

Responsabilidad educativa en transferencia de conocimiento para estudios geotécnicos confiables

Luz Marina Torrado-Gómez ^a, María Fernanda Serrano-Guzmán ^b, Diego Darío Pérez-Ruiz ^c
& José Alberto Rondón ^d

^a Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia. luz.torrado@upb.edu.co

^b Facultad de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. maria.serrano@javerianacali.edu.co

^c Facultad de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. ddperez@javerianacali.edu.co

^d Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. jose.rondon@correo.uis.edu.co

Resumen—

Constantemente las normas de construcción y la reglamentación asociada a esta actividad se actualizan en la mayoría de los países. En Colombia, con relación a los suelos, justamente el título H de la norma Sismoresistente, contiene la última actualización relacionada con los requisitos mínimos que deben seguirse para adelantar un estudio de suelos. Teniendo en cuenta que en durante el ejercicio profesional el futuro ingeniero puede llegar a realizar estudios de suelos o a avalar el desarrollo de los mismos, es fundamental que desde la academia se propongan estrategias pedagógicas que permitan además de la transferencia de conocimiento, la apropiación del mismo por parte de los estudiantes. El presente artículo presenta la metodología seguida en el curso de Mecánica de Suelos para que los estudiantes de ingeniería civil se familiaricen con el tema. Finalmente, se entrega el desarrollo colectivo de la matriz de evaluación por puntos para dichos estudios.

Palabras Clave—Papel de la academia; Proyectos Geotécnicos; Calidad, lineamientos.

Recibido: 30 de marzo de 2016. Revisado: 18 de abril de 2016.

Aceptado: 25 de Abril de 2016.

Educational responsibility in transfer of knowledge for reliable geotechnical studies

Abstract—

The rules and parameters of construction are constantly being updated on the majority of the countries. In Colombia, relating to the soil, the title H of structural standard, contains the latest update of the minimum requirements needed for proceeding in a soil test. Having in mind that during the professional exercise of a future engineer there can be different test soils or projects, it is fundamental that from the academics courses, some pedagogical strategies are taught so that knowledge can not only be transferred but also fully learnt. The following articles exposes the methodology followed during the course "Soil Mechanics" with the objective of helping the students of civil engineer to familiarize with the topic. Finally, it shows the collective development of an evaluation matrix by points used for this type of work.

Keywords— role of academy, Geotechnical Projects; Quality; guidelines.

1. Introducción

La ingeniería Civil florece luego de la Segunda Guerra Mundial por cuanto empezó a requerirse de mano de obra

calificada para la renovación de las edificaciones y la recuperación de las comunidades destruidas como resultado de la violencia. Posteriormente, hacia los ochenta se empezó a hacer evidente el incremento en productos y en desarrollos tecnológicos con lo cual se fortalecieron las especialidades en la ingeniería y se empezaron a unificar los criterios para cada disciplina [1].

Persisten aún algunos cuestionamientos planteados en 1999 en la Declaración de Boloña sobre cómo mantener la vigencia de conocimiento teórico de los estudiantes y cómo ofrecerle al medio, profesionales idóneos para atender a los desafíos de la actual centuria. Como respuesta esto se señala que es fundamental que en el periodo de formación se ofrezca al futuro profesional un entrenamiento sobre problemas típicos de su ejercicio. Esto exige una revisión permanente de los currículos [2]. En lo que a Ingeniería Civil se refiere, en lo particular, un análisis sobre cómo se familiariza al futuro profesional sobre temáticas inherentes al tratamiento de los recursos naturales con los cuales a diario debe trabajar debería ser motivo de estudio. Resulta evidente que la complejidad de las prácticas de construcción de obras de infraestructura ha propiciado la elaboración de normas y reglamentos con los cuales en los distintos países se oriente sobre el uso de materiales en elementos estructurales y no estructurales. Adicionalmente, se han derivado directrices sobre el ejercicio responsable del diseño, consultoría y asesoría en las variadas actividades.

