

## Algunas Notas sobre las Aceleraciones Máximas producidas por el Terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001

Hernando Tavera y Henry Salas  
Centro Nacional de Datos Geofísicos

### Resumen

*En este trabajo se analiza los valores de aceleración máxima registrada por tres estaciones acelerográficas debido a la ocurrencia del terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001 ( $M_w=8.2$ ). MOQ (Moquegua), JAB (Jabonillos, Huancavelica) y CAM (Camacho, Lima) En términos de aceleración neta, la registrada en MOQ es 30 veces mayor que la de JAB y a su vez, 61 veces mayor que la registrada en CAM. Las estaciones de JAB y CAM se ubican en dirección opuesta a la de MOQ y a distancias mayores en 95 y 232 km con relación a la ubicación del epicentro del terremoto. Las diferencias en los valores de aceleración sugieren que la mayor cantidad de energía liberada por el terremoto se ha propagado en dirección de la estación MOQ, siendo estas apreciaciones coherentes con la geometría de la superficie de ruptura y con las áreas que soportaron mayor daño en superficie*

### Abstract

*In this study, we analyze the maximum acceleration values recorded by three strong-motion stations as a consequence of the June 23, 2001 Arequipa earthquake: ( $M_w=8.2$ ); MOQ (Moquegua), JAB (Jabonillos, Huancavelica) and CAM (Camacho, Lima). In terms of net acceleration, the one recorded by MOQ is 30 times larger than the one recorded by JAB and 61 times larger than that recorded by CAM. The JAB and CAM stations are located in a direction opposite that of the MOQ station and at distances greater than 95 and 232 km with respect to the location of the earthquake epicenter. The differences in the acceleration values suggest that the largest amount of energy released by the earthquake has propagated in the direction of the MOQ station, this concept being in agreement with the geometry of the rupture surface and the areas that sustained the worst damage on the ground.*

### Introducción

El terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001 ( $M_w=8.2$ ) ocurre a 82 km al NW de la localidad de Ocoña en el departamento de Arequipa. Este terremoto produce daños importantes en las viviendas y/o estructuras de ciudades y localidades de los departamentos de Arequipa, Ayacucho, Moquegua y Tacna. Según los informes de Defensa Civil, el daño mayor se presenta en la ciudad de Moquegua, la misma que se caracteriza por presentar viviendas muy antiguas y muchas de ellas de material precario. Asimismo, se debe indicar que la mayoría de ciudades y localidades que se distribuyen a lo largo de la costa de Perú, han sido construidas sobre terrenos sedimentarios, de ahí que estas presenten mayores daños debido a las altas aceleraciones que pueden generar los sismos de magnitud elevada.

En el este estudio se analiza las aceleraciones máximas registradas y espectros del terremoto de Arequipa en las estaciones acelerográficas instaladas en Moquegua (Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, CISMID), Jabonillos (Huancavelica) y Camacho (CAM), todas ubicadas a distancias desde el epicentro de 329 km, 424 km y 561 km respectivamente. El objetivo es cuantificar los niveles de aceleración máxima observada en las estaciones antes mencionadas a fin de explicar su posible relación con las características del proceso de ruptura del terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001.

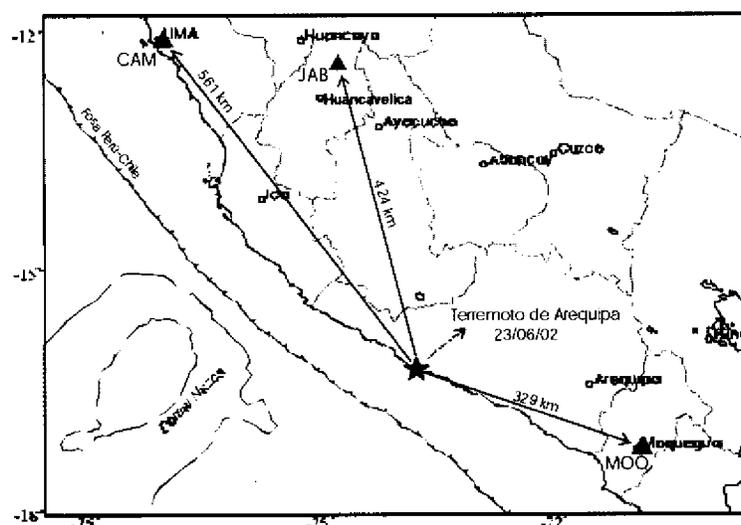


Figura 1. Ubicación de las estaciones acelerográficas y del epicentro del terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001

