Preliminary Soil Characterization of the Most Affected Coastal Villages after the 16 April 2016 Mw 7.8 Pedernales Earthquake, Ecuador

Village

SSA-SEISMOLOGICAL SOCIETY of AMERICA

1. Introduction.-

3. Results.-On April 16, 2016, a large part of the Ecuadorian coast was shacked by an Mw7.8 earthquake, affecting nearly 30,000 homes and public buildings. Understanding soil characteristics of these affected areas is a necessary and useful aid to reconstruction efforts. To this end, the Instituto Geofísico at the Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) undertook data collection work with the aim of generating a reliable and freely accessible database consisting of dynamic soil characteristics for eigth villages located in the provinces of Manabí and Esmeraldas (Ecuador, Figure 1). The study consisted in the installation of seismic station arrays for approximately 7 days in each village, during which time various measurements of ambient noise and seismic profiles were made. Here we employ various methods to assess soil characteristics, including: single-sensor horizontal over vertical component (H/V) spectral ratios, relative spectral ratios at various sites of interest with respect to a reference site (SSR), and linear arrays for multi-channel analysis of surface waves (MASW). These experiments were conducted within the first six months after the earthquake (Figure 2). Figure 2: Figure 1: Map 0 250 500 1000 80°30'W 79°30'W Example of of the villages for which the Pedernales study was village: conducted Location of temporary CANOA stations and 0 200 400 800 ambient noise measurements. RENAC + Epicentro 16A/201 E. Referencia Pedernales PROVINCIAS E. Temp. Pedernales P. Ruido Pedernales BAHIA DE CARAQUE Vnz. SAN VICENT 2. Methodology.-The fundamental soil frequency, and shear wave velocity profiles for the populations that were part of the study were all obtained. These parameters then allow us to identify which zones share similar dynamics characteristics, which we then correlate with the Ecuadorian Construction Norms (NEC-15) to determine the soil type (Table 1 and 2). $=\frac{V_{S_{30}}}{V_{S_{30}}}$ $4H_{30}$ ML11 f_e: 1.17 Hz Frecuencia fundamenta da de corte f0 ≥ 12.5 Hz 500 1000 2000 Freq. (Hz) 12.5 Hz > f0 ≥ 6.33 Hz ≥760 m/s 6.33 Hz > f0 ≥ 3.0 Hz ≥180 m/s 3.0 Hz > f0 ≥ 1.5 Hz f0 < 1.5 Hz classification of Ecuadorian soils. able 2: Proposal for Cojimíes ricente Canoa Jama Pedernales Chamanga Cojimies Datos Efectos de sitio Reference San José de Chama f01_Manta ona de Manta está asentada sobre depósitos de o sin pico claro Pedernales • < 1.5 6). Según el trabajo de Pedoja et al. (2006) Picos de frecuencia tamiento estimada entre 0.3 a 0.5 mm/año, dura timos 300.000 años. Sin embargo, estudios recien 0 500 1000 2000 Sin pico claro - 1.5 (E) ren Jama 80°42'W Servicios Mapas Interactivos Transparencia Contáctenos o 1.6 - 3.0 (D) O 3.1 - 6.3 (C) ceno) que componen las terrazas marinas o 6.4 - 8.9 (B) Canoa erremoto del 16 de Abril de 2016 San Vicente Bahía de Caráquez Manta uencias de resonancia de los suelos de Manabi Canoa Jama Pedernales Chamanga Cojimíes Datos Efectos de sitio Referencias Picos de frecuencia Figures web frecuencia f0 La ciudad de Bahía de Caráquez está asentada sobre sedimentos aluviales y marinos, que sobreyacen los depósitos de edad pliocena, correspondientes a la • 6.4 - 8.9 (B) formación Borbón, compuesta principalmente de areniscas masivas (Reyes, 2013). Se desconoce el espesor de los sedimentos aluviales y marinos. O 3.1 - 6.3 (C) resources: Database Abril de 2016: Lecciones Aprendidas – Dra Alexandra Alvarado • 1.6 - 3.0 (D) • < - 1.5 (E) San Vicente se encuentra principalmente sobre lo collected, and freely O Sin pico claro depósitos pliocénicos, de la formación Borbón (Reye: 2013), formados por areniscas de color crema, se observa algunas depósitos de origen aluvial/marino, con espeso desconocido. de muestra 126 de estación Toma de ruido ambiental accessible in: f0 1.07 Descripción de las medidas: ara la **ciudad de Bahía, la** distribución para la adqui e las muestras se consideró en dos áreas, una en la e la Bahía y otro grupo se hizo en la entrada de la ciu n las colinas que rodean la misma. www.igepn.edu.ec IG 🗰 📅 Frecuencias de resonancia de los suelos de Manabí 🛛 Instituto Geofísico -Frecuencias de resonancia de los suelos de Manabí En el caso de San Vicente, el muest de toda la ciudad (ver mapa). cuencias de resonancia de los suelos de Manabí V LEYENDA has de estudio Manta Bahía y San Vicente Canoa Jama Pedernales recuencias de resonancia de los suelos de Manabí stimación de las frecuencias de resonancia ADQUISICIÓN DE DATOS de los suelos en varias ciudades de la nas de estudio Manta Ba En cada ciudad, varias medidas de ruído del ambiente se realizaron con el fin de tener una colección de puntos para caracterizar el sue (Figura 12). La duración de cada medida fue de al menos 30 minutos para investigar frecuencias de resonancia a partir de 0.2 H siguiendo las recomendaciones del proyecto "Site EffetcS using AMbient Excitations" [SESAME] (2004). provincia de Manabí con medidas de ruido Interpretación de los resultados: del ambiente Picos de frecuencia Para realizar las medidas de ruido del ambiente se utilizaron tres grupos de equipo * En Pedernales, PE60, PE02, PE63 y PE61, que est localizados en la parte sur-oeste presentan un pico de HV claro entre 1 y 3 Hz con una amplitud relativa superior a 3 frecuencia f0 1. Sensor = sismómetro LENNARTZ LE-3D/5s y digitalizador = Banda Ancha REFTEK RT-13 • 6.4 - 8.9 (B) Laurendeau, A., Barros, J-G., Alvarado, A., Perrault, M., 2. Sensor = sismómetro LENNARTZ LE-3Dlite/1s y digitalizador = DATA-CUBE3 Carrasco, H., Singaucho, J-C., Aguilar, J., Schmitz, M., 3. Sensor = sismómetro de larga frecuencia Trilium compact 120s y digitalizador = Banda Ancha REFTEK RT-130 0 3.1 - 6.3 (C) * El punto PE62, localizados más en la parte sur de la ciudad, tiene un pico en alta frecuencia (4.8 Hz). Mercerat, D., Viracucha, C., Parra X., Espín P., Hernández S • 1.6 - 3.0 (D) Plain, M., Ojeda, A., Fuentes, D., Wu, H. Sin embargo, hay que indicar que los equipos del grupo 2 tienen limitaciones para determinar frecuencias de resonancia bajo 1 • < - 1.5 (E) * En el Norte, el punto PE56, presenta un HVSR con un pi bien marcado a 1.4 Hz. O Sin pico claro * Los otros puntos no presentan picos marcados pero un ligera amplificación en un rango de frecuencias amplio con una amplitud alrededor de 2, excepto para los punto PE59 y PE53 que presentan una respuesta plana. Para PE55 PE57, PE55, esta ligera amplificación está en el rango d frecuencia 1 – 3.5 Hz. En un rango similar a la observaciones en el sur de Pedernales, el contraste d NTRODUCCIÓN estación Toma de ruido El objetivo de este estudio es proveer una primera estimación de las características de los suelos en las principales ciudades de la provincia de Manabí: Manta, Bahía de Caráquez, San Vicente, Canoa, Jama, Pedernales impedancia es menos marcado. Los dos puntos má centro de Pedernales, PEO3 y PEO4, presentan una Cojimíes y San José de Chamanga en Esmeraldas , qu Portoviejo fueron particularmente afectadas por el sismo del 16 de ser característico para un deposito superficia abril del 2016 (ver mapa).