Colombia no es ajena a estos condicionamientos razón por la cual en el 2010 se dio la migración de las obsoletas reglamentaciones del 98 hacia el Reglamento Colombiano de Norma Sismoresistente NSR-10. Particularmente, en lo referente a los estudios Geotécnicos se dedica el capítulo H a abordar la temática, señalando la obligatoriedad de llevar a cabo un estudio geotécnico definitivo para todas las edificaciones urbanas y suburbanas de cualquier tipo de uso y para edificaciones en terrenos no aptos para el uso urbano de los grupos II, III y IV [3]. Adicionalmente, en este capítulo

se enuncia la necesidad que estos estudios sean firmados por ingenieros civiles especializados en geotecnia y con mínimo cinco años de experiencia. En esencia, este capítulo define los requisitos de un estudio geotécnico el cual “comprende el estudio y el conocimiento del origen geológico, la exploración del subsuelo (apiques, trincheras, perforación y sondeo y otros) y los ensayos y pruebas de campo y laboratorio necesarios para identificar y clasificar los diferentes suelos y rocas y cuantificar las características físico-mecánicas e hidráulicas del subsuelo” [4].

Los estudios asociados a los suelos, como se observa requieren de un fuerte conocimiento y bases de trabajo metodológicas que permitan en un análisis posterior hacer uso de leyes y principios matemáticos para cuantificar las respuestas. [5].

Lamentablemente, la falta de veeduría certera y eficiente en el cumplimiento de este capítulo está favoreciendo errores conceptuales en cada uno de los proyectos realizados. Como académicos, se debe hacer la reflexión sobre la dinámica empleada para la transferencia del conocimiento asociado con el ejercicio práctico en lo que a estudios de suelos se refiere para garantizar que se cumplan los requisitos y que se brinde seguridad y tranquilidad a los usuarios finales de las obras.

2. Problemática abordada

El evidente crecimiento de la población urbana ocasionado por la migración de los sectores rurales en la búsqueda de mejores condiciones de vida, ha generado un conflicto habitacional por cuanto no existe la infraestructura para albergar, en condiciones adecuadas, la población que se mueve. Por esta razón, los constructores desarrollan proyectos en diferentes entornos generando conflictos de uso del suelo o cambio de uso de dicho suelo, incurriendo en muchas ocasiones en el aprovechamiento de terrenos difíciles de edificar. Fácilmente se puede verificar que hacia los ochenta y noventa las construcciones se materializaron en terrenos aptos en los que era más económico erigir una edificación, pero hoy en día se está construyendo en terrenos generalmente desfavorables: laderas inestables, rellenos, escombreras industriales o mineras, terrenos baldíos, etcétera.

La importancia de un Estudio Geotécnico radica en los valores de seguridad que se deben atribuir para que las excavaciones, apuntalamientos o cimentaciones profundas sean realizados preservando la vida de los trabajadores, la integridad de las estructuras cercanas, y en general que no se afecte el entorno ni los componentes de la sociedad. Si se analiza este concepto con relación a una edificación, así mismo, debe considerarse que la obra en construcción permanezca en pie a lo largo de su vida útil razón por la cual es imperativo definir la forma de cimentación, contabilizar las cargas que soportará esta estructura, cuantificar la capacidad portante del suelo considerando que debe evaluarse la resistencia hasta una profundidad suficiente considerando los posibles riesgos geológicos relacionados con la estabilidad general del terreno, las inundaciones, las

condiciones de sismicidad y la seguridad de los cortes y taludes. Por lo anterior, aquellos profesionales que en su desempeño ocupacional realizan estudios geotécnicos están obligados a seguir las normas establecidas y el desconocimiento de éstas no los exime de sus responsabilidades [6].

Tomando en consideración las anteriores reflexiones, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga se acordó implementar en el curso de Mecánica de Suelos la investigación como estrategia pedagógica en donde el educando es responsable de su propio proceso de formación mediante el desarrollo de casuística propia del devenir ocupacional del ingeniero civil. Bajo este esquema, es el estudiante el objeto principal del proceso educativo razón por la cual la estructuración del currículo se hace desde las necesidades e intereses de los estudiantes y temas y problemas del contexto sociocultural y el conocimiento como contribución a la formación intelectual, social y ética y al aprendizaje significativo [7].

