

CORRELACIÓN EXPERIMENTAL DE VALORES DE ACELERACIÓN OBTENIDOS DESDE REGISTROS DE ACCELERACIÓN Y DE VELOCIDAD

Isabel Bernal y Hernando Tavera

Email: isabel.bernal@igp.gob.pe; hernando.tavera@igp.gob.pe

En este estudio se correlaciona los valores de aceleración obtenidos directamente de registros de aceleración y otros de derivar registros de velocidad. Para esto se utiliza los registros de 9 eventos sísmicos registrados simultáneamente por estaciones de aceleración y velocidad, todos con magnitudes entre 4.0 y 8.0. Los resultados indican que el factor de corrección entre los valores de aceleración obtenidos a partir de acelerogramas y los estimados por derivación desde registros de velocidad fluctúa entre 0.05 a 28 cm/seg², siendo mayores para sismos con magnitudes >5.0ML. Teniendo en cuenta dicho factor, los registros de velocidad son útiles para calcular aceleraciones pico.

INTRODUCCION

La gran actividad sísmica que se produce en el territorio peruano hace necesario buscar herramientas para analizar y evaluar el movimiento del suelo, que dependiendo de sus características, puede producir en superficie cambios en la geomorfología, daños en las estructuras y en las personas. El análisis y evaluación del movimiento del suelo es de enorme interés, tanto para la sismología como para ingeniería sísmica, ya que permite conocer las características físicas del movimiento al cual son sometidas las edificaciones durante un terremoto. El instrumental con el que se cuenta para el registro del movimiento del suelo, como parte de Red Sísmica Nacional, esta constituida por 32 sismómetros y 23 acelerómetros, los primeros proporcionan registros de velocidad y los segundos de la aceleración del suelo. Mientras que, la velocidad indica la variación de la posición de un cuerpo respecto al tiempo, la aceleración muestra la variación de dicha velocidad. Es importante tener en cuenta que los registros de aceleración, son predominantemente obtenidos en el campo cercano. El uso de herramientas matemáticas y la disponibilidad de información sísmica de gran calidad debido al bajo nivel de ruido y gran rango dinámico de registro, permite al usuario reconstruir registros de aceleración a partir de otros de velocidad y viceversa, lo cual permite realizar estudios en detalle del comportamiento del suelo ante los terremotos.

El objetivo de este estudio es analizar y evaluar, para un punto específico, el movimiento del suelo considerando registros de aceleración obtenidos con acelerómetros y los obtenidos al derivar otros de velocidad correspondiente a sismómetros de Banda Ancha pertenecientes a la red sísmica nacional a cargo del Instituto Geofísico del Perú. A fin de establecer un factor de corrección para los registros de velocidad llevados a aceleración, cuyos resultados permitirá contar con mayor información para determinar leyes de atenuación, calcular aceleraciones pico, mapas de iso-aceleración entre otros.

DATOS

Las diferencias en el tipo de movimiento a registrar en el campo cercano, con respecto al campo lejano, exigen lógicamente instrumentos de distintas características, fijadas principalmente por factores como: a) Intensidad de las vibraciones, b) Rango de frecuencias c) Períodos de retorno de los eventos d) Vibración del suelo (o de una estructura) que para un punto puede caracterizarse por la historia temporal del desplazamiento, velocidad y/o aceleración (movimientos intensos que se producen en el campo cercano) Aki K. (1984) y Madariaga R. (1977)

En este análisis se ha considerado 9 eventos sísmicos registrados de manera simultánea en acelerómetros y sismómetros en las estaciones de TAM-Cusco, MAY-Lima y ANC-Lima (IGP, 2010). Los acelerómetros

registran en un ancho de banda que fluctúa entre DC a 50Hz y los sismómetros entre 0.05Hz a 20 Hz para las estaciones MAY y ANC; y de 8.33mHz a 50Hz para la estación de TAM.

METODOLOGIA

El procedimiento de análisis es simple y se realiza en dos etapas: primero se procede a la corrección instrumental para disponer valores de aceleración en cm/seg^2 y velocidad en cm/seg . Segundo, se realiza las lecturas de los picos máximos de aceleración en los registros acelerométricos y en los de velocidad previamente derivados. La evaluación se complementa analizando las formas de onda y su respectiva correlación entre los registros obtenidos con ambos procedimientos.

En la Figura 1, se presenta el mapa con la distribución espacial de los epicentros de los sismos utilizados en este estudio con sus respectivos valores de magnitud.

