

“Enseñanza de la ingeniería y la sismicidad en sitios desprotegidos”

Dr. Arnaldo Carrillo Gil

Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería,
Instituto de Investigación, Lima, Perú

RESUMEN

La investigación desarrollada describe la experiencia peruana que propone un cambio en la currícula de la carrera de Ingeniería Civil, específicamente en la enseñanza-aprendizaje de la Ingeniería Geotécnica mediante el desarrollo de talleres de investigación en el campo y seminarios con los estudiantes de los cursos de Ingeniería de Cimentaciones y Diseño Geotécnico, en adición a las clases teóricas. La experiencia estuvo basada en resaltar el Diseño Geotécnico y la practica efectiva de campo, desarrollo de grupos de trabajo, mantenimiento organizacional y habilidades de comunicación oral y escrita; enfocando esto en la aplicación de la Ingeniería Geotécnica en la prevención sísmica y el riesgo geotécnico. Esta experiencia fue llevada a cabo en los barrios populares de Lima Metropolitana, donde el efecto de un terremoto con magnitud 8.7 (Mw) o mayor originaria considerables pérdidas humanas y económicas. Este artículo resume algunas investigaciones efectuadas por los estudiantes en los lugares visitados, los cuales muestran cimentaciones precarias, la mayoría de estas construidas sin alguna asistencia técnica o de expertos, y están apoyadas sobre suelos granulares sueltos, rellenos no compactados y materiales geotécnicos blandos. Finalmente se comenta la investigación en progreso sobre cimentaciones apoyadas sobre materiales sueltos conformados por rocas del lugar.

Palabras clave: Enseñanza-aprendizaje, sismicidad, geotecnia.

ABSTRACT

This paper describes the Peruvian experience which proposed a change on the curricula of the career of Civil Engineering at the Ricardo Palma University of Lima, Peru; and specifically on the teaching-learning of the Geotechnical Engineering by the development of field survey workshops and seminars with the students of the courses of Engineering Foundations and Geotechnical Design, in addition to the theoretical classes. The experience was based on the highlighting of the Geotechnical Design and effective field practice, workgroups development, organizational maintenance and oral and written communication skills; and it focuses on the application of the Geotechnical Engineering in the seismic prevention and geotechnical risk. This experience was carried out on the popular human settlements of Metropolitan Lima, where the effects of an earthquake with Magnitude 8.7 (Mw) or higher, would originate a very considerable amount of human and economic losses. This paper summarizes some important surveys accomplished by the students on the visited places, which show precarious foundations, most of them built without any technical or expert advice on loose granular soils, not compacted landfills and soft geotechnical materials. Finally, this paper discusses the on-going research about these precarious on loose materials made of original rocks from the site.

Keywords: Teaching and learning, seismicity, geotechnics.

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

En muchos estudios y lugares se trata de correlacionar la educación y la práctica profesional dentro de los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje de la geotecnia. Ha quedado comprobado que el éxito de cambio de un programa académico con respecto a los métodos tradicionales necesita de una definición para lograr sus objetivos. De no ocurrir estas circunstancias, en muchos casos se presentan fracasos o metodologías aplicadas a medias sin los resultados esperados que desalientan a los que los impulsan. La experiencia peruana que data desde su implementación hace 15 años en dos universidades del Perú, y ha tenido la ventaja de ir acrecentándose, mejorando y perfeccionando, lográndose finalmente el éxito esperado.

El programa se inició con el curso de Cimentaciones donde después de mencionar algunos tópicos generales sobre capacidad portante y cálculo de asentamientos, ya conocidos en los cursos básicos, se continúa en cada sesión de clase con un análisis de caso acerca de problemas de cimentaciones sobre arenas sueltas, arcillas expansivas, suelos colapsibles, suelos licuables por sismo, suelos tropicales y suelos granulares gruesos; todos ellos como materiales geotécnicos que existen en el Perú y que los estudiantes en alguna oportunidad de su vida profesional tendrán que resolver. Durante las clases se hace una introducción conceptual, se describe un mecanismo de falla, se muestran y analizan los daños ocurridos con sus causas, para finalmente llegar a conclusiones que darán las soluciones que son aplicadas a casos ocurridos en el país. Luego, se invita a los estudiantes a proponer otras soluciones que en muchos casos puedan mejorar o superar a las planteadas en clase. El autor ha encontrado casos que ahora se utilizan como nuevas soluciones pues han dado origen a un aporte importante en la práctica profesional.

