



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI



ANALISIS DE LOS REGISTROS ACELEROGRAFICOS DEL SISMO DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2012, LA VEGA, CAUCA.

Red Acelerográfica de Cali - RAC

Informe presentado al Departamento Administrativo de
Gestión del Medio Ambiente – DAGMA del Municipio
de Santiago de Cali



Corporación OSSO

Una ONG para las ciencias de la Tierra
y la prevención de desastres

Noviembre de 2012

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
1. EL SISMO DE LA VEGA, CAUCA.....	4
2. REGISTROS ACELEROGRAFICOS DE CALI.....	5
3. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.....	7
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	8
5. TIPOS Y DISTRIBUCIÓN DE DAÑOS.....	10
REFERENCIAS.....	11
ANEXO 1. REGISTROS ACELEROGRAFICOS	12

RESUMEN EJECUTIVO

El 30 de septiembre 2012 ocurrió un terremoto con epicentro en La Vega (Cauca), magnitud $M_w=7.2$ a una profundidad de 160 km. La Corporación OSSO solicitó al DAGMA extraer y analizar los registros de este evento en las estaciones de la Red Acelerográfica de Cali- RAC, debido a las características del evento: haber causado daños en Cali, su distancia a la ciudad y profundidad, que lo hacen especialmente interesante para la evaluación del 'efecto local' en terrenos del Municipio.

El sismo fue registrado en cinco estaciones de la RAC: Vivero, Tránsito Salomia, Bomberos – Norte, Canchas Panamericanas y Parque de las Garzas. Los registros obtenidos fueron procesados aplicando la corrección de línea base y filtro; posteriormente se calculó el espectro de respuesta inelástico (para amortiguamiento $D = 5\%$).

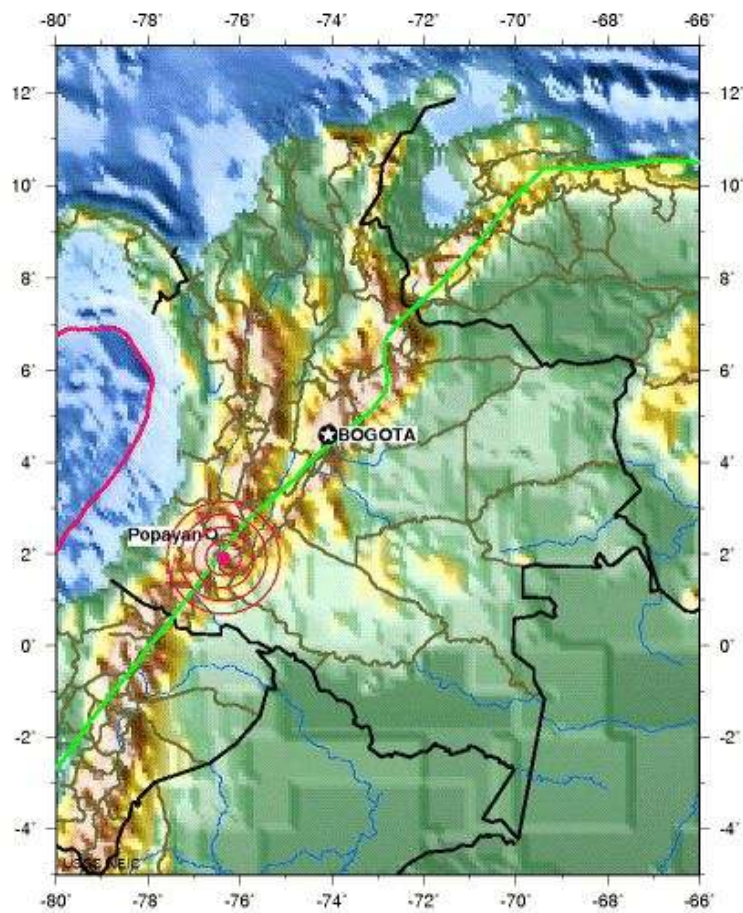
El análisis comparativo de los acelerogramas corregidos y los espectros de respuesta muestra que las mayores aceleraciones se registraron en la estación 'Canchas Panamericanas', la más próxima al 'Abanico de Cañaveralejo', microzona identificada como la de mayor magnitud de efecto local en Cali; esta estación también se destacó con el registro de los períodos más largos y prominentes (1.5 Hz). Los picos más bajos se midieron en 'Tránsito Salomia'. La duración del movimiento fuerte fue del orden de 20 segundos.

1. EI SISMO DE LA VEGA, CAUCA

El 30 de septiembre de 2012 a las 11:31 am hora local de Colombia, ocurrió un sismo de Magnitud $M_w = 7.2$, el cual fue sentido en el suroeste del país y en poblaciones del norte del Ecuador. Las diversas localizaciones (USGS-NEIC, EMSC, Harvard-CMT, Red Sísmica Nacional) ubican el epicentro del sismo de La Vega a latitudes entre 1.92 y 2.04 grados norte, y la longitud entre 76.18 y 76.57 grados oeste, con una profundidad hipocentral entre 149 y 170 km. Con esta localización el evento tuvo una distancia hipocentral de aproximadamente 230 km a Cali (Figura 1).

Por su profundidad el evento se asocia a la 'zona de Wadati-Benioff'; su mecanismo focal es de tipo normal (Harvard-CMT). La 'zona de Wadati-Benioff' corresponde a la parte profunda del plano de fricción entre las placas que convergen, es decir, la continuación de la Zona de Subducción. En el Suroccidente de Colombia se distribuye entre el centro y norte del Valle del Cauca, Sureste de Chocó y parte de los territorios del Viejo Caldas, con eventos a profundidades entre 40 y 200 km, aproximadamente (Rosales, 2002).

Figura 1. Localización del evento de la Vega, Cauca.