Currículos en los cuales se centra el proceso de formación hacia casos prácticos del desempeño profesional permiten que los programas académicos aporten el recurso humano que requiere el entorno, capaz de solucionar los problemas del medio [2], con conciencia social y capacidad de trabajo colaborativo, respeto por el erario público, dispuestos a liderar y a promover el desarrollo local y regional con profundo respeto por la sociedad y el medio ambiente. Las anteriores consideraciones debieran ser la base para orientar el currículo y para que se propicien buenas prácticas en la enseñanza. Bien lo menciona Peña Reyes (2011), Colombia está urgida de ingenieros que apoyen la solución de problemas de alta complejidad y con espíritu de liderazgo; adicionalmente, con una alta capacidad de escucha y habilidades de comunicación oral que le permitan generar un pensamiento crítico [8].

2. Metodología

Con el fin de familiarizar al estudiante sobre el ejercicio responsable de la consultoría asociada con la revisión y ejecución de estudios geotécnicos se hace necesario que el docente proponga estrategias didácticas que motiven la consulta sobre el tema. Posteriormente, mediante una estructura metodológica acorde con el ejercicio de las labores de consultoría, a manera de guía se orienta al educando sobre el deber ser de los estudios geotécnicos buscando con ello crear la competencia de los estudiantes. Estamos convencidos de que la mejor manera es a través de la formación en competencias ciudadanas y por medio de la integración de la formación ciudadana a lo que ocurre de manera cotidiana en las aulas y fuera de ellas [9].

El esquema seguido en el curso de Mecánica de Suelos fue el aprendizaje basado en problemas (ABP). Este estilo busca el fortalecimiento del pensamiento crítico en el discente, mediante el análisis de casuística centrada en problemas ocasionados por deficiente calidad de los estudios de suelos, problemas para los cuales deben plantearse las soluciones técnicas correspondientes. La ventaja en la

aplicación de esta estrategia de enseñanza es que se responde a las necesidades señaladas por la industria con relación al perfil de formación ideal de los egresados ya que en la medida en que el ABP se centre en la búsqueda de solución a los problemas del entorno, y más específicamente de la Industria, es más certera la respuesta del profesional para solucionar o enfrentar dicho problema [1].

3. Problemática propuesta

En la realización de diferentes estudios geotécnicos para la construcción de edificaciones se hace necesario establecer las condiciones mínimas requeridas para la exploración del subsuelo entre las que se tienen que contemplar las expresadas en la Norma NSR-10, lo que conlleva a que se haga un análisis y cumplimiento de las mismas, por lo cual, cada grupo de estudiantes deberá analizar un estudio geotécnico realizado por un profesional y expresar su concepto acerca del cumplimiento de la misma.

5. Direccionamiento para responder al problema

La intención del ejercicio no es darle al estudiante la respuesta al problema sino inducirlo a la búsqueda del conocimiento apoyado en el pensamiento crítico-reflexivo; es decir, el currículo se vuelve efectivo en la medida en que se incluya además de conocimientos fuertes, estrategias para la búsqueda de soluciones, de manera independiente como ocurre en el ejercicio laboral [1].

Por lo anterior, se plantea que se oriente la actividad pedagógica alrededor de las siguientes etapas:

1. Detectar la situación problema: a través de la observación de su realidad inmediata, de los medios de comunicación, el discente estará en la condición de identificar y conocer una situación que puede generar cierta dificultad en los ámbitos cultural, política, económica, académica, religiosa, social, etc.
2. Acercamiento teórico: En esta etapa deberán hacer una revisión del estudio geotécnico basado en el capítulo H de la NSR-10. Este conocimiento le permitirá adquirir habilidades y competencias para la revisión de los estudios geotécnicos e indagar sobre situaciones problemas con el no cumplimiento de algunos de los requisitos de la norma.
3. Origen del problema: este es un aspecto clave para el aprendizaje, ya que el estudiante debe cuestionarse con sus pares sobre la información consultada y las implicaciones de los puntos no contemplados en los estudios revisados, ¿Cuál es la razón por la que se da esta situación?, ¿cuál fue el elemento clave en este estudio?
4. Posibles soluciones: en grupo los discentes proponen una lista de posibles soluciones para la problemática presentada y elaboran una lista de ventajas y desventajas de cada una de estas posibles soluciones.
5. Discusión: Se procede a la elaboración de una lista general de puntos no tenidos en cuenta y sus implicaciones, las cuales se reparten entre todos los

integrantes de los grupos, con el fin que defiendan o cuestionen las propuestas.

6. Confrontación: ante un profesional del área y/o empleado municipal o Departamental encargado de la revisión de este tipo de estudios, se comparten las conclusiones del debate, las estrategias propuestas, los puntos a favor y en contra de cada una; los profesionales invitados pueden ayudar a visualizar las posibilidades de aplicación de las soluciones propuestas y se aprovecha la oportunidad para conocer las alternativas técnicas y tecnológicas que se aplican en campo en la actualidad.
7. Conclusiones: se elaboran las conclusiones necesarias sobre la posible aplicación de cada una de estas soluciones, y se selecciona la alternativa definitiva.
8. Comunicado: el grupo de estudiantes elabora un texto señalando/ enunciando los resultados del análisis y debate sobre las situaciones problemáticas y lo publica en los medios de comunicación institucionales.

6. El rol del docente

Como facilitador, el rol del docente se fundamenta en la preparación de una guía metodológica para la revisión de estudios geotécnicos, la cual se ha implementado en una página web (<http://ingeassas.com/corporativo>) elaborada en HTML5. Este tipo de herramienta provee una oportunidad invaluable para mejorar el proceso de aprendizaje [5]. Las ventanas de trabajo abarcan el inicio, descripción de los lineamientos, links de interés y galería de archivos en pdf disponibles para el usuario.

En esta guía se induce al estudiante en las siguientes etapas:

- Revisión bibliográfica. Para ello, la estrategia es familiarizar al discente en la búsqueda de referencias científicas en publicaciones arbitradas. De esta forma, se establecen criterios de calidad en la selección de fuentes bibliográficas relacionadas con el tema.
 - Análisis de estudio geotécnico. Se asigna una valoración a las distintas actividades señaladas en el capítulo H del Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10
 - Determinación de las Variables. Se orienta hacia la búsqueda de información de varios estudios geotécnicos ya elaborados para tipificar los tipos de errores encontrados.
1. Ejemplo de la implementación metodológica para la revisión e implementación de los estudios geotécnicos
Con el fin de describir las estrategias pedagógicas que permitieran sensibilizar sobre la importancia de la responsabilidad educativa en la transferencia de conocimiento para estudios geotécnicos, durante tres semestres consecutivos se han aplicado lo señalado en la metodología, a saber:
 - En el aula de clase se invita a los participantes revisar los requerimientos de la Norma Sismoresistente NSR-10 en lo relacionado con la elaboración de un estudio geotécnico.