Adicionalmente, durante el semestre se forman grupos de estudiantes que efectúan trabajos de campo que incluyen ensayos de penetración, obtención de muestras con barrenos manuales a poca profundidad, para luego en laboratorio identificarlas y establecer sus parámetros geotécnicos que permitan determinar presión admisible y deformaciones posibles que puedan presentarse. De todo esto, al final preparan un informe al que acompañan videos y fotografías además de algún documento importante que hayan encontrado durante el proceso de investigación. Este es el procedimiento, que venimos empleando actualmente, que tiene que ver con el riesgo sísmico y geotécnico en que se encuentran algunos asentamientos humanos alrededor de la ciudad de Lima, esto es, combinamos la teoría con la práctica además la proyección social y la asistencia técnica a los pobladores de las zonas desprotegidas.

2. ADAPTACION AL CAMBIO

La educación es un proceso donde existe interacción entre varias personas con diversos intereses y expectativas que hacen que actualmente el proceso de aprendizaje requiera de la comunicación activa y participación en la práctica ingenieril más que el de adquisición cruda de conocimientos. En el aprendizaje, tanto el profesor como el alumno deben encontrarse en un estado de interacción continua, enlazando la teoría con la práctica en el campo. Esta fue la premisa que nos llevó a efectuar cambios en los métodos tradicionales de enseñanza de la ingeniería geotécnica en la Universidad Ricardo Palma de Lima, Perú (Figura 2.1).

Con muchos años de experiencia en labores académicas y de investigación así como de ejercicio profesional el autor llegó a la conclusión que mientras los estudiantes entiendan claramente las aplicaciones de las teorías y métodos de la Geotecnia por la exposición de análisis de casos y participen en los proyectos de ingeniería aplicando esos conceptos, el aprendizaje de esta disciplina de la Ingeniería Civil es mucho mas efectiva que los temas teóricos, muchas veces abstractos o sin aplicación inmediata en el ejercicio de la profesión,. En este caso se complementa con casos reales posibles de resolver estimulándose la búsqueda de información en Internet, adquiriendo además la experiencia de un profesor experto que se encuentra en actividad profesional y forma parte de equipos profesionales que resuelven los principales proyectos que se desarrollan en la actividad profesional del estado y privada (Carrillo, 1987).



Figura 2.1: Actividad continua de profesor y estudiantes en el análisis de casos reales

3. SISMICIDAD EN EL AREA DE ESTUDIO

La sismicidad en el Perú se debe a eventos producidos por la subducción interplaca como resultado de la ruptura de la zona de contacto de la placa de Nazca y la placa Sudamericana o Continental suprayacente y eventos intraplaca que ocurren dentro de las dos placas (Figura 3.1) De los cálculos determinísticos, el evento máximo creíble mas crítico parece estar asociado con los eventos de subducción de la interplaca los cuales tienen un intervalo de recurrencia de cerca de una centuria. El Perú esta propenso a sufrir un evento de este tipo en un futuro cercano que podría tener una magnitud comprendida en el rango de 8.0 Mw a 9.0Mw y una aceleración horizontal pico en el rango de 0.15g hasta algo mas de 0.45g. Otros escenarios creíbles de potencial máximo involucran eventos intraplaca, que pueden corresponder a magnitudes en el rango de 5.5Mw a 8.4Mw con aceleraciones superficiales comprendidas entre 0.06g hasta 0.42g.