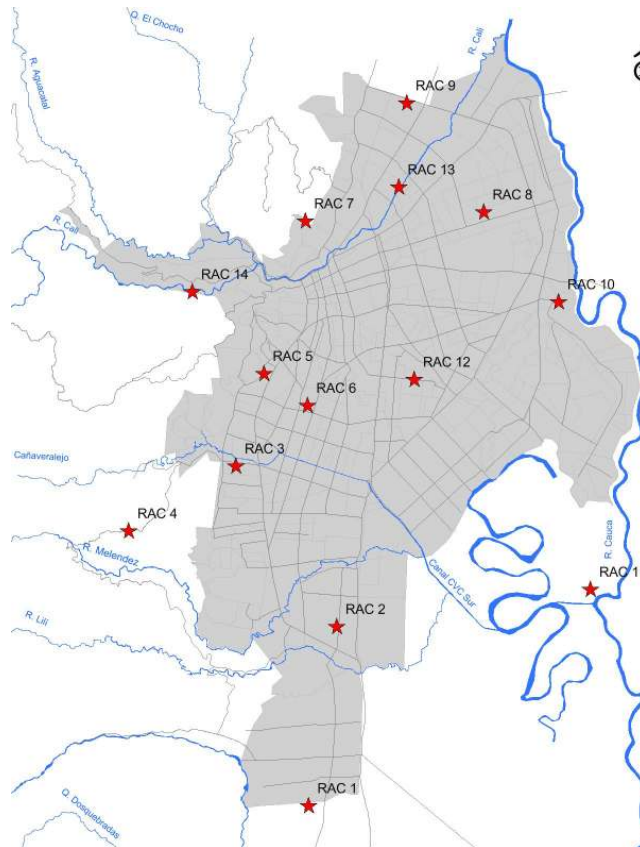
Fuente : NEIC (2012)

2. REGISTROS ACELEROGRAFICOS DE CALI

Después del sismo ocurrido el 30 de septiembre 2012 con epicentro en La Vega, Cauca, el DAGMA aceptó la solicitud de la Corporación OSSO para extraer y analizar los registros de este evento en las estaciones de la RAC. La extracción la realizó Ing. Jorge Eliécer Gallego, en compañía de la geóloga Marcela Villa (DAGMA). El 8 y 9 de octubre se visitaron las estaciones Vivero, Tránsito Salomia, Bomberos – Norte, Seminario Bautista, Canchas Panamericanas y Parque de las Garzas (Figura 2). Estas son las estaciones que en una visita anterior (junio 2012) estaban operando. En cada una se extrajeron la totalidad de registros en memoria, se revisó el estado de cada equipo y se dejó para continuar operación normal, sin modificación de parámetros.

Cinco de las seis estaciones visitadas habían registrado el evento del 30 de septiembre; una estación – Seminario Bautista – tenía la memoria saturada y dejó de registrar el 28 de mayo 2012. Los datos más antiguos en las memorias de las seis estaciones son del período entre el 15 y el 17 de noviembre de 2011.

Figura 2. Localización de estaciones de la Red Acelerométrica de Cali – RAC



Fuente: Corporación OSSO (2012) a partir de datos de coordenadas tomadas en cada estación.

Todos los datos extraídos de las estaciones mencionadas están en un CD anexo, en formato original y tal como fueron bajados de las memorias de los equipos ETNA. El CD contiene además registros de la estación Luis H. Garcés (**RAC 12**), descargados en una visita anterior (2011:11:24). Para salvaguardar la información extraída mediante redundancia la Corporación mantendrá copia de estos datos, disponibles para el DAGMA.

La Corporación le pidió al DAGMA poder extraer y analizar los registros del sismo de La Vega (2012:09:30, $M_w=7.2$) por haber causado daños en Cali, por varias condiciones que lo hacen especialmente interesante para la evaluación del 'efecto local' en terrenos del Municipio, y por su relevancia para la amenaza sísmica en el territorio municipal:

- la localización del evento – distancia y profundidad - con respecto al área de Cali hizo que la 'iluminación' (amplitudes y contenido frecuencial) del basamento rocoso fuera relativamente homogénea, y en consecuencia los registros acelerométricos en superficie son determinados principalmente por las propiedades de los sustratos superficiales ('efecto local').
- Sismos de profundidades intermedias con intensidades $MM \geq VI$ (daños) son relativamente frecuentes en la región. Como por ejemplos los terremotos del 4 de febrero de 1938 con $M_s=7.0$; 20 de diciembre de 1961 con $M_s=6.5$; 30 de julio 1962 con $M_s=6.7$; 23 de noviembre de 1979 con $M_w=7.2$ y 8 de febrero de 1995 con $M_w=6.4$; se destacan los sismos de 1979 y 1995, que causaron daños en la ciudad de Cali, principalmente en la zona conocida como el coño de Cañaverajelo. Así mismo el sismo del 11 diciembre de 1997 con $M_b=6.2$ con epicentro en Tulua (Valle) ocasionó grietas en algunos edificios en la ciudad. A esta fuente tambien corresponde el sismo de 7 de junio de 1925 con una $M_s=6.8$, el más importante de los sismos en Cali durante el siglo XX en relación con sus efectos en la ciudad, inicialmente localizado en el Oceano Pacífico (Gutenberg y Richter, 1954) pero a partir de una revisión macrosísmica de sus parametros hipocentrales se concluyo que corresponde a un evento con fuente en la zona de Wadati-Benioff hacia la región de Calima-Darién (Meyer, 1990; Mendoza *et al.*, 2004).

3. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Los registros del evento en cada una de las cinco estaciones fueron procesados con la siguiente secuencia:

- Conversión de archivos nativos del equipo ETNA (*.evt) a formato ASCII, con programas conversores propios de KINEMATRICS (kw2asc32.exe).
- Correcciones básicas de los archivos en formato ASCII (3 por estación), según el esquema reportado como rutinario (“básico”) en la página de la Red Nacional Acelerométrica de Colombia (Servicio Geológico Nacional), o sea la 'corrección de línea base' y la aplicación de un filtro Butterworth pasabanda de orden cuatro (0.1 – 50 Hz).
- Análisis de respuesta. Para cada uno de los 3 acelerogramas de cada una de las 5 estaciones se calculó el espectro de respuesta inelástico (para amortiguamiento $D = 5\%$). Para este análisis se usó el software “SeismoSignal v5 (30/07/2012).
- Ambos resultados – acelerograma corregido y espectro de respuesta – están incluidos en formato gráfico en este informe (un cuadro por estación) y en el CD anexo.

