. Alfaro (2000) De los Microsismos a los Microtemblores- Investigaciones en el Instituto Geofísico, *Memorias del VIII Congreso Colombiano de Geotecnia*. Bogotá. pp 2.55-2.66. <http://www.javeriana.edu.co/geofisico>
- Nakamura, Y. (1989) A Method For Dynamic Characteristics Estimation of Surface Using Microtremor On The Ground Surface. *Quarterly Report of Railway Tech Res. Inst.* 30, 25-33.
- Nakamura , Y. (2000) Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and its Applications, *Procc.12WCEE 2000*.
- Ordaz, M. and E. Faccioli (1994). Site response analysis in the Valley of Mexico: selection of input motion and extent of nonlinear soil behavior, *Earthq. Eng. and Struct. Dyn.*, 23, 895-908.
- Pavlenko, O. (2001). Nonlinear Seismic Effects in Soils: Numerical Simulation and Study, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91.381-396.
- Pérez-Muñoz O. y A. Alfaro (2002) Contenidos frecuenciales a 364 Registros de Microtemblores. Instituto Geofísico Universidad Javeriana.
- Safak, E. (1991). Problems with using spectral ratios to estimate site amplification, *Proc. 4th Int. Conf. on Seismic Zonation*, Stanford, California, 2,227-284.
- Steidl, J. H. (1993). Variation of site response estimates at the UCSSB dense array of portable accelerometers, *Earthquake spectra*, 9-2, 289-302.
- Steidl J.H., A.G. Tumarkin y R.J. Archuleta (1996). What is a Reference Site? , *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 86, No. 6, pp. 1733-1748.