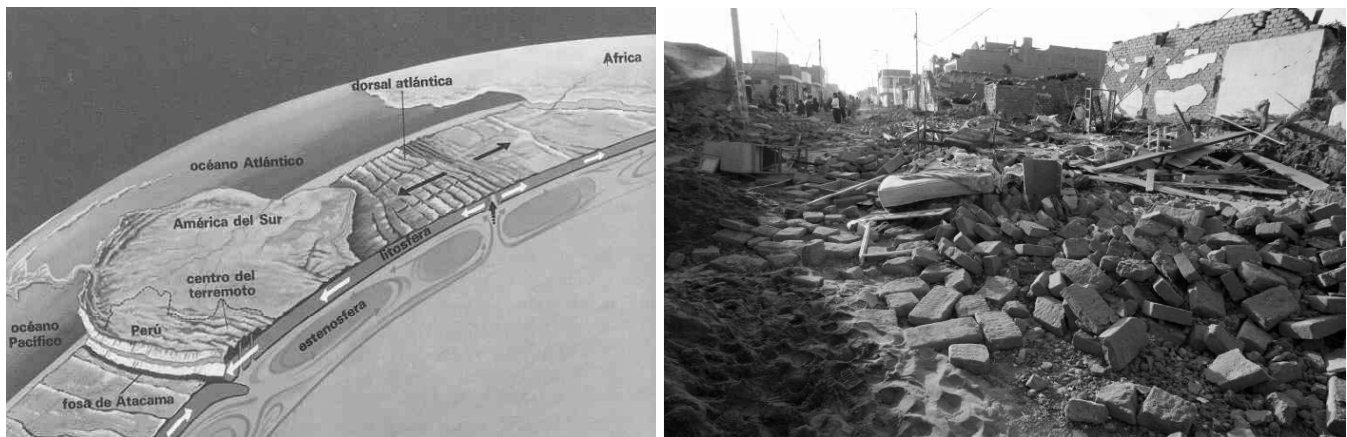


Figura 3.1: Origen de los sismos y sus efectos recientes en el Perú

De allí la importancia de desarrollar un programa intenso de prevención sísmica en los lugares críticos donde se ubican miles de familias en situación de pobreza e indirectamente millones de personas aproximadamente que no cuentan con los recursos económicos suficientes para edificar viviendas que les permitan darle seguridad a sus vidas en caso de un evento catastrófico que pueda ocurrir en cualquier momento.

4. EDUCACION Y PRACTICA

Tomando en cuenta esta realidad, y propiciando el cambio de curricula deseado, el autor concibió crear un taller de investigación estudiantil que ha permitido aplicar los conocimientos de la mecánica de suelos y la ingeniería de cimentaciones combinado con los trabajos de campo respectivos y al mismo tiempo desarrollar la acción de proyección social de los educandos hacia los pobladores de los lugares seleccionados como críticos (Figura 4.1). Los resultados de los trabajos de campo llevados a cabo, nos han permitido no sólo establecer las características geotécnicas de cada sitio, sino también ofrecer a sus habitantes información sencilla y accesible a su entendimiento sobre que hacer en caso de que un sismo severo pueda ocurrir en el lugar donde habitan.



Figura 4.1: Entrevistas y encuestas practicadas por estudiantes

El taller implementado ha dado los mejores resultados, dado a que los estudiantes practican personalmente las labores de exploración de campo, conocen los suelos del lugar estudiado y logran la interpretación del comportamiento de los mismos, dando finalmente su diagnóstico y predicción con respecto a sus posibilidades de falla por efectos sísmicos en cimentaciones superficiales muchas veces construidas sin ayuda especializada. Adicionalmente, el estudiante es consciente del peligro que corren los habitantes de estos barrios, y ejercita sus mejores conocimientos y facilidad de comunicación para hacer conocer los riesgos y las acciones a tomar como prevención sísmica en salvaguarda de su integridad física y la de sus familiares.