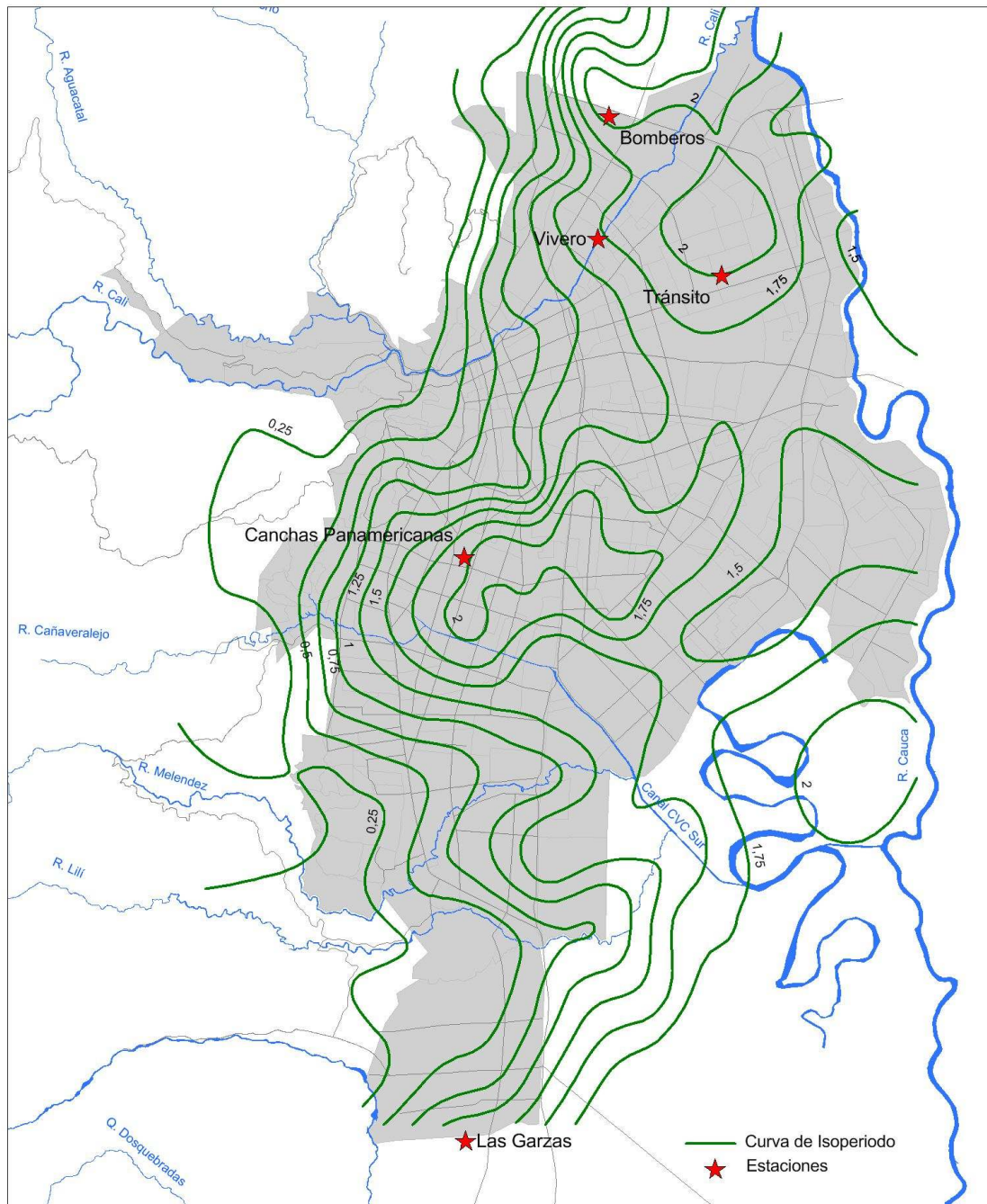
Los cuadros (Anexo 1) – uno para cada estación – contienen los acelerogramas corregidos de cada componente y a la derecha el espectro de respuesta correspondiente.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de una apreciación comparativa de los acelerogramas y sus espectros de respuesta se puede concluir una concordancia con los modelos existentes sobre efectos locales en los terrenos de Cali (Figura 3) (Rosales, 2002 e Ingeominas, 2005):

- las mayores aceleraciones se registraron en la estación 'Canchas Panamericanas' (RAC 6), la más próxima al 'Abanico de Cañaveralejo', microzona identificada como la de mayor magnitud de efecto local en Cali (Rosales, 2002), caracterizada (Ingeominas & Dagma, 2005) como depósitos de material fino de centenares de metros de espesor. Aquí la media de las aceleraciones pico en las dos componentes horizontales fue de 0.0375 g. El mayor pico de aceleración se midió en 'Canchas Panamericanas', con 0.0406 g (39.79 cm/seg²). Los picos más bajos se midieron en 'Tránsito Salomia' (media de las dos componentes horizontales: 0.013195).
- La estación 'Canchas Panamericanas' también se destacó con el registro de los períodos más largos y prominentes (1.5 Hz), concordante con efecto local generado por capas relativamente blandas y profundas. En este contexto se pueden mencionar los daños que varias decenas de edificios altos (con períodos propios largos) sufrieron durante el sismo de Pizarro, Chocó (2004:11:15, $M_w=7.1$).
- La duración del movimiento fuerte fue del orden de 20 segundos. Con esto – vibración prolongada - se cumplió una de las condiciones para la ocurrencia de licuación (que además requiere de niveles de aceleración muy superiores a los medidos).

Figura 3. Mapa de isoperiodos por microtrepidaciones



Fuente: Corporación OSSO (2012) a partir de Ingeominas (2005).

5. TIPOS Y DISTRIBUCIÓN DE DAÑOS

El evento se sintió fuertemente en varios departamentos del País, e incluso en lugares tan alejados como las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Guayas y Manabí en el Ecuador. Los reportes indican que fue sentido como un movimiento fuerte (balanceo o vibración), de larga duración, característico de los sismos profundos.