Tipo de perfil	Descripción	Definición		
A	Perfil de roca competente	Vs ≥ 1500 m/s	Table 1: The di	fferent soil types in
В	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > Vs ≥ 760 m/s	NEC-SE-DS in se	ection 3.2. N correspo
с	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de corte o	760 m/s > Vs ≥ 360 m/s	to the hit nu	umber with SPT-1
	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	N≥50, Su≥100KPa	resistance; IP: P	lasticity index; w: w
D	Perfiles de suelo rigidos, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de corte o	360 m/s > Vs ≥ 180 m/s	Tino de perfil	content i Velocidad on
	Perfiles de suelo rígidos, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	50 > N ≥ 15, 100KPa > Su ≥ 50 KPa	A	Verocidad off Vs ≥ 150
E	Perfil que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de corte o	Vs < 180 m/s	В	1500 m/s > Vs
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20, w ≥ 40%, Su < 50KPa		760 m/s > Vs
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada ex	plícitamente en el sitio por un	E E	Vs < 180
	ingeniero geotécnista		Table 2. Droposal for ala	





	vs30min	vs30max	Son Type	P. Amplent
	(m/s)	(m/s)	(NEC-15)	Noise
	190	210	D	CJ 52
nga	145	240	Ed	CH 51
	195	205	D	PE 63
	140	150	E	JA 60
	Х	Х	Х	CA 58, 59
	Х	Х	Х	SV 51, 52
	220	235	D	BC 59
	180	240	De	ML 11

The dispersion curves used to obtain the velocity profiles of the share wave were obtained using the multichannel analysis surface waves.



Barros J-G., Laurendeau A., Pacheco D., (2) Mercerat D., Aguilar J., Alvarado A. jgbarros@igepn.edu.ec .. Instituto Geofísico-Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador; 2. CEREMA, Nice, France.

Most of the cities studied showed considerable damage in the April 16 earthquake, as indicated by the intensity assigned (Table 4).

One of the factors for the assigned intensity grade can be understood with the average values obtained for Vs30; which, in this case is indicative of soft soils (Soil type E or D).

Preliminary soil characterization by means of resonance frequencies (f0) is an easy and reliable method to use, especially in soft soils.

Villago	Soil Type	Soil Type	Comparison	
village	(Vs30-MASW)	(f0)	Companson	
Cojimíes	D	ND	ND	
an José de Chamanga	Ed	E	Aprox.	
Pedernales	D	D	ОК	
ama	E	ND	ND	
Canoa	ND	D	ND	
an Vicente	ND	E	ND	
Bahía de Caráquez	D	D	OK	
Лanta	De	E	Aprox.	

6. References.-

- Am. 87, 3, 710-730.
- Seismic Motion, Taipe, Taiwan, August 15-17, 2016. 12 pages.
- QR of RTRI, 1;30:25-33.

7. Future work.-

- Re-processing some ambient noise points.
- To find the transfer fuction.

5. Conclusions.-

Villago	Intensity	Vs30pro	
village	(EMS)	(m/s)	
Cojimíes	6	200	
San José de Chamanga	9	193	
Pedernales	9	200	
Jama	8-9	145	
Canoa	8-9	Х	
San Vicente	6	Х	
Bahía de Caráquez	8	228	
Manta	8-9	210	

Table 4: Intensities of Singaucho et al. (2018) Observations of the 2016 Pedernales earthquake Macroseismic Intensities Article in preparation.

> Table 5: Comparison
> etween the soil type ound with fo and ND: Undetermined.

Bonilla, L.F., Steidl, Jamison H., Lindley, Grant T., Tumarkin, Alexei G., and Archuleta, Ralph J., (1997). Site amplification in the San Fernando Valley, California; variability of site-effect estimation using the S-wave, coda, and H/V methods, Bull. Seism. Soc.

Konno K., and Ohmachi T (1998). Ground-motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremor. Bulletin of the Seismological Society of America, 88, 228-241.

aurendeau, A., Perrault, M., Mercerat, D., Bonilla, L.F., Courboulex, F., Beauval, C., Barros, J-G., Vasconez, F., Marinière, J., Singaucho, J.C., Ruiz, M., Alvarado, A., Bertrand, E. (2016). Preliminary observations of site effects during the Mw 7.8 Pedernales (Ecuador) earthquake of April 16th 2016. 5th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on

Nakamura Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimations of subsurface using microtremors on the ground surface.

SESAME team (2004). Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: measurements, processing and interpretation. European Research Project. 62 pages.

Laurendeau, A., Barros, J-G., Alvarado A., y otros, (Noviembre, 2016). Estimación de las frecuencias de resonancia de los suelos en varias ciudades de la provincia de Manabí con medidas de ruido del ambiente.

To realize the standart spectral ratio (SSR) at each village.

To repeat some measurements ambient noise and seismic profiles