En estos cursos se viene logrando que muchos estudiantes poco activos expresaran sus puntos de vista, vayan al campo y ejecuten un “pozo de prueba” en un suelo en particular, preparen un reporte de corte profesional muy bien documentado, se logren positivas relaciones intergrupales promovidas por la cooperación entre individuos dentro de un grupo, tanto como la cooperación estudiantil que ha ayudado a la autoestima de los estudiantes y hecho que algunos de ellos obtengan habilidades para socializarse mejor que antes, al mismo tiempo este enfoque trae la práctica al salón de clases y refuerza la necesidad imperativa de crear habilidades de comunicación para una vida profesional de aprendizaje diario en la futura práctica del ingeniero civil (Carrillo, 2000).

Para el autor, la parte mas gratificante ha sido la oportunidad de trabajar con muchos estudiantes que acrecentaron sus conocimientos durante los cursos, agrandando su perspectiva sobre la geotecnia de los alrededores de la ciudad, y la adquisición de cualidades deseables, incluyendo la capacidad de hacer preguntas inteligentes y de participar en una discusión técnica útil al final del trabajo encargado.

5. CIMENTACION SOBRE RELLENOS NO COMPACTADOS

El Proyecto continúa en su etapa de búsqueda de soluciones factibles de ejecutar en los lugares críticos de estudio en algunos casos con ayuda de externa. Para ello inicialmente se ha tomado en consideración un problema de inminente peligro sísmico para cierto grupo de pobladores que han construido sus viviendas apoyadas sobre bases

inestables conformadas por piedra apilada sin ningún material que las una o cementante, hasta formar una terraza escalonada en las faldas de los cerros. A este tipo de solución los pobladores le llaman “pircas” de piedra, las mismas que por peso propio de la edificación que sostienen o efecto de un terremoto severo se deslizarían originando daños irreparables tanto materiales como humanos (Figura 5.1).



Figura 5.1: Viviendas cimentadas sobre piedras apiladas sin cementante.

Con la exploración de campo y la información ya obtenida, tanto en las encuestas como en las visitas técnicas realizadas, se identificaron los lugares donde se presentan los casos típicos de este problema, elaborándose un modelo que permita el cálculo geotécnico de estabilidad en condiciones estáticas y sísmicas, tomando en cuenta la magnitud del terremoto probable según la recurrencia sísmica del sitio y las características de las edificaciones, considerándose sus condiciones de riesgo y vulnerabilidad ante posibles desastres (Figura 5.2).

El modelo geotécnico generado, previo al estudio geológico e hidrológico correspondiente, fue intervenido con programas de cómputo convenientes, evaluando los parámetros de la roca subyacente, las características de los materiales geotécnicos que conforman la cuña que se desliza (bloques de roca) y sus condiciones geométricas del sitio.

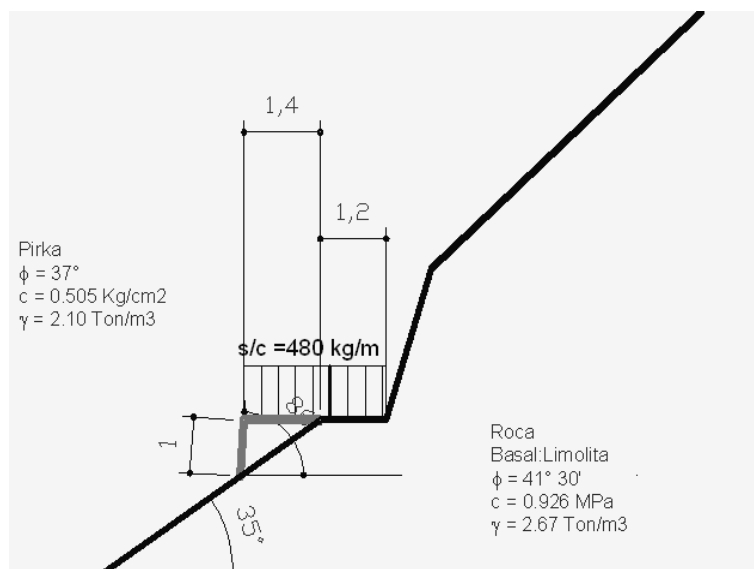


Figura 5.2: Datos del modelo geotécnico típico tomado de los lugares críticos.