En la Ciudad de Cali y a partir de los reportes de prensa se documentaron los siguientes daños:

- En las Clínicas Santillana y Rey David: daños en la mampostería (El Colombiano, 30/09/2012; El País, 30/09/2012).
- Edificio Venezolano en el norte de Cali, sufrió grietas en las fachada (El País, 2/10/2012).
- Edificios Los Conquistadores, en la Avenida Roosevelt con 38, edificios de la Calle 44 con carrera 2C, barrio Manzanares y el edificio Venezolano, del norte de Cali, sufrieron daños en la mampostería (EL País, 4/10/2012).
- Caída de un poste en la Carrera 66 con Calle 14A, en El Ingenio y la caída de una casa abandonada en la Carrera 77 con 2A, en Nápoles (El País, 30/09/2012).
- Un edificio en Chiminangos (calle 62B # 1A6-185, sector 7, agrupación 1, Torre I) sufrió daños pero en este caso, parece ser que los efectos se intensificaron con el sismo pues el edificio presentaba algunas grietas. (El País, 5/10/2012)

REFERENCIAS

Gutenberg, B. y C. F. Richter (1954): *“Seismicity of the earth and associated phenomena”*. Princeton University Press, Princeton New Jersey. Segunda Edición. 310 .

INGEOMINAS, (2005). *“Estudio de Microzonificación Sísmica de Santiago de Cali”*. Convenio No. 02 del 2002 DAGMA - INGEOMINAS. Bogota.

Mendoza, D., C. Rosales, A. Velásquez, H. Meyer (2004) *“Revisión macrosísmica de los parámetros hipocentrales del terremoto del 7 de junio de 1925 ($M_S=6.8$) en Colombia”*. En Memorias II Congreso Nacional de Sismología. Armenia. Agosto 16 al 21 del 2004

Meyer, H. (Relator) (1990): *“Proyecto integral para la mitigación del riesgo sísmico en Cali”*. Memorias del Seminario Desastres sísmicos en grandes ciudades. 91 – 116.

Rosales, C. (2002) *“Aproximación al comportamiento sísmico de los suelos en el área de Caneveralejo, Cali”*. Tesis de grado Facultad de Ingenierías, Universidad del Valle, Cali. Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil. Universidad del Valle. Cali.

SeismoSignal (2012). SeismoSoft Ltda <http://www.seismosoft.com>

ANEXO 1. REGISTROS ACELEROGRAFICOS



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI



ANEXO 1 REGISTROS ACELEROGRAFICOS Y ESPECTROS DE RESPUESTA DEL SISMO DEL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2012

Red Acelerográfica de Cali - RAC

Informe presentado al Departamento Administrativo de
Gestión del Medio Ambiente – DAGMA del Municipio
de Santiago de Cali

