

Reducción de ruido en profundidad a partir de registros broadband. *Noise reduction in borehole broadband recordings.*

M. Tapia, T. Susagna, X. Goula and S. Figueras.

Institut Cartogràfic de Catalunya. Parc de Montjuïc. 08038 Barcelona. mtapia@icc.es, tsusagna@icc.es, xgoula@icc.es, sfigueras@icc.es

ABSTRACT

Experimental equipment based in the installation of two boreholes three-component seismic stations has been implemented in Barcelona as part of the prospective studies related to the VSAT based real time broadband seismic network of the Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). A borehole has a depth of 25 m; the other one, 52 m. Up to now, two sensors, one at the surface and another located at 25m of depth have been installed. The surface sensor is a CMG-3T and the downhole sensor is a CMG-3TB, both Broad-Band triaxial seismometers, 120 seconds to 50 Hz frequency response.

The site is located close to the ICC building (Barcelona, urban area). The first three meters of the borehole correspond to anthropic levels, followed by red compact clay of Quaternary age up to seven meters. Alternate layers of bluish, fossiliferous marls and grey clays of Miocene appear up to 52 meters.

Seismic noise analysis has been carried out by means of power spectral densities averaged over several months. These averages have been calculated with recordings of five minutes of duration extracted at four times a day (03^h, 09^h, 15^h, 21^h).

A surface to downhole spectral ratio of 10 is observed for high frequencies.

Furthermore, site amplification has been evaluated with earthquake and microtremor record. These experiments are useful to decide on the interpretation of borehole sismometers into the new VSAT based Catalonia network.

1. INTRODUCCIÓN

El Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) ha instalado en el área urbana de Barcelona un equipo experimental basado en dos estaciones sísmicas de tres componentes en dos pozos. Este equipo forma parte de los estudios que se realizan en relación con la red sísmica broadband en tiempo real VSAT del ICC.

Uno de los pozos tiene 25 m de profundidad; el otro tiene 52 m. Hasta ahora se han instalado dos sensores, uno en superficie y otro a 25 m de profundidad.

El emplazamiento se encuentra cerca del edificio del ICC (área urbana de Barcelona). Por lo que respecta a la geología del emplazamiento encontramos que los primeros 3 metros corresponden a niveles antrópicos, seguidos por 7 metros de arcilla roja compacta del Cuaternario. Después se alternan capas de margas fosilíferas y arcillas grises del Mioceno hasta los 52 m

Se ha realizado un análisis de ruido sísmico considerando densidades medias de potencia espectral. Estas medias se han calculado con registros de 5 minutos de duración extraídos en 4 horas del día (3,9,15 y 21h) durante varios meses. Se observa que hay una década de diferencia para las altas frecuencias entre el sensor de superficie y el sensor en profundidad.

También y de forma secundaria la amplificación del emplazamiento ha sido evaluada con registros de sismos y microsismos.

Estos experimentos son útiles para decidir el papel que han de jugar los sensores en pozos dentro de la red sísmica VSAT del ICC.

2. EQUIPO EXPERIMENTAL

Un pozo tiene una profundidad de 52 m y otro de 25 m ambos con 220 mm de diámetro (figura 1).

El sensor de superficie es un CMG-3T y el sensor situado dentro del pozo de 25 m. es un CMG-3TB. Ambos son sismógrafos triaxiales broadband, de 120 segundos a 50 Hz de respuesta plana.

Los datos se transmiten hasta el Centro de Recepción de Datos situado en el edificio del ICC en continuo y en tiempo real y se almacenan en un "ringbuffer" con una autonomía de varias semanas.

El equipo se puso en funcionamiento el 11 de Febrero del 2002 y desde entonces se han podido obtener varios registros sísmicos.



Figura 1. Imagen de la instalación del sensor en el pozo (Picture of borehole sensor instalation)

3. REDUCCIÓN DEL RUIDO SÍSMICO

Durante varios meses se han considerado cinco minutos de registro a cuatro horas del día: 3h, 9h, 15h y 21h (UT). Esto

permite observar la sensibilidad del emplazamiento a la actividad humana y así evaluar el ruido cultural.

De cada uno de los registros de 5 minutos se calcula su potencia espectral y se promedian para un periodo dado (trimestre). Para este análisis se han eliminado los registros perturbados por sismos.

En la figura 2 se presentan las curvas de potencia espectral de la velocidad del suelo correspondientes al ruido sísmico en un rango de 10^{-16} a 10^{-5} $(\text{cm/s})^2/\text{Hz}$ (once ordenes de magnitud). En el eje de abscisas el rango de frecuencias es de 0.005Hz a 50Hz (unos cinco ordenes de magnitud). Conjuntamente a estos espectros se representan dos espectros de referencia (Aki y Richards, 1980).