Los resultados de las evaluaciones indican Factores de Seguridad Estáticos comprendidos entre 0.847 a 0.913 que indican estabilidad precaria en condiciones normales. Bajo la acción de un sismo con aceleración superficial de 0.41g y magnitud 8.0Mw el Factor de Seguridad baja a valores comprendidos entre 0.701 hasta 0.755, lo que indica la necesidad de buscar posibles soluciones estables y económicas: Las aplicaciones de la ingeniería geotécnica en estos casos donde la inversión no puede ser muy cuantiosa son difíciles, dado a que los pobladores no cuentan con los recursos económicos suficientes para realizar obras que permitan darle seguridad a sus vidas y edificaciones en caso de un evento catastrófico (Carrillo, 2004). Los logros de estos estudios están orientados a establecer lineamientos de estabilidad en muros, plataformas, cimentaciones sobre las que se apoyan sus actuales edificaciones, todo esto basándose en trabajos que se realizarían en alianza con grupos comunitarios que serán capaces de transmitir capacitación para desarrollar las recomendaciones de los estudios, además de desarrollar programas de mitigación de daños que provocarían desastres debidos a terremoto severo (De Los Rios, 2008).

6. COMENTARIOS FINALES

Mucho se ha escrito acerca de unir la teoría con la práctica (Mitchell, 1999; Waddah, 2007), pero el trabajo desarrollado ha logrado comprometer a los estudiantes no solo en las labores de campo sino también en la proyección social de la universidad hacia los mas necesitados que habitan en zonas de alto riesgo sísmico y se encuentran desprotegidos en caso de una catástrofe, pues no solamente se ha estudiado el comportamiento del suelo de apoyo o la inestabilidad de los taludes del problema “pircas” sino se ha efectuado labor de prevención sísmica mostrándoles cómo comportarse en caso de un evento severo que pueda ocurrir en el futuro.

Se ha llegado a establecer además que la falta de prevención hace que su difusión sea muy necesaria, por lo que los resultados obtenidos son gratificantes desde el punto de vista social, satisfactorios desde el punto de vista técnico, y excelentes desde el punto de vista enseñanza-aprendizaje de la geotecnia, que lo eleva a una experiencia desarrollada en la Universidad Ricardo Palma en Lima, Perú (Carrillo, 2009), dado a que éste enfoque trae la práctica al salón de clases y refuerza la necesidad imperativa de habilidades de comunicación lograda entre los estudiantes, propiciando hacia el futuro una vida profesional de aprendizaje continuo una vez fuera de las aulas universitarias.

REFERENCES

- Carrillo Gil, A. 1987, “Enseñanza de la Mecánica de Suelos en el Perú”, *Conferencia sobre la Enseñanza de la Geotecnia en América*, Cartagena, Colombia
- Carrillo Gil, A., 2000, “Updating Geotechnical Curricula”. *First Pan-American Conference of the Teaching-Learning Process of Geotechnical Engineering*. Oaxaca, México
- Carrillo Gil, A., 2004, “Geotechnics Teaching and Disaster Prevention”. *Third Panamerican Conference on the Teaching-Learning Process of Geotechnical Engineering*, San José, Costa Rica.
- Carrillo Gil, A., 2009, “Education and practice: The Peruvian experience”17th. *International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Alexandria, Egypt.
- De Los Rios, P., 2008, “Estudio de muros de piedra tipo pirca utilizados como cimentación de viviendas en AAHH de Lima Metropolitana”, *Tesis de Grado Profesional*, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Mitchell, J.K., 1999, Educational in Geotechnical Engineering – its evolution, coment status, and challenges for the 21st Century, XI PCSMGE, Brasil.
- Waddah Akili, 2007, Teaching geotechnical engineering through case histories: effective, learning and linking theory and practice. GSP 66. GeoDenver, ASCE, USA.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.