Tabla 1
Formato Guía – Lineamientos Básicos

Crterios	Ponderación
Art H.1.1.2.1 Firma de los estudios	1
Art. H.2.2.2.1 Información del proyecto	1
Art. H.2.2.2.1 Evaluación de Cargas	1
Art. H.3.1 Definir el número de unidades de construcción	2
Art. H.3.1.1 Clasificación de las unidades de construcción por categorías	4
Art. H.2.2.2.1 Análisis geotécnico	5
Art. H.2.2.2.1 Planos de localización	1
Art. H.3.2.3, H.3.2.4, H.3.2.5 y H.3.2.6 Cálculo del número mínimo de sondeos	2
Art. H.3.2.3, H.3.2.4, H.3.2.5 y H.3.2.6 Definición de la profundidad mínima de los sondeos	2
ap. A.2 Definición de los niveles de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño	2
Cap. H.7 Evaluación geotécnica de efectos sísmicos	2
Art. H.2.2.2.1 Información del subsuelo	3
Art. H.2.2.2.1 Información de cada unidad geológica	2
Art. H.2.2.2.1 Planos de localización	1
Art. H.2.2.2.1 Ubicación de trabajos de campo	1
Art. H.2.2.2.1 Registros de perforación	2
Art. H.2.2.2.1 Resultado de pruebas y ensayos de campo y laboratorio	2
Art. H.2.5 Clasificación de los suelos como granulares o cohesivos	1
Art. H.3.3.3 Propiedades básicas mínimas de los suelos	2
Cap. H.9 Condiciones geotécnicas especiales	1
rt. H.2.2.2 Memorias de cálculo	2
Art. H.2.3 Análisis de la existencia de agua subterránea	2
Art. H.4.6 Definición de la profundidad de cimentación	5
Art. H.4.7 Calculo de factor de seguridad de las cimentaciones	2
Art. H.4.8 Cálculo de asentamientos	3
Cap. H.5 Estudio de estabilidad de taludes y laderas	3
Art. H.5.2.5 Definición del sismo de diseño para análisis pseudoestático de taludes	2
Art. H.2.4.3 Cumplimiento de factores de seguridad mínimos para estabilidad de taludes	3
Cap. H.6 Análisis de presiones de tierras y estructuras de contención	2
Art. H.2.2.2.1 Recomendaciones para el diseño	5
Art. H.2.2.2.1 Recomendaciones para la protección de edificaciones y predios vecinos	3
Art. H.2.2.2.1 Recomendaciones para la construcción. Sistema constructivo	2
Cap. H.8.4 Sistema constructivo de cimentaciones	2
Cap. H.8.1 Sistema Geotécnico constructivo	4
Cap. H.8.2 Sistema constructivo de excavaciones	3
Cap. H.8.3 Sistema constructivo de estructuras de contención	3
Art. H.2.2.3 Recomendaciones para la supervisión técnica	2

Fuente: Adaptado de [2].

- En conjunto con los participantes (estudiantes del curso) se revisa cada una de las exigencias del reglamento y se organizan y ponderan según la importancia o relevancia en el cumplimiento del artículo para el logro de los estudios exitosos.
- Posteriormente partiendo de un caso real de revisión e un estudio geotécnico, se orienta para que el estudiante verifique la presentación en los aspectos de fondo y de forma que se establecen en el capítulo H de la NSR-10.

A continuación se presenta en la Tabla 1 el formato implementado para la revisión del estudio geotécnico, contemplando las exigencias del Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente NSR-10. Para la consideración de la incidencia en el proyecto geotécnico se ponderó cada uno de los aspectos dándole un valor numérico de 1 a 5 siendo 1 el menos relevante y 5 el más relevante [10]. Cada estudiante siguiendo esta guía de ponderaciones califica el nivel de cumplimiento. Se procede a elaborar una matriz de valoración de criterios de

acuerdo a la Tabla 2, partiendo de un puntaje generado durante la evaluación y definir el rango para aceptación de los estudios. La propuesta elaborada en conjunto con los estudiantes y discentes responsables de curso arroja la siguiente escala:

- Más de 90% de cumplimiento, las consideraciones contempladas en el estudio geotécnico cumplen con los requerimientos de la NSR-10. El estudio geotécnico fue bien realizado.
- Entre 80 y 89% de cumplimiento, debe revisarse el estudio geotécnico y subsanar las omisiones.
- Menos de 80% el estudio debe repetirse.

Como criterio del grupo de trabajo se acordó que si el estudio de suelos no está respaldado según los requisitos de la norma NSR-10 en el numeral H.1.1.2.1, por un ingeniero con experiencia para llevar a cabo este tipo de estudios, a pesar que la ponderación diera por encima del 90% el estudio deberá repetirse.

