

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO GEOFÍSICO DEL CERRO PUCRUCHACRA EN EL DISTRITO DE SAN MATEO

Eliana Vizcarra, Bertrand Guillier, Hernando Tavera, Isabel Bernal

eizcarra@igp.gob.pe, hernando.tavera@igp.gob.pe, isabel.bernal@igp.gob.pe

RESUMEN

La ladera del cerro Pucruachaca aledaña al pueblo de San Mateo, es propensa a movimientos en masa (deslizamientos y reptación de suelos), afectando la seguridad física de los habitantes de la zona e interrumpiendo el tránsito vehicular y por ende, la comunicación. En el presente estudio se analiza y evalúa el comportamiento dinámico del suelo a través de la aplicación de 3 técnicas geofísicas. La primera considera el método de Nakamura (H/V) a fin de determinar la frecuencia predominante del suelo; la segunda técnica, el método MASW para conocer la distribución vertical de las velocidades de las ondas de corte (Vs) del suelo y la tercera, el método de espectros de amplitud a fin de evaluar la cantidad de energía inducida a la estructura y el efecto que se genera en esta. Los resultados muestran que la capa sedimentaria no consolidada (suelo coluvial) presenta espesores variables entre 18 y 25 metros en toda el área y define un volumen de material susceptible a algún tipo de deslizamiento de 1.5 millones de metros cúbicos. En el área de estudio existen elementos detonadores naturales (sismos y lluvias) y antrópicos (regadíos) que facilitarían el desarrollo de cualquiera de estos procesos dinámicos.

INTRODUCCIÓN

La ladera del cerro Pucruachaca se encuentra ubicada en el flanco derecho del valle del Río Rímac, distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima (Figura 1). Limita por el norte con los distritos de Carampoma y Chicla, y por el oeste con Matucana.

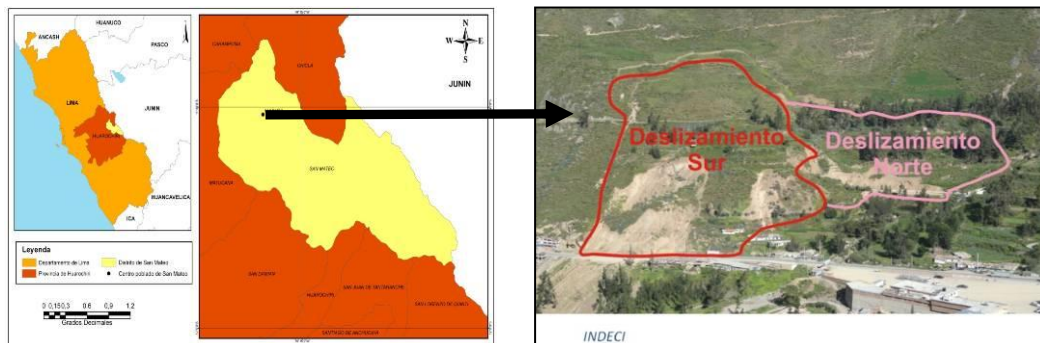


Figura 1.- Ubicación del Cerro Pucruachaca en el Distrito de San Mateo.

En los últimos años, en la ladera del Cerro Pucruachaca se han producido procesos dinámicos como deslizamientos a poca escala y la aparición de grietas de diferente longitud y orientación, todos puestos en evidencia y reportados en informes técnicos de INDECI, INGEMMET, SVS INGENIEROS y del Gobierno Regional de Lima. Durante el periodo de lluvias del año 2011 (Enero-Marzo) se incrementaron las grietas en superficie hasta producirse en agosto del mismo año, el deslizamiento del extremo inferior de la zona sur de la ladera provocando el bloqueo de la Carretera Central y el inicio de acciones preventivas. El análisis de la estabilidad y las características de las grietas indican que la ladera, en la zona norte, estaría en estabilidad precaria y podría colapsar. A pesar de haberse realizado distintos tipos de estudios, aun no se ha definido la geometría y volumen de la masa propicia a deslizarse (suelo coluvial). El presente estudio tiene como propósito analizar y evaluar el comportamiento geodinámico de la ladera aplicando métodos geofísicos como el de Nakamura (H/V), el método MASW (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales) y el de espectros de amplitud a fin de identificar el espesor y las propiedades físicas de la capa deslizante (suelo coluvial), así como las posibles zonas donde podría producirse el deslizamiento teniendo como factor detonante algún evento sísmico cercano a la zona de estudio.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Las diferentes técnicas geofísicas empleadas en este estudio son:

MÉTODO DE NAKAMURA (H/V):