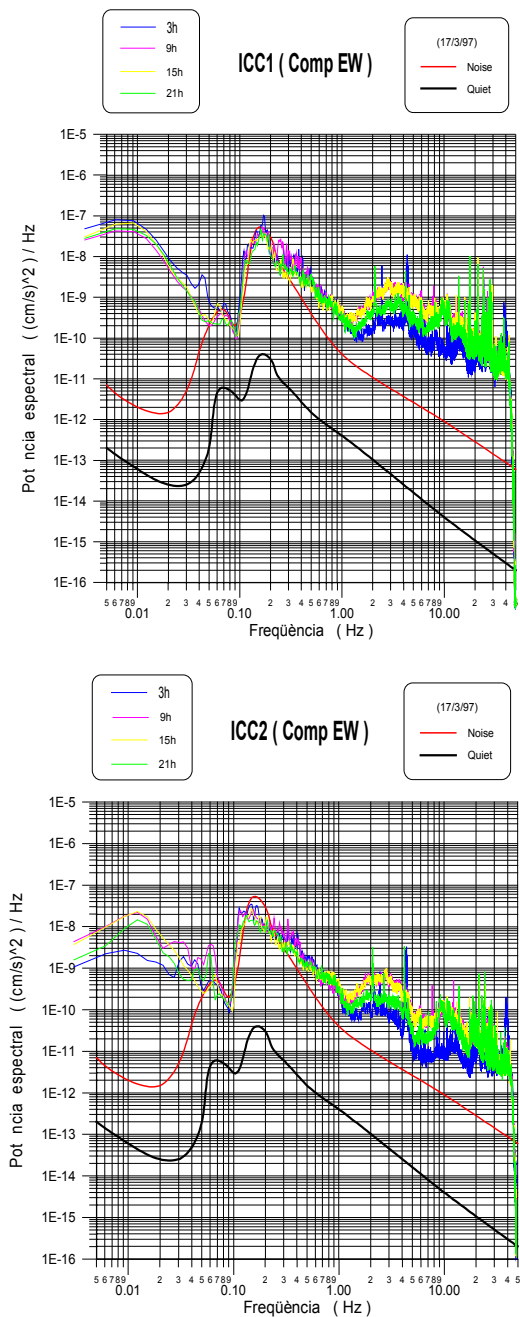


Figura 2. Espectros de potencia, componente EW, del sensor en superficie (ICC1) y del sensor en profundidad (ICC2). (Power spectra, EW component for surface (ICC1) and dowhole (ICC2) sensors)

Se observa una reducción de una década para frecuencias superiores a 1 Hz para el sensor situado en el pozo con respecto al sensor colocado en superficie. Para frecuencias menores de 1 Hz los espectros son similares.

Debido a la situación del emplazamiento en zona urbana el nivel de ruido es elevado.

4. EFECTOS DE EMPLAZAMIENTO

Se han analizado registros de ruido y de terremotos mediante diferentes métodos.

En primer lugar, a partir de los cocientes espectrales de componentes horizontales sobre verticales, tanto para registros de ruido (Nakamura, 1989) como para registros de sismos (funciones receptoras), en superficie y en profundidad. En la figura 3 se muestra un ejemplo para el sismo del 22 de febrero de 2002, MI = 2.2, a 69 km de distancia.

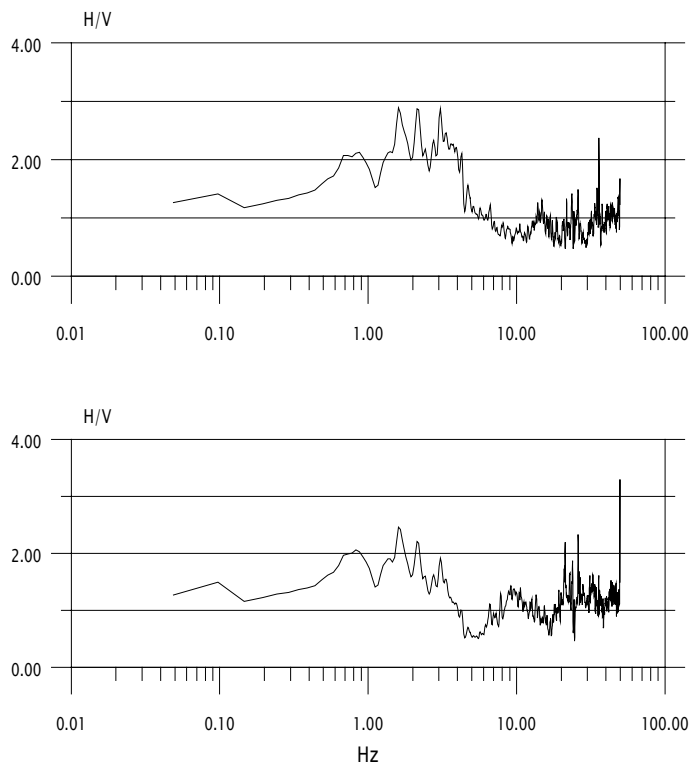


Figura 3. Cocientes espectrales H/V en superficie (arriba) y en profundidad (abajo). (Spectral ratios H/V obtained at surface (top) and dowhole (bottom)).