## Datos

Los datos utilizados en el presente análisis corresponden a los extraídos de las estaciones acelerográficas de Camacho (CAM) y Jabonillos (JAB), ambas a cargo del Instituto Geofísico del Perú y MOQ del CISMID. La primera estación corresponde a un acelerógrafo de tipo Kinometrics SSA-2 con sensibilidad de registro de 0.25g y ubicada a una distancia de 561 km en dirección NW con relación al epicentro del terremoto (CAM). Esta estación acelerográfica presenta registro en sus tres componentes (Z, NS, EW); sin embargo, debido a la distancia epicentro-estación el sistema de registro se activó con la llegada de la onda S. La segunda estación acelerográfica es del tipo Guralp-5T con una sensibilidad de 0.1g y ubicada a una distancia de 424 km en

dirección NNW con respecto al epicentro del terremoto de Arequipa (JAB). Esta estación ha registrado el total de la señal sísmica en sus tres componentes. La estación de MOQ se ubica a una distancia de 329 km en dirección SE y su registro fue proporcionado por el CISMID a través de internet. En la Figura 1 se presenta la ubicación de las estaciones acelerográficas indicadas anteriormente.

### **Aceleraciones Máximas**

En la Figura 2 se muestra los registros de aceleración del terremoto de Arequipa en las estaciones de MOQ, JAB y CAM. En la estación MOQ (Figura 2a), la más cercana al epicentro del terremoto de Arequipa (329 km), las aceleraciones máximas en la componente vertical fueron de  $106 \text{ cm/s}^2$ , en la componente NS de  $220 \text{ cm/s}^2$  y en la componente EW de  $295 \text{ cm/s}^2$ . La *aceleración neta*; es decir, la raíz cuadrada de la suma de las componentes horizontales al cuadrado dividido por dos, producida por el terremoto en la estación MOQ fue de  $184 \text{ cm/s}^2$ . Este nivel de aceleración es proporcional al grado de intensidad máxima observado en la ciudad de Moquegua ( $I_{\text{max}}=\text{VII-VIII MM}$ ).

La estación de JAB ubicada a 424 km en dirección NNW con respecto al epicentro del terremoto de Arequipa (Figura 2b), presenta aceleraciones máximas de  $3.1 \text{ cm/s}^2$  en la componente vertical,  $6.0 \text{ cm/s}^2$  en la componente N-S y de  $11 \text{ cm/s}^2$  en la componente E-W. En este caso, la *aceleración neta* es del orden de  $6.2 \text{ cm/s}^2$ , siendo este valor coherente con el nivel de intensidad máxima observada en el extremo norte del departamento de Huancavelica ( $I_{\text{máx}}= \text{II-III en MM}$ ).

En la estación de CAM, ubicada a 561 km del epicentro en dirección NW (Figura 2c), las aceleraciones máximas fluctúan entre  $3.4$  a  $4.6 \text{ cm/s}^2$ , siendo mayor la aceleración en la componente N-S. La *aceleración neta* es de  $3.1 \text{ cm/s}^2$  proporcional al nivel de intensidad observado en la ciudad de Lima ( $I_{\text{máx}}= \text{II en Mercalli Modificada}$ ).

En la Tabla 1 se presenta el resumen de los valores de aceleración máxima registrados en las estaciones de MOQ, JAB y CAM. Según esos valores, la aceleración máxima registrada en la estación de MOQ es 27 veces mayor que la de JAB y 74 veces mayor que la de CAM. Por otro lado, si se considera que las estaciones de MOQ y