Esta técnica, permite determinar la frecuencia predominante del suelo de manera puntual considerando como hipótesis de base, que las vibraciones ambientales (VA) se deben principalmente a la excitación de las ondas superficiales tipo Rayleigh en las capas superficiales debidas a la actividad humana y medio natural. La información recolectada y su interpretación, definen la frecuencia predominante del suelo y por ende, su periodo natural de vibración, parámetro que permite inferir el espesor del sedimento y su comportamiento dinámico ante la ocurrencia de un evento sísmico y/o fuerzas dinámicas. La distribución espacial de H/V permitió diferenciar la presencia de cuatro áreas en donde las frecuencias presentan valores homogéneos (Figura 2) y definen diferentes rangos de frecuencias que sugieren diferentes espesores para la capa sedimentaria, mayor en el Area-2 (entre 4.0 y 6.0 Hz.) y menor en el Area-1 (entre 5.0 y 7.0 Hz.). En el Area-3 (entre 6.0 y 4.0 Hz.), la capa presentaría espesores menores con la posible presencia de afloramientos rocosos; mientras que, en el Area-4 (entre 2.0 y 4.0 Hz.), el espesor del sedimento sería mucho mayor que en las otras áreas.

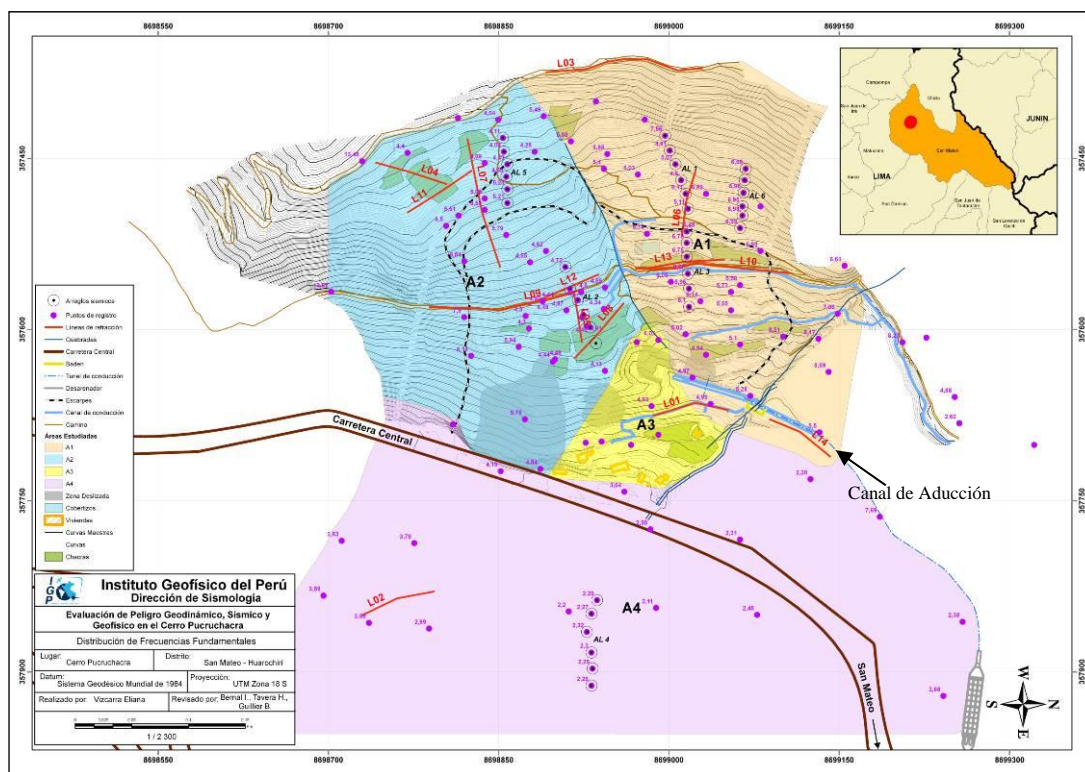


Figura 2. Mapa del área de estudio y distribución de frecuencias predominantes de los puntos H/V, líneas de MASW 1-D (L01...L14) y arreglos sísmicos lineales construidos para la toma de datos de vibración ambiental.

MÉTODO DE ESPECTROS DE AMPLITUD:

El análisis de los espectros de amplitud permite evaluar la cantidad de energía inducida a la estructura geológica y el efecto que se genera teniendo en cuenta la amplificación de ondas. Se pretende determinar las zonas en las cuales se producirían posibles efectos topográficos. Para el análisis y discusión se considera tres arreglos para el Área A-1, dos para el Área A-2 y uno para el Área A-4 (Figura 2):

Área A1: Arreglos lineales AL1, AL3 y AL6. Los resultados sugieren que no existen efectos de amplificación de ondas debidas a la topografía.