Puede observarse en superficie una amplificación entorno a 2-3 Hz y en profundidad la amplificación se centra entorno a una frecuencia de 1-2 Hz.

En segundo lugar (ver figura 4) se ha evaluado la función de transferencia del emplazamiento mediante el cociente espectral de componentes horizontales registradas en superficie (H_s) y en profundidad (H_b).

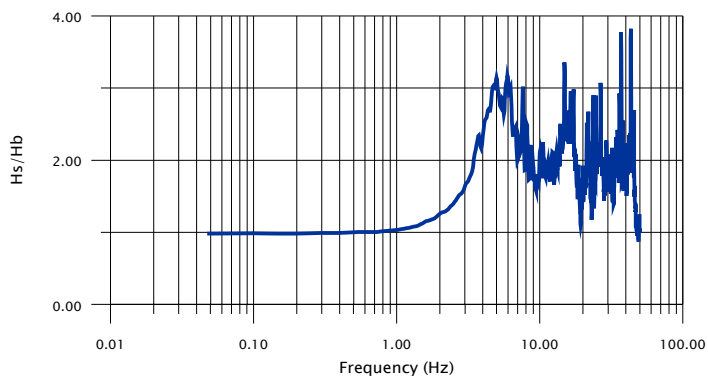


Figura 4. Función de transferencia Hs/Hb obtenida a partir de los registros en superficie y en profundidad (Transfer function Hs/Hb obtained from surface and dowhole records)

En la función de transferencia de la figura 4 se observa una amplificación principal alrededor de 4-5 Hz. Dos picos se distinguen a 10-20 Hz y a 20-30 Hz.

Se ha realizado también una simulación 1D (software ProShake) utilizando un modelo estándar (ver tabla 1) de la zona donde se emplaza el equipo experimental. La función de transferencia que resulta de los cálculos realizados se presenta en la figura 5.

Si se compara este resultado con la función experimental de la figura 4 se observa una coincidencia de la frecuencia fundamental, si bien la amplificación resulta menor en la función calculada.

Tabla1. Características dinámicas de la columna de suelo del emplazamiento (Dynamic soil characteristics of the site).

Depth (m)	Vs (m/s)	Density (gr/cm)
7	200	1.8
25	550	2.3
-	900	2.4

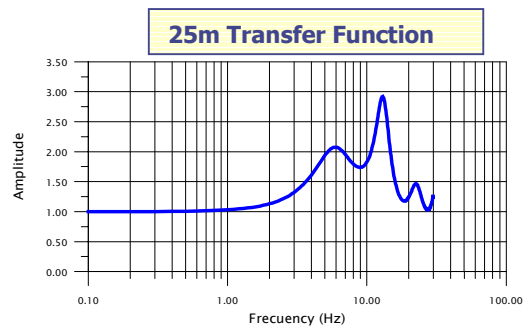
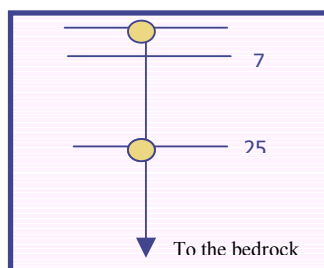


Figura 5. Función de transferencia del emplazamiento calculada con el programa proshake. (Site transfer function computed with proshake program).

5. CONCLUSIONES

La reducción de ruido en el pozo ha sido cuantificada y es de aproximadamente una década en el espectro de potencia para frecuencias superiores a 1 Hz.

Los datos analizados muestran en sus cocientes espectrales picos de amplificación característicos dependiendo de su localización (superficie o profundidad). El resultado encontrado con una simulación 1D no difiere mucho de los resultados experimentales.

Otro sensor será instalado en el pozo de 52 m de profundidad para continuar este estudio. Dependiendo de los resultados finales que se obtengan algunas estaciones sísmicas en pozos serían incorporadas en la red sísmica VSAT del ICC.

6. REFERENCIAS.

- Nakamura, Y. (1989). "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface". Quarterly Report of Railway Technical Research Institute. 30-1, pp. 25-33.
- ProShake (2000). User's Manual. Ground Response Analysis Program EduPro Civil Systems, Inc. Redmond, Washington.
- RSE (2001) Perforació de dos pous pilot de 25 m i 52 m per la instal·lació d'un sensor sísmic, i acondicionament de l'emplaçament per la connexió del mateix fins a l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Report ICC , GS- 147/01.