Tabla 2
Matriz para Elaboración de Estudios Geotécnicos

Evaluación del cumplimiento del estudio suelos y geotecnia por el método de puntos						
#	Indicadores	Peso criterio (A)	Peso subcriterio (B)	Valor cumplimiento % (C)	Vlr. Parcial B*C	Vlr. Total cumplimiento \sum (Vlr.Parcial)
1	Art H.1.1.2.1 Firma de los estudios	1	1	100		
2	Art. H.2.2.2.1 Información del proyecto	1	1	100		
3	Art. H.2.2.2.1 Evaluación de Cargas	3	1	100		
	Art. H.3.1 Definir el número de unidades de construcción		2	100		
4	Art. H.3.1.1 Clasificación de las unidades de construcción por categorías	10	5	100		
	Art. H.2.2.2.1 Análisis geotécnico		1	100		
	Art. H.2.2.2.1 Planos de localización		2	100		
	Art. H.3.2.3, H.3.2.4, H.3.2.5 y H.3.2.6 Cálculo del número mínimo de sondeos		2	100		
5	Art. H.3.2.3, H.3.2.4, H.3.2.5 y H.3.2.6 Definición de la profundidad mínima de los sondeos	4	2	100		
	ap. A.2 Definición de los niveles de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño		2	100		
6	Cap. H.7 Evaluación geotécnica de efectos sísmicos	11	3	100		
	Art. H.2.2.2.1 Información del subsuelo		2	100		
	Art. H.2.2.2.1 Información de cada unidad geológica		1	100		
	Art. H.2.2.2.1 Planos de localización		1	100		
	Art. H.2.2.2.1 Ubicación de trabajos de campo		2	100		
7	Art. H.2.2.2.1 Registros de perforación	4	2	100		
	Art. H.2.2.2.1 Resultado de pruebas y ensayos de campo y laboratorio		1	100		
8	Art. H.2.5 Clasificación de los suelos como granulares o cohesivos	24	2	100		
	Art. H.3.3.3 Propiedades básicas mínimas de los suelos		1	100		
	Cap. H.9 Condiciones geotécnicas especiales		2	100		
	rt. H.2.2.2 Memorias de cálculo		2	100		
	Art. H.2.3 Análisis de la existencia de agua subterránea		5	100		
	Art. H.4.6 Definición de la profundidad de cimentación		2	100		
	Art. H.4.7 Cálculo de factor de seguridad de las cimentaciones		3	100		
	Art. H.4.8 Cálculo de asentamientos		3	100		
	Cap. H.5 Estudio de estabilidad de taludes y laderas		2	100		
	Art. H.5.2.5 Definición del sismo de diseño para análisis pseudoestático de taludes		3	100		
9	Art. H.2.4.3 Cumplimiento de factores de seguridad mínimos para estabilidad de taludes	10	2	100		
	Cap. H.6 Análisis de presiones de tierras y estructuras de contención		5	100		
	Art. H.2.2.2.1 Recomendaciones para el diseño		3	100		
10	Art. H.2.2.2.1 Recomendaciones para la protección de edificaciones y predios vecinos	14	2	100		
	Art. H.2.2.2.1 Recomendaciones para la construcción. Sistema constructivo		2	100		
	Cap. H.8.4 Sistema constructivo de cimentaciones		4	100		
	Cap. H.8.1 Sistema Geotécnico constructivo		3	100		
10	Cap. H.8.2 Sistema constructivo de excavaciones	2	3	100		
	Cap. H.8.3 Sistema constructivo de estructuras de contención		2	100		
Totales		82	82			

Nota 1: La designación del criterio se hace en el equipo de trabajo. El peso de cada criterio corresponde a lo sugerido en la NSR-10 y el subcriterio es asignado por el equipo de trabajo.

Nota 2: Se establece una escala de ponderación de 1 a 100 o en porcentaje.

Nota 3: Este ejercicio se realiza para cada estudio y permite comparar resultados entre estudios realizados.