Área A2: Arreglos lineales AL2 y AL5. Solo en el arreglo AL5 se identifica picos a frecuencias entre 3.5 a 4.3 Hz, con amplificaciones mayores en la componente EO.

Área A3: En esta área no se realizaron arreglos por problemas de acceso y pendiente.

Área A4: Arreglo lineal AL4 no se observa amplificaciones por efectos topográficos.

Los resultados evidencian que sobre toda la ladera del Cerro Pucruchacra no existen efectos topográficos. Una excepción lo constituye la zona ubicada en la cabecera del Área A2, la cual indicaría que ante la ocurrencia de sismos se podría experimentar efectos de resonancia que facilitarían el desarrollo de cualquier proceso dinámico sobre las capas superficiales.

MÉTODO MASW (ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES):

La técnica MASW (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales) permite conocer el perfil de velocidad de las ondas de corte (Vs) en el subsuelo en base a la propiedad de dispersión de las ondas superficiales (velocidad de fase). Luego, a través de un proceso de inversión no lineal, se obtiene el perfil teórico que se ajuste a la curva de dispersión experimental. Para el análisis de los resultados se considera la clasificación que la Norma E030 establece para las velocidades de las ondas de corte (Vs). El análisis de la información se realiza por áreas y los resultados se detallan en la Tabla 1:

Perfil	Estratos	Vs	Espesores	Norma E030
L01	1	300	4	suelos duros
	2	400	14	suelos muy duros o rocas blandas
	3	800	∞	rocas moderadamente duras
L02	1	310	7	suelos duros
	2	400	16	suelos muy duros
	3	800	∞	suelos duros o roca blanda
L03	1	320	12	suelos duros
	2	800	∞	rocas moderadamente duras
L04	1	220	8	suelos blandos-duros
	2	440	12	suelos muy duros
	3	800	∞	suelos muy duros o rocas blandas
L05	1	210	8	suelos blandos-duros
	2	380	12	suelos muy duros
	3	700	∞	suelos muy duros
L06	1	300	10	suelos duros
	2	700	∞	suelos muy duros
L07	1	370	4	suelos duros
	2	390	8	suelos muy duros
	3	800	∞	suelos duros o rocas blandas
L08	1	250	8	suelos blandos-duros
	2	490	18	suelos muy duros
	3	800	∞	suelos muy duros

Perfil	Estratos	Vs	Espesores	Norma E030
L09	1	300	6	suelos duros
	2	400	12	suelos duros
	3	750	∞	suelos muy duros o rocas blandas
L10	1	200	6	suelos blandos
	2	300	4	suelos duros
	3	800	∞	rocas moderadamente duras
L11	1	220	4	suelos blandos-duros
	2	340	12	suelos muy duros
L12	3	800	∞	suelos muy duros o rocas blandas
	1	300	10	suelos duros
	2	400	12	suelos duros
L13	3	750	∞	suelos muy duros o rocas blandas
	1	200	6	suelos blandos
	2	320	4	suelos duros
L14	3	800	∞	rocas moderadamente duras
	1	340	8	suelos duros
	2	500	18	suelos muy duros o rocas blandas
	3	900	∞	rocas moderadamente duras

Tabla 1. Tabla de Velocidades para las Líneas de MASW

Posteriormente, se construye un modelo 3D para la profundidad de las capas superficiales no consolidadas aplicando el procedimiento de inversión de frecuencias predominantes (H/V) y velocidades Vs (MASW). El resultado permite disponer del mapa de iso-espesores presentado en la Figura 3. Siguiendo la clasificación por áreas definida anteriormente (Figura 2), se tiene los siguientes resultados:

Área 1 (extremo superior, Zona Norte ver Figura 1). Los espesores de la capa superficial varían entre 10 y 14 metros, llegándose a incrementar hasta 20 metros conforme se tiene hacia el Canal de Aducción (ver Figura 3).

Área 2 (extremo superior, Zona Sur ver Figura 1). El espesor de la capa sedimentaria varía entre 14 y 26 metros.

Área 3 (extremo inferior entre las Zonas Norte y Sur ver Figura 1). El espesor de la capa sedimentaria es mínima.

Área 4 (parte baja del área de estudio, por debajo de la Carretera Central). El espesor de la capa sedimentaria varía entre 25 a 50 metros.