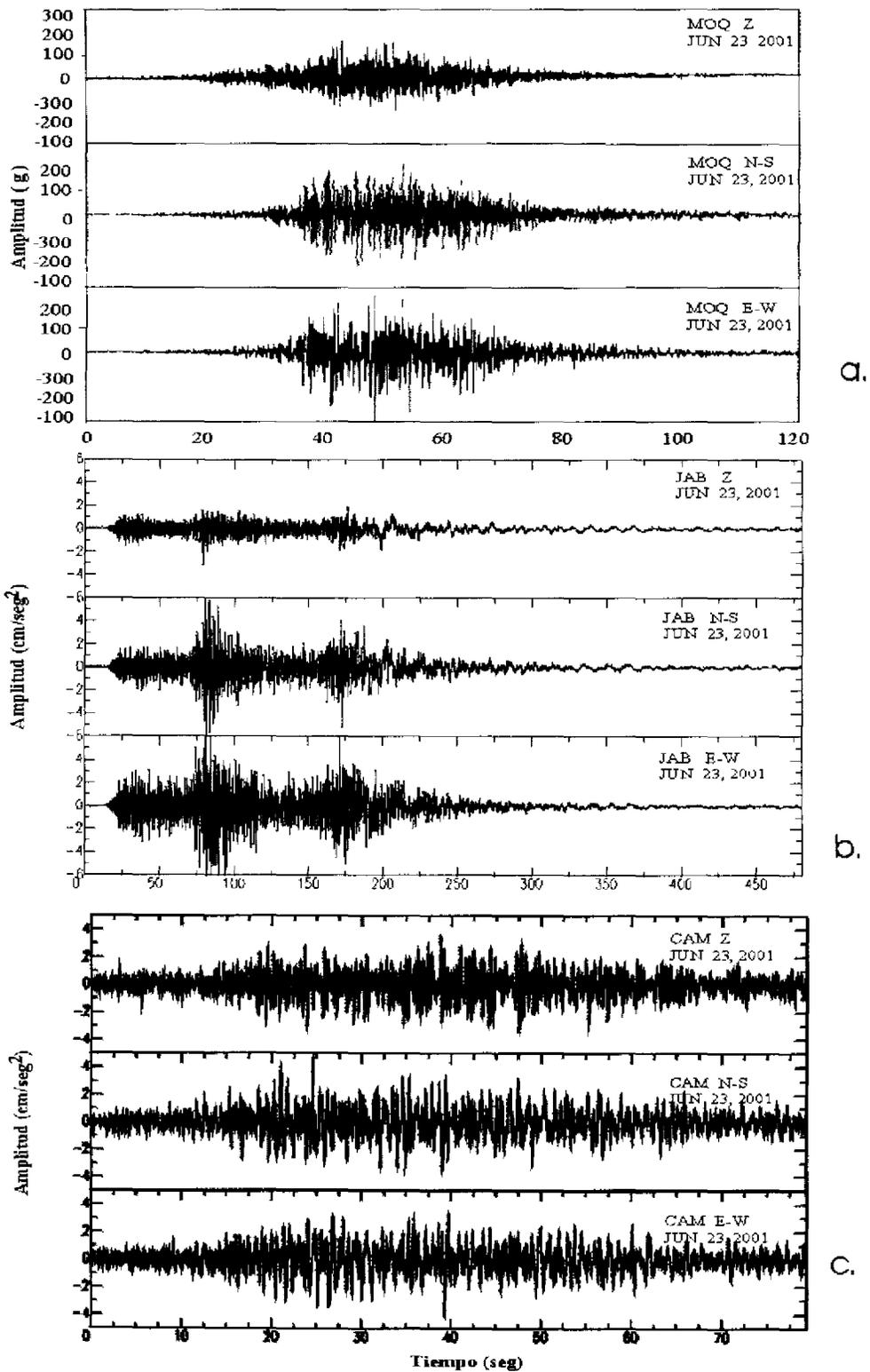


Figura 2. Registros de aceleración del terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001 en las estaciones de MOQ (CISMID), JAB y CAM (IGP) Los registros de la estación CAM corresponden a la fase S

CAM, además de MOQ y JAB se ubican en ambos extremos del epicentro del terremoto de Arequipa con una diferencia en distancia epicentro-estación de 232 km y 95 km, los valores de aceleración deberían ser próximos entre sí. Sin embargo, si no se considera los efectos locales del suelo, la elevada aceleración observada en MOQ indicaría que la mayor cantidad de energía liberada por el terremoto de Arequipa se habría irradiado dirección SE, siendo esta característica coherente con la geometría del área de ruptura y con las intensidades máximas observadas en toda la región Sur de Perú.

**Tabla 1**

*Aceleraciones máximas registradas durante el terremoto de Arequipa*

Estación	Comp. Z (cm/s <sup>2</sup> )	Comp. NS (cm/s <sup>2</sup> )	Comp. EW (cm/s <sup>2</sup> )	Acel. Neta (cm/s <sup>2</sup> )	Distancia Epi-esta
MOQ	160.6	220.0	295.3	184.1	329 km
JAB	3.1	6.0	11.0	6.2	424 km
CAM	3.4	4.6	4.1	3.1	561 km

### **Frecuencias Predominantes**

En la Figura 3a se observa que las amplitudes máximas en la estación JAB han sido registradas en la componente EW en una proporción de 3.5 mayor que en la componente vertical. En esta estación el rango de frecuencias varía entre 0.8 a 4 Hz, con picos máximos entre 1-2 Hz. En el caso de la estación CAM (Figura 3b), las amplitudes máximas en las tres componentes son similares; mientras que, el rango de frecuencias predominantes se encuentra entre 0.6 a 5 Hz con picos máximos a 1-2 Hz.