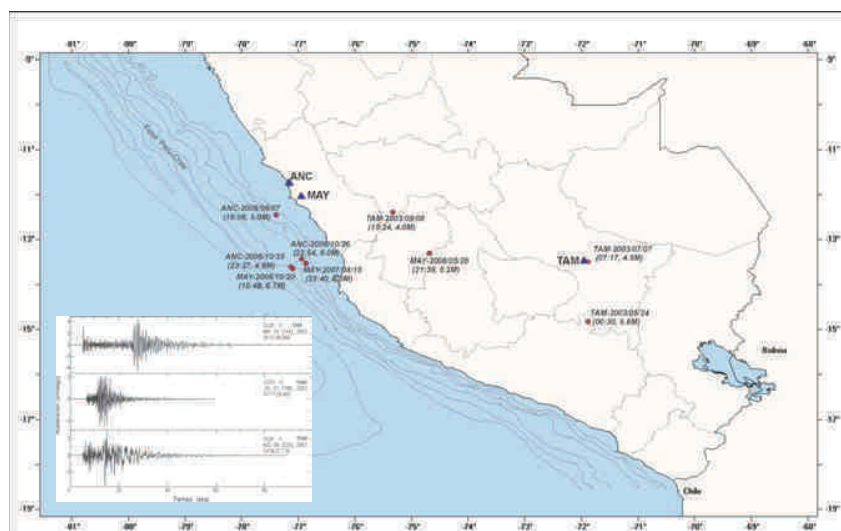
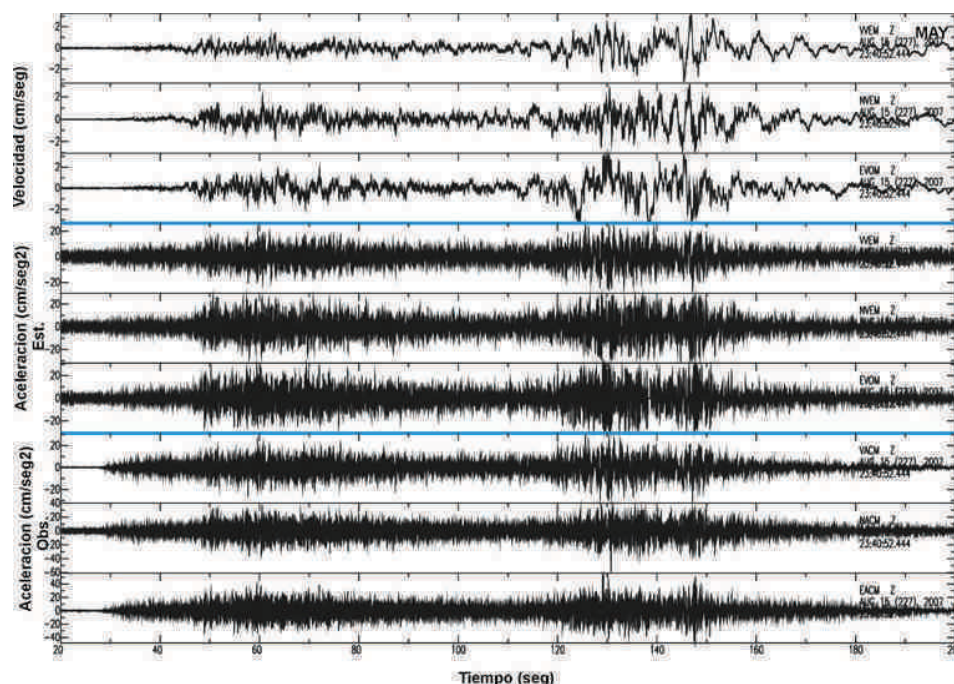


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de sismicas ANC, MAY y TAM (triángulos) y de los 9 eventos que fueron evaluados en este estudio (círculos). En el extremo inferior izquierdo de la figura se muestra un ejemplo de la calidad de registros utilizados.

Resultados

De acuerdo a las formas de ondas obtenidas para los 9 eventos, se observa que los registros de aceleración observados y estimados (derivados de registros de velocidad) presentan formas de onda muy similares entre si, tal como se observa en el ejemplo de la Figura 2, estando básicamente las diferencias en las amplitudes de los picos máximos tal como obtuvo Ávila y Valdés en 2009 al analizar registros de sismos ocurridos en México.

Figura 2. Registro sísmicos en velocidad, aceleración estimada (Est.) y observada (Obs.) en sus 3 componentes para el sismo ocurrido el 15/08/2007 (8.0M) y registrado en la estación MAY cuya distancia epicentro-estación es de 165km.



En la Tabla 1, se muestra los valores máximos de aceleración registrados (en sus tres componentes) para cada uno de los sismos considerados en este estudio. Los valores corresponden a los de aceleración observados y derivados desde registros de velocidad, y en ellos se observa diferencias que fluctúan entre $0.05 - 27.68 \text{ cm/sec}^2$, siendo mayor cuando los sismos presentan magnitudes mayores a 5.0 (ver Figura 3). Asimismo, se observa que las diferencias son aleatorias, pudiendo presentarse en una u otra componente de registro.