Fuente: [9]

7. Conclusiones

Le corresponde a las Instituciones tales como universidades de la Región, Sociedad Colombiana de Ingenieros y Sociedad Colombiana de Geotecnia además de los profesionales de la región iniciar un proceso de socialización de la NSR- 10 en lo referente a los requerimientos de la misma en los estudios geotécnicos. La estructura de ponderaciones diseñada permitió que el grupo de estudiantes de ingeniería civil en formación planteara una metodología para la evaluación de estudios geotécnicos, esperando que la misma sea aplicada en el ejercicio profesional de cada uno de los participantes.

Bibliografía

- [1] Lambropoulos, S., Pantouvakis, J.-P. and Marinelli, M., Reforming civil engineering studies in recession times, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, pp. 776-785, 2014. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.03.087
- [2] Bakar, A.A., Raja-Hussain, R.M. and Idris, N., Driving culture change in Malaysian engineering education through EASTeL, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, pp. 1537-1543, 2010. DOI: 10.1016/j.sbspro.2010.12.361
- [3] Guardo-Polo, J., Estudios Geotécnicos. Una necesidad en obras civiles, *Ingeniería & Desarrollo*, 6, pp. 117-126, 1999.
- [4] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010.
- [5] Roberto, T., Cano, M., Santamarta, J.C. and Hernández-Gutiérrez, L.E., New approaches for teaching soil and rock mechanics using information and communication technologies, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, pp. 1644-1649, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.04.477
- [6] Aizpiri-Fernandez, F., Guerrero-Diez, D. and Ormaetxea-Delgado, V., Importancia del estudio geotécnico en la seguridad y en el coste final de la edificación, 2012. [En Línea]. Disponible en: <http://www.icog.es/egeo/?p=196>.
- [7] Universidad Pontificia Bolivariana, Modelo pedagógico integrado, 2009.
- [8] Peña-Reyes, J., Grandes retos de la ingeniería y su papel en la sociedad, *Ingeniería e Investigación*, 31, pp. 100-111, 2011.
- [9] Chaux, E., Lleras, J. y Velásquez, A.M., Competencias ciudadanas: De los estándares al aula una propuesta de integración a las áreas académicas, Ministerio de Educación, 2014.
- [10] Torrado-Gómez, L.M. y Rondón, J.A., Análisis y determinación de lineamientos para el aseguramiento de la calidad en los proyectos geotécnicos, Bucaramanga, Colombia, 2014.

L.M. Torrado-Gómez, es docente de ingeniería civil en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. MSc. en Geotecnia de la Universidad Industrial de Santander. Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles e Ingeniera Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Tecnólogo en Obras Civiles en la Universidad Francisco de Paula Santander. Subgerente de la empresa INGEAS SAS. ORCID: 0000-0001-8941-7344.

M.F. Serrano-Guzmán, es docente de ingeniería civil en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia. Dra. en Ingeniería Civil de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, MSc. en Ingeniería de la Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez, Esp. en Ingeniería Ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Esp. en Gerencia de Proyectos de Construcción, e Ing. Civil de la Universidad Industrial de Santander. ORCID: 0000-0002-7366-6597.

D.D. Perez-Ruiz, es docente de ingeniería civil en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia. Dr. en Ingeniería Civil de la Universidad de Texas en Arlington, USA, MSc. en Ingeniería de Tránsito y Transporte de la Universidad del Cauca, Colombia. MSc. en Ingeniería Civil énfasis en Recursos

Hídricos de la Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez e Ing. Civil de la Universidad del Cauca. ORCID.: 0000-0002-9656-2803.

J.A. Rondón, es docente de catedra de la Escuela de Ingeniería Civil en la Universidad Industrial de Santander, Colombia. MSc. en Geotecnia de la Universidad Industrial de Santander, Colombia. Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles y Especialista de Vías Terrestres de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. Ingeniero Civil de la Universidad Industrial de Santander. Gerente de la empresa INGEAS SAS. ORCID: 0000-0002-6327-2885.