### **Discusión**

Durante la ocurrencia del terremoto de Arequipa, la única estación acelerográfica cercana al epicentro y al área de mayor daño fue la de MOQ (CISMID), habiéndose registrado en ella aceleraciones máximas de 295.3 cm/s<sup>2</sup> en la componente EW y una aceleración neta de 184.1 cm/s<sup>2</sup>. En estaciones ubicadas en dirección opuesta a MOQ, tal como JAB y CAM con diferencias en distancia-epicentro de 95 y 232 km, se observa que la aceleración neta en la estación de MOQ es 30 y 61 veces mayor. Estas diferencias en aceleración sugieren que la mayor cantidad de energía se habría irradiado en dirección de la estación MOQ coincidiendo con la distribución temporal de las réplicas y con las áreas de mayor daño.

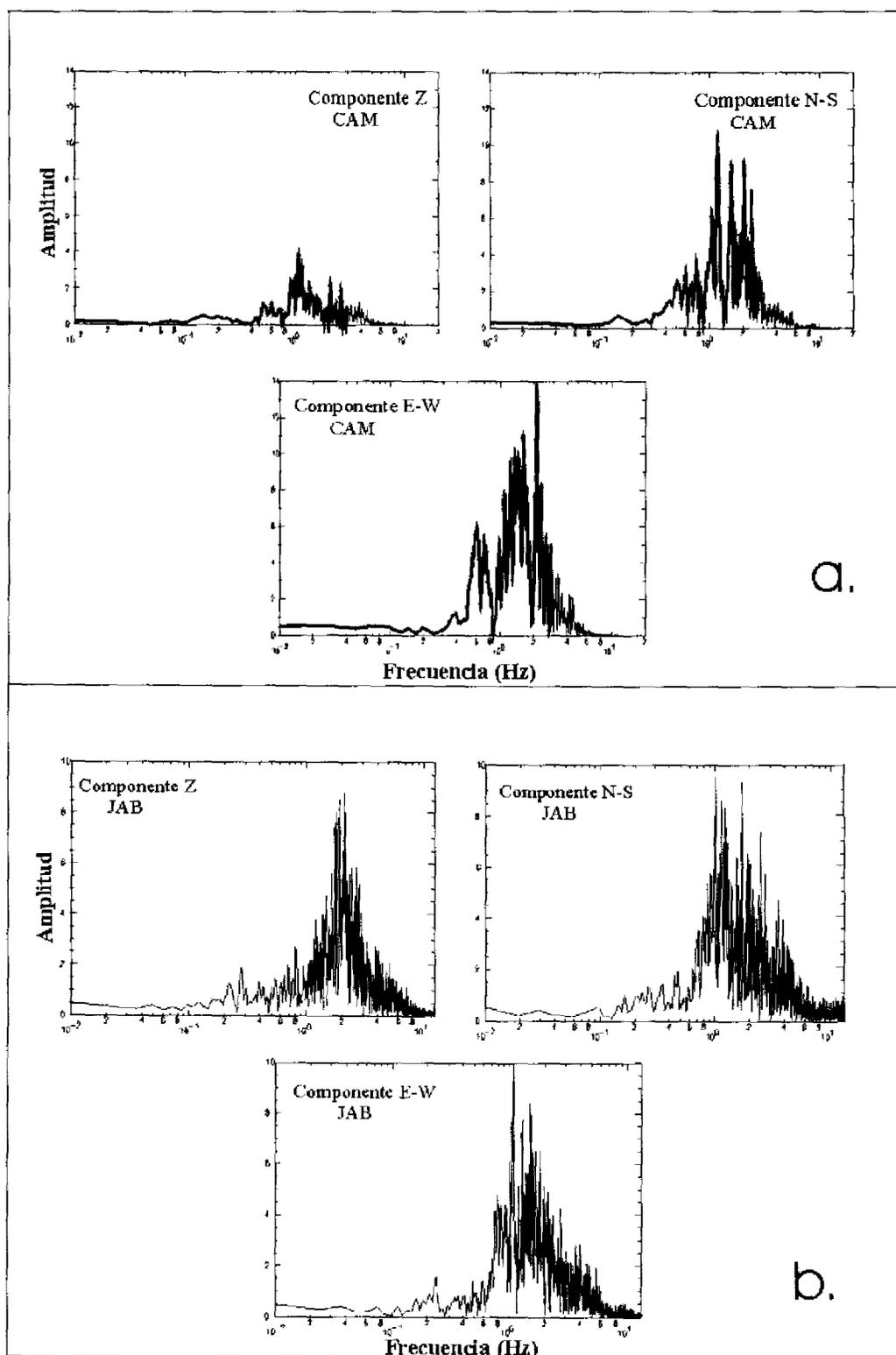


Figura 3. Frecuencias predominantes en las estaciones de JAB y CAM debidas al terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001