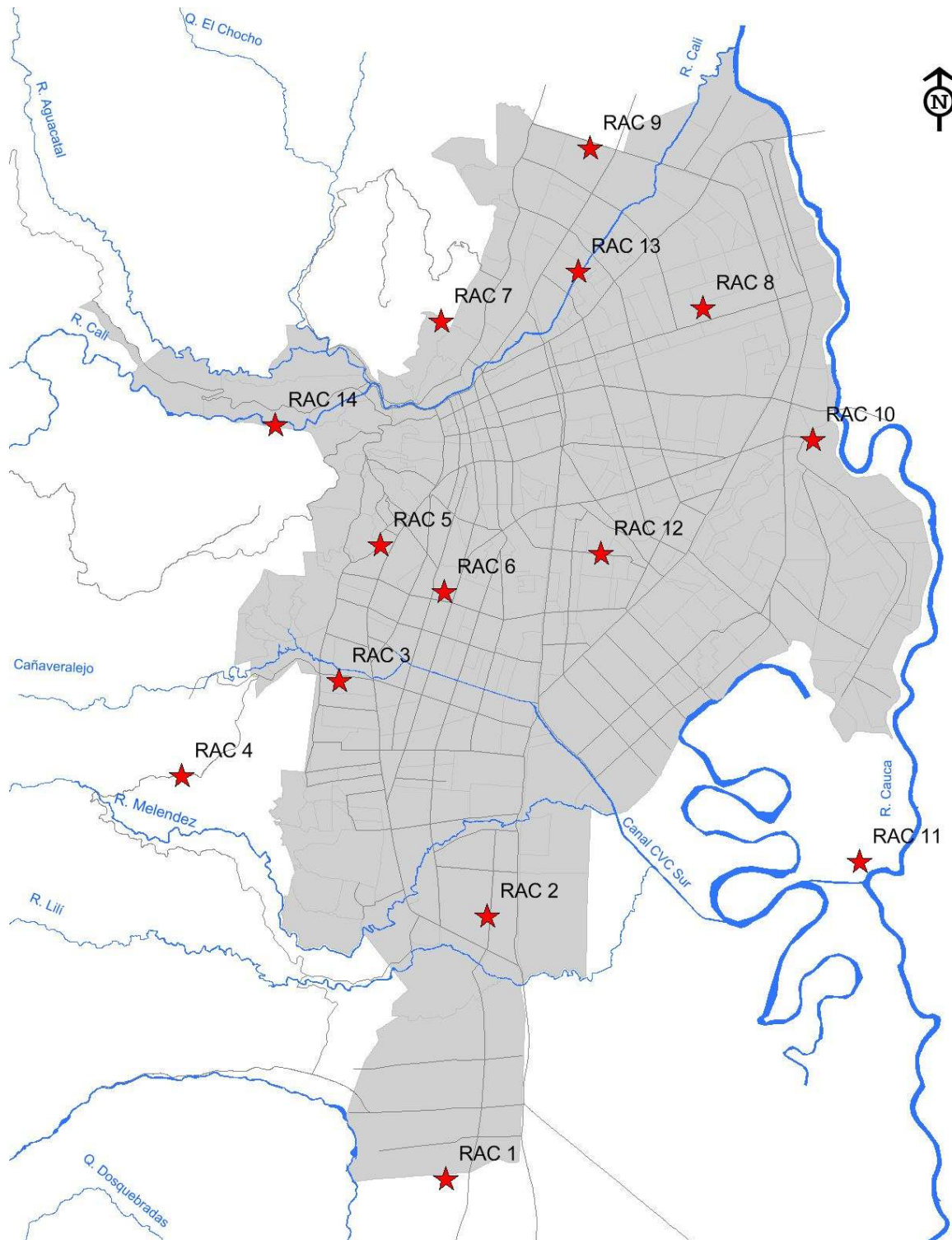


Corporación OSSO

Una ONG para las ciencias de la Tierra
y la prevención de desastres

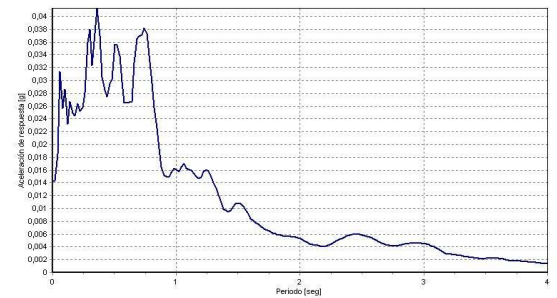
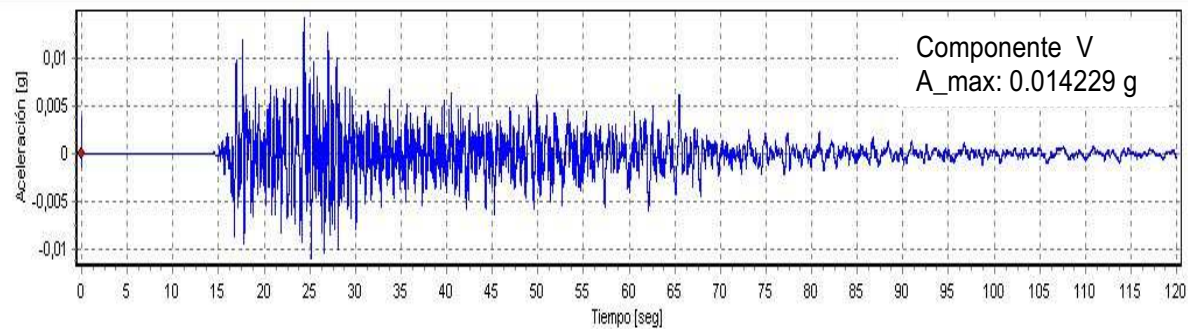
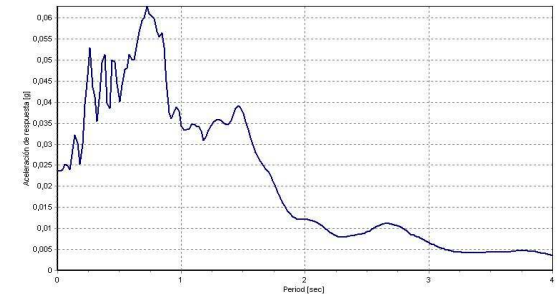
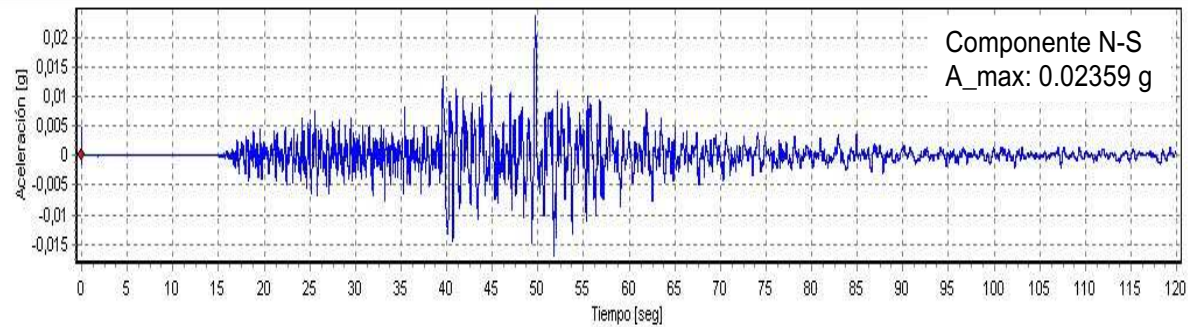
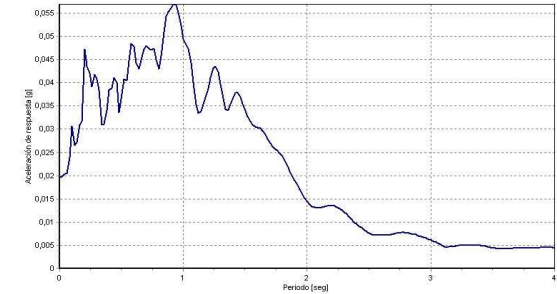
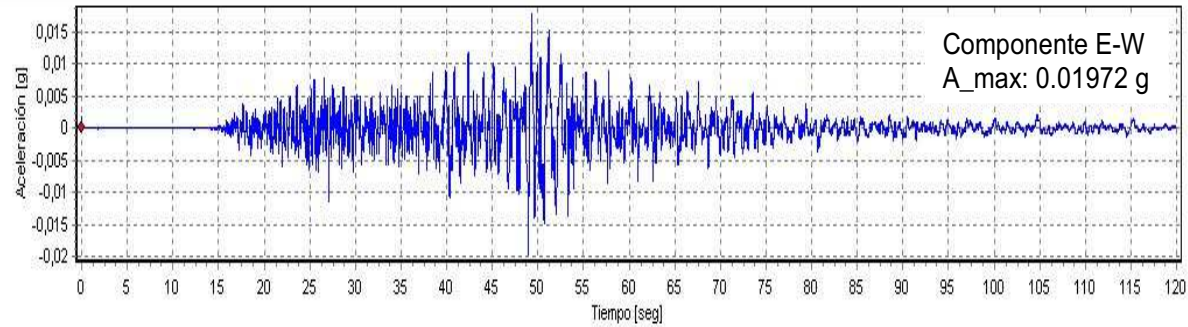
Noviembre de 2012

Figura 1. Red acelerográfica de Cali.

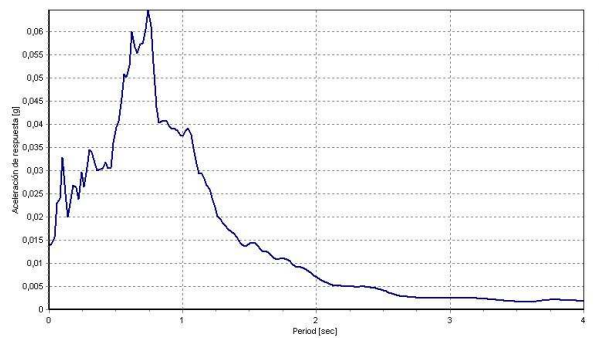
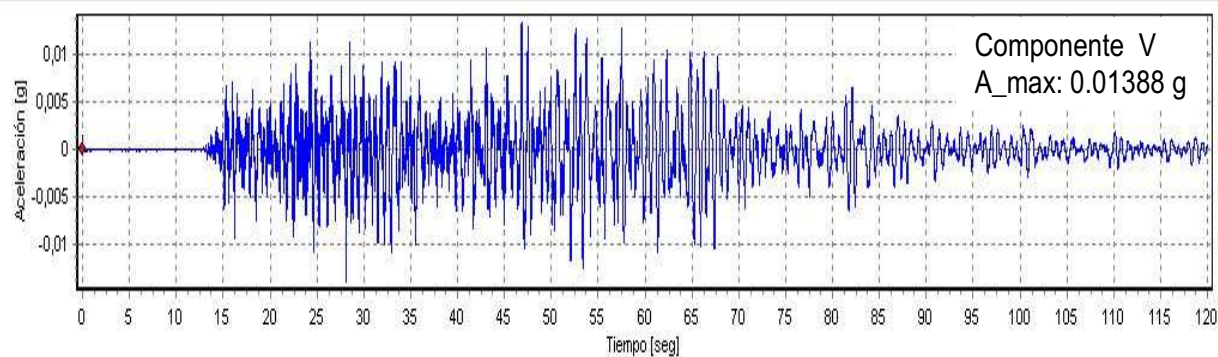
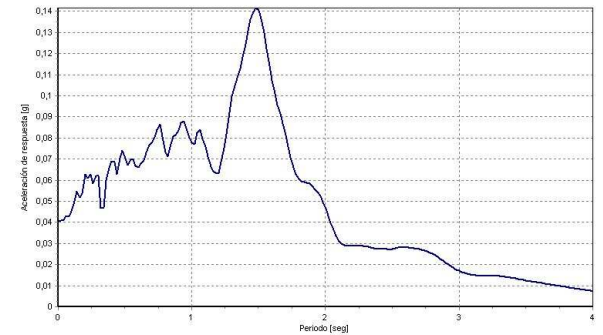
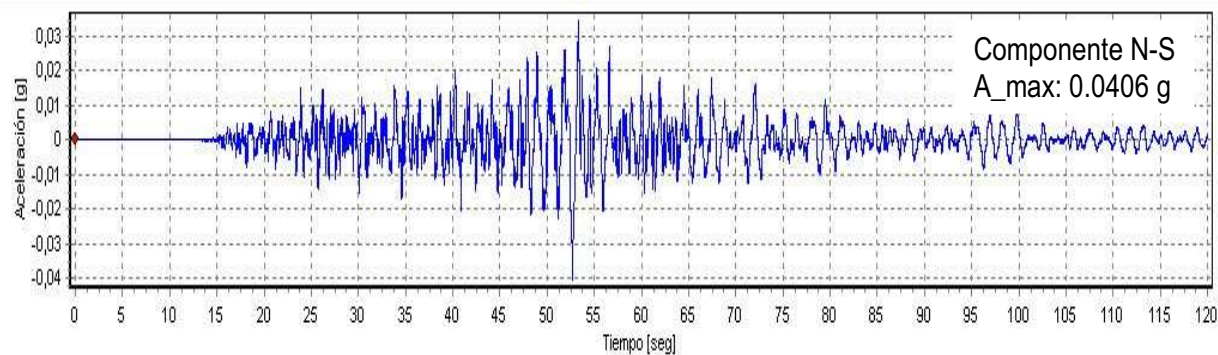
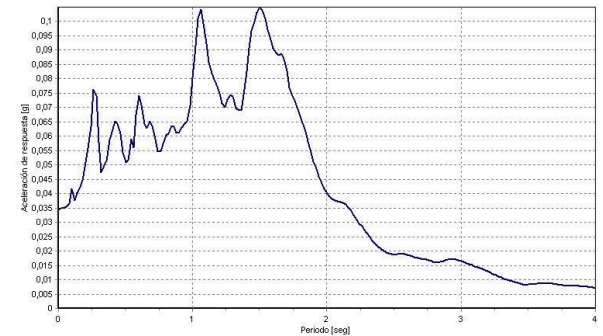
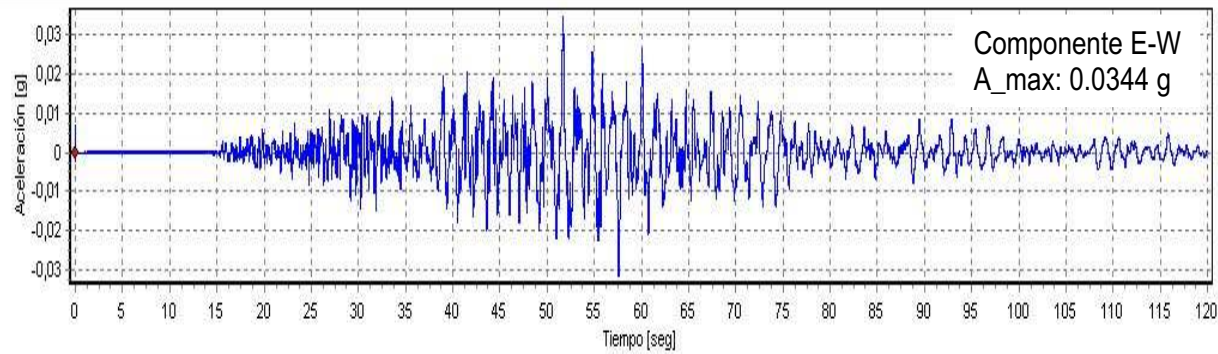


Fuente: Corporación OSSO (2012) a partir de datos de coordenadas tomadas en cada estación.

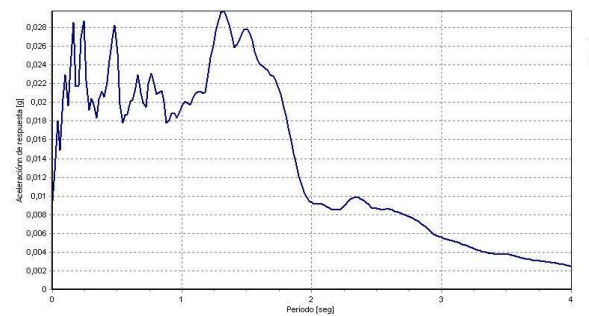
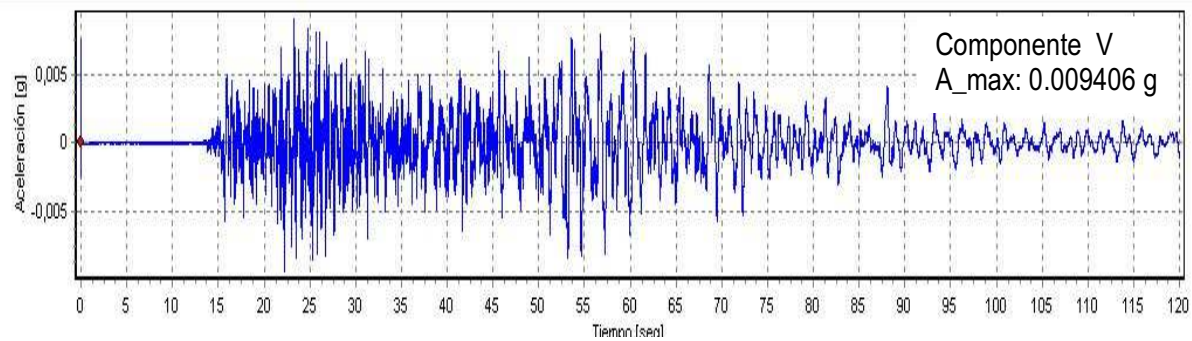
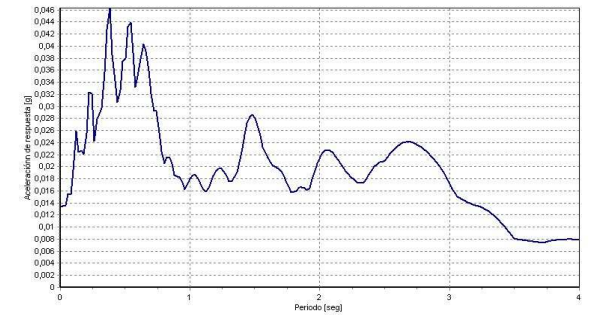
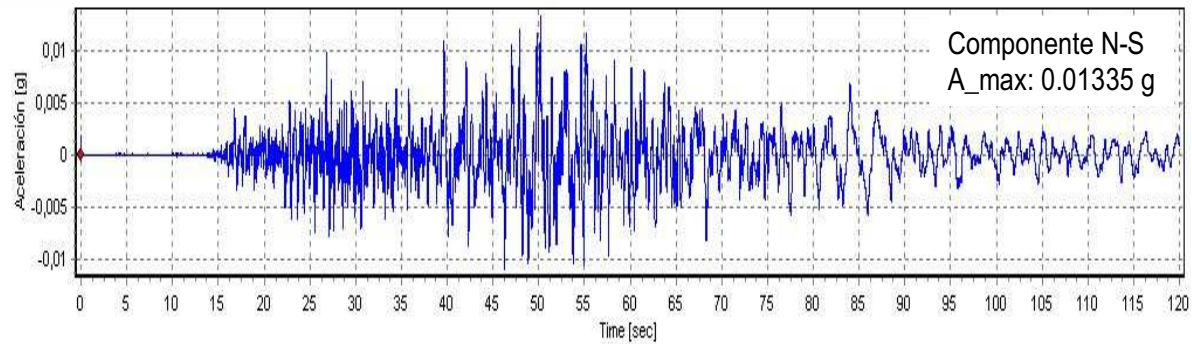
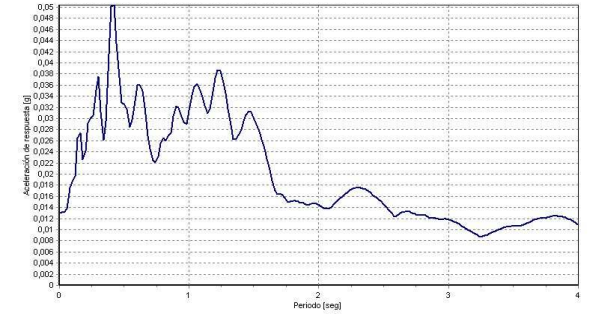
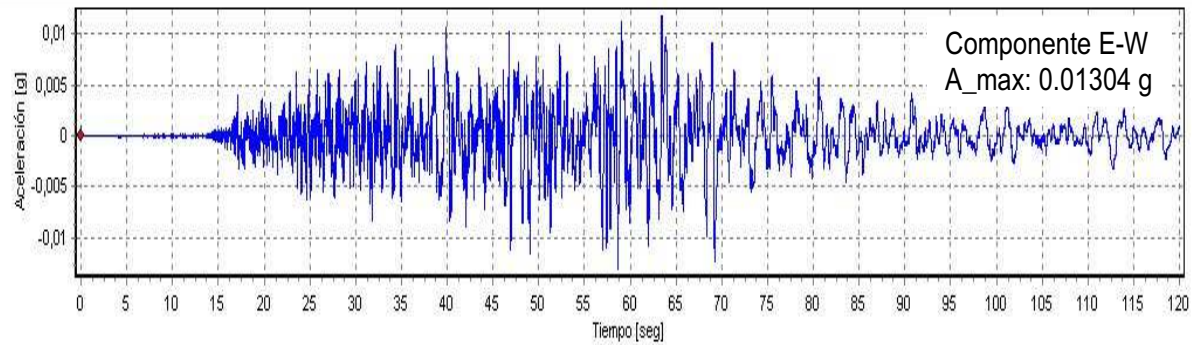
PARQUE LAS GARZAS (RAC 1)



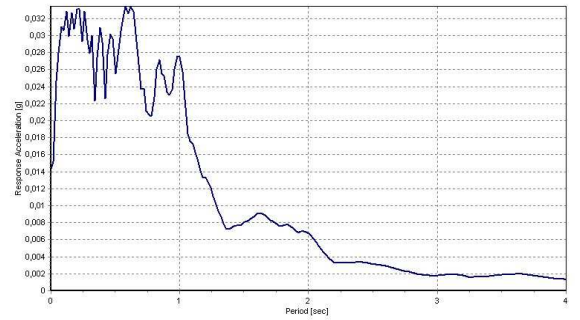
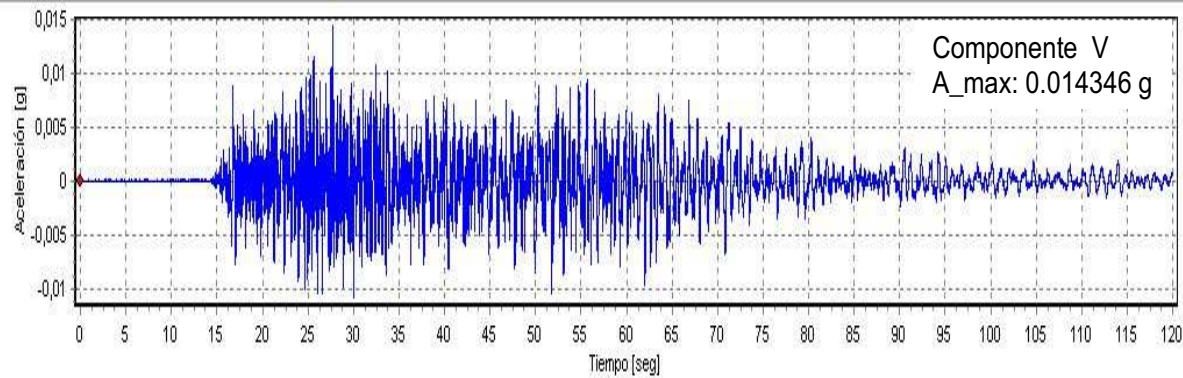
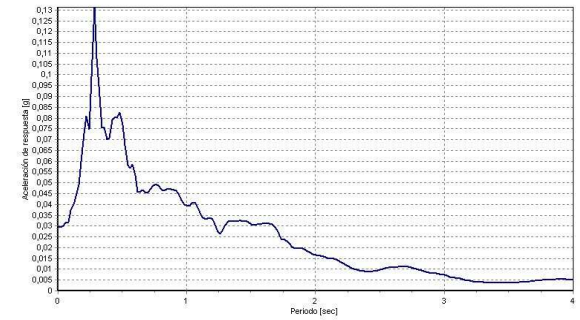
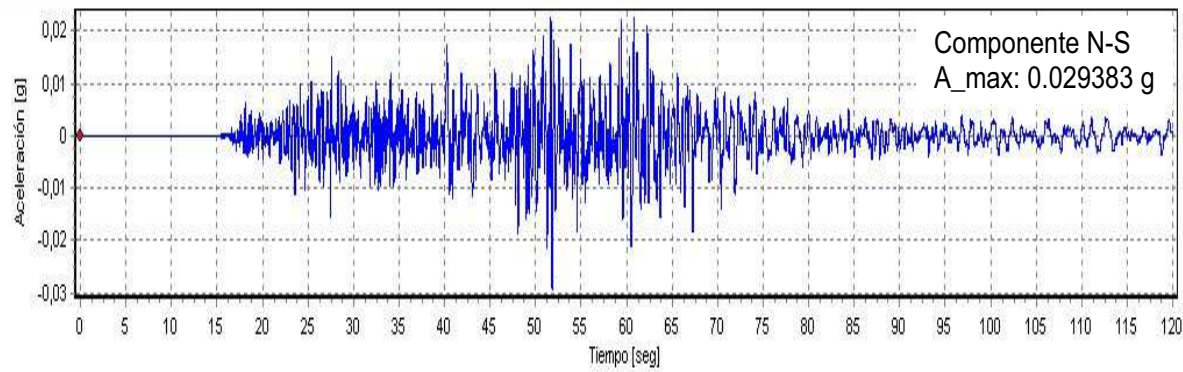
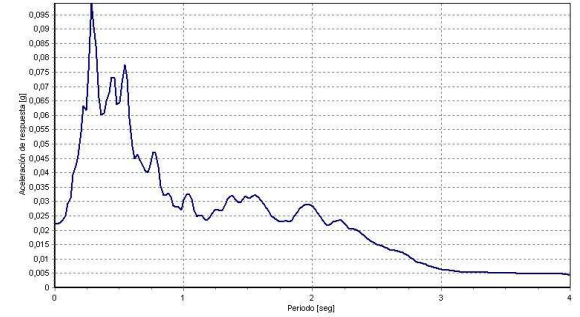
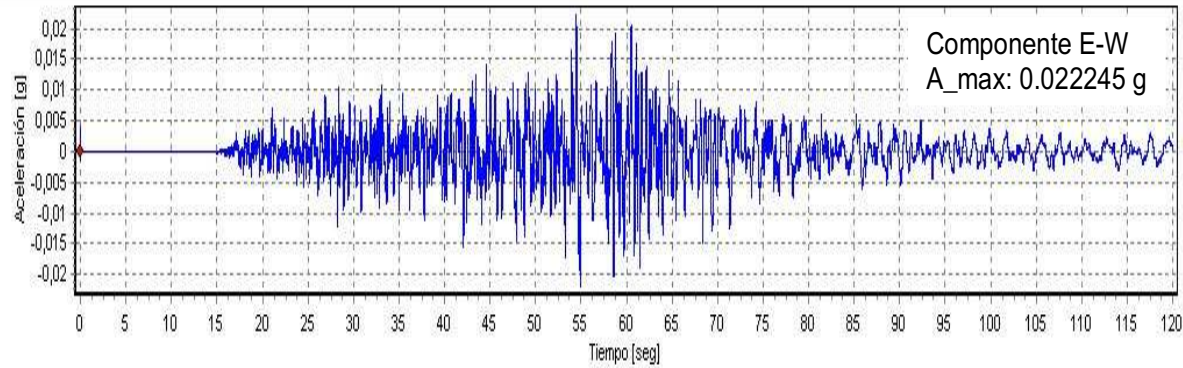
CANCHAS PANAMERICANAS (RAC 6)



TRANSITO SALOMIA (RAC 8)



BOMBEROS NORTE (RAC 9)



VIVERO (RAC 13)