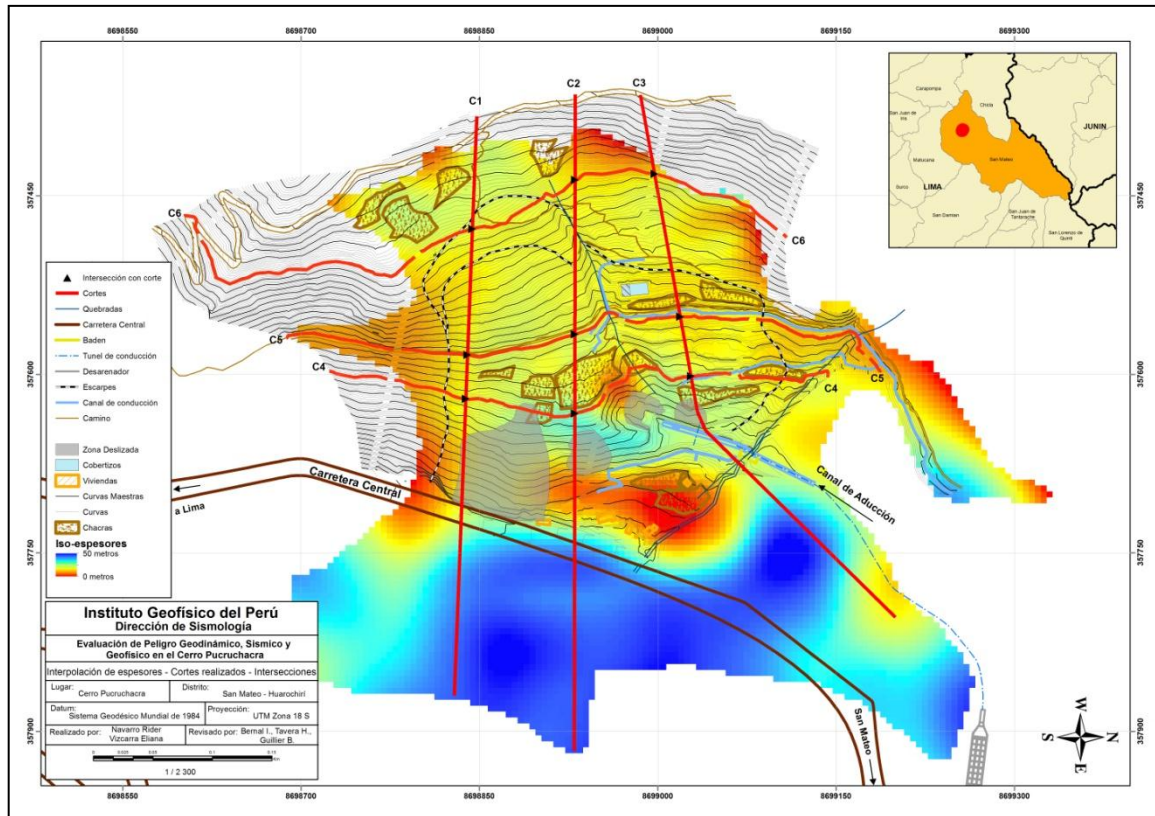


Figura 3. Mapa de iso-espesores de las diferentes capas sedimentarias presentes en el Cerro de Pucruachaca. Las líneas rojas indican la orientación de los cortes topográficos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- La evaluación sísmica y geofísica realizada en la ladera del Cerro Pucruachaca ha permitido estimar para la capa sedimentaria no consolidada espesores variables entre 18 y 25 metros, definiendo un volumen de material susceptible a algún tipo de deslizamiento (movimiento en masa) de 1.5 millones de metros cúbicos.
- El área de estudio puede ser afectada por elementos detonadores naturales (sismos y lluvias) y antrópicos (regadíos), los cuales podrían generar inestabilidad de los suelos en la ladera del Cerro Pucruachaca. En este escenario la gravedad contribuye a acelerar cualquier proceso de deslizamiento.
- Es necesario tomar las medidas de mitigación bajo la premisa de que el deslizamiento de 50 mil o 28 mil metros cúbicos es muy probable.

REFERENCIAS

1. Nakamura Y., (1989), A Method for Dynamic Characteristic Estimation of surface Using Microtremor on the Ground Surface. QR of R. T. R., 30-1.
2. Nakamura Y., et al (1994), Characteristics of Ground Motion and Structures Around the Damaged area of the Northridge Earthquake by Microtremor Measurement. (preliminary report ver.2). Rail Technical Research Institute, Tokyo. 1994.
3. Norma Técnica de Edificación E-030, Diseño sismoresistente, (2003), Reglamento Nacional de Construcciones en el Perú vigente.
4. Núñez S. y Gómez D., (2011), Deslizamiento de tierras en el Cerro de Pucruachaca. Informe Técnico N° A6575. INGEMMET.
5. Sociedad Minera Corona S.A.C., (2011), Estudio Geotécnico de la Ladera Pucruachaca. Informe Final. Proyecto N°:1-C-116-009. S.V.S.-Ingenieros S.A.C. 85 pp.
6. IGP, (2012), Evaluación del Peligro Geodinámico, Sísmico y Geofísico en el Cerro Pucruachaca.