

Hacia una formación más fundamentada y flexible en ingeniería civil

Julio Esteban Colmenares ^a & Jorge Celis ^b

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. jecolmenaresm@unal.edu.co

^b Grupo de Investigación de Educación Media y Superior, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. jecelisg@unal.edu.co

Resumen— Desde sus orígenes a finales del Siglo XIX, la educación en ingeniería se ha caracterizado por analizar y comprender los desafíos planteados por la sociedad a la profesión de la ingeniería, así como por diseñar nuevos enfoques para estructurar la formación que reciben los estudiantes. Este artículo indaga sobre algunos desafíos que debe afrontar la profesión de la ingeniería en general y la de la ingeniería civil en particular y describir un nuevo enfoque de formación que se ha venido discutiendo alrededor del mundo. Basado en estudios recientes, este artículo argumenta que la formación de los estudiantes en ingeniería civil debe ser más fundamentada y flexible y articulada con los programas de maestría. Como parte de los requisitos para acceder a la licencia profesional, además del pregrado y la maestría, se aboga porque los estudiantes tengan prácticas profesionales durante su proceso de formación.

Palabras Clave— educación en ingeniería, ingeniería civil, formación

Recibido para revisar Octubre 13 de 2015, aceptado Enero 27 de 2016,
versión final Febrero 15 de 2016

Towards a more fundamental and flexible education in civil engineering

Abstract— Since its origins, traced back to the end of the 19th century, engineering education has been distinguished by the identification, analysis, and understanding of the challenges presented to the engineering profession by the society. Engineering education has also been concentrated about thinking and designing new approaches to structure new models of education. This paper discusses some challenges that the engineering profession, in general, and the civil engineering, in particular, is now facing. It presents a description of a new model of education, which has been discussed all around the world. Based on recent studies, this paper argues that civil engineering education should be more fundamental and flexible and interconnected with postgraduate education. As part of the requirements to get the professional license, it is claimed that students must combine their education with professional practice in order to learn and understand the implications of practicing the civil engineering profession.

Key words— engineering education, civil engineering, education

1. Introducción

Desde sus orígenes que se remontan a finales del Siglo XIX