Finalmente, a fin de comparar los resultados y conocer los periodos de respuesta del punto donde opera el equipo sísmico, se ha procedido a elaborar espectros de respuesta utilizando los registros de aceleración observados y estimados (derivados) considerando un 5% de amortiguamiento. Este parámetro permite evaluar el comportamiento dinámico del suelo/estructura ante la ocurrencia de sismos de diversa magnitud. En la Figura 4 se ha sobrepuesto los registros de aceleración observados (color rojo) con los estimados por derivación (color azul) y en ellos se observa claramente la similitud de las formas de onda y las pequeñas diferencias en amplitud espectral para algunas frecuencias que trae consigo diferencias en los valores de los picos máximos de aceleración. La mayor diferencia en amplitud se presenta para el registro del sismo ocurrido el 07/07/2003 en su componente Vertical.

Tabla 2. Valores máximos de aceleración (A_{max}) observados y estimados para cada uno de los sismos seleccionados. Dist, indica la distancia epicentro-estación, Dif, indica la diferencia entre los valores máximos de aceleración obtenidos de los registros observados y estimados. V_{max} , es la velocidad máxima obtenida para cada sismo en sus tres componentes.

N°	Fecha	Hora	Dist.	Comp.	Amax (cm/seg ²)		Dif. cm/seg ²	Vmax m/seg
					Observados	Estimados		
1-TAM	2003/05/24	00:30	151	V	4.65	2.46	2.19	0.239
				NS	5.12	5.19	-0.07	0.421
				EO	4.86	5.38	-0.52	0.497
2-TAM	2003/07/07	07:17	1	V	2.66	1.43	1.23	0.118
				NS	2.36	2.53	-0.17	0.238
				EO	2.86	2.81	0.05	0.233
3-TAM	2003/08/08	15:24	380	V	3.55	1.85	1.7	0.240
				NS	3.44	3.76	-0.32	0.649
				EO	3.19	3.21	-0.02	0.374
N°	Fecha	Hora	Dist.	Comp.	Amax (cm/seg ²)		Dif. cm/seg ²	Vmax m/seg
					Observados	Estimados		
4-ANC	2006/10/25	23:27	203	V	0.84	0.76	0.08	0.034
				NS	1.61	1.45	0.16	0.065
				EO	1.89	1.63	0.26	0.063
5-ANC	2006/10/26	22:54	185	V	3.67	3.46	0.21	0.126
				NS	7.38	6.24	1.14	0.250
				EO	7.18	6.74	0.44	0.261
6-ANC	2008/06/07	13:06	80	V	17.24	14.02	3.22	0.176
				NS	22.46	17.43	5.03	0.344
				EO	27.38	18.75	8.63	0.338
N°	Fecha	Hora	Dist.	Comp.	Amax (cm/seg ²)		Dif. cm/seg ²	Vmax m/seg
					Observados	Estimados		
7-MAY	2006/10/20	10:48	178	V	11.63	10.88	0.75	0.535
				NS	16.06	13.86	2.2	0.690
				EO	15.11	13.78	1.33	0.775
8-MAY	2007/08/15	23:40	165	V	30.40	26.89	3.51	3.132
				NS	57.94	30.26	27.68	3.044
				EO	53.35	29.03	24.32	3.127
9-MAY	2008/05/28	21:39	280	V	2.01	2.79	-0.78	0.109
				NS	6.23	3.59	2.64	0.166
				EO	7.54	3.44	4.1	0.157

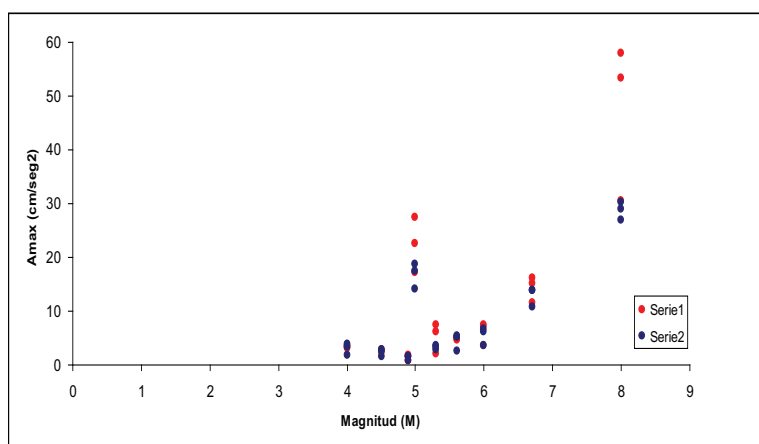


Figura 3. Correlación entre la magnitud de los sismos y los valores máximos de aceleración observados (círculos rojos) y estimados (círculos azules).

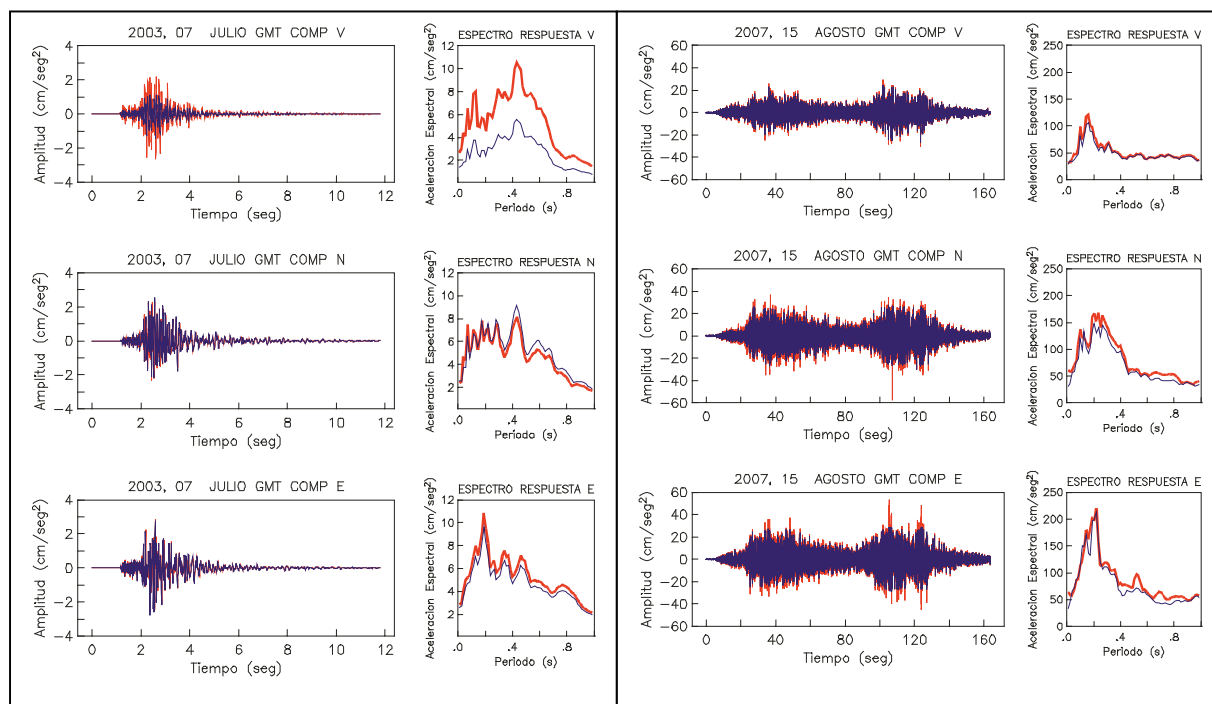


Figura 4. Registros sísmicos y espectros de respuesta en sus tres componentes para los sismos ocurridos el 07/07/2003 (4.5M), registrado en la estación de TAM (izquierda) y el 15/08/2007 (8.0M), registrado en la estación de MAY (derecha): registros observados en azul y estimados por derivación en rojo.

CONCLUSIONES

El factor de corrección entre los valores de aceleración obtenidos a partir de acelerogramas y los estimados por derivación desde registros de velocidad para un total de 9 sismos registrados de manera simultánea en un mismo punto por acelerómetros y sismómetros, fluctúa entre 0.05 a 28 cm/seg², siendo mayores para sismos con magnitudes >5.0ML. Teniendo en cuenta dicho factor los registros de velocidad son útiles para calcular aceleraciones pico, determinar leyes de atenuación, mapas de iso-aceleración y/o realizar análisis espectrales. Sin embargo, es necesario analizar un mayor número de registros sísmicos.

REFERENCIAS

- Aki, K. (1984): Asperities, barriers, characteristic earthquakes and strong ground motion prediction, .1. *Geophys. Res.* 89, 5867-5872.
- IGP (2010). Banco Nacional de Datos Sísmicos del Instituto Geofísico del Perú.
- Ávila Barrientos, L. y Valdés-González, C. (2009). La red sísmológica de banda ancha del servicio sísmológico nacional y su uso para la determinación de aceleraciones de sismos fuertes. XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica Puebla, Puebla, 2009 1-14pp.
- Madariaga, R. (1977). High frequency radiation from crack (stress drop) models of earthquake faulting, *Geophys. J. 11*, *Astron. Soc. SI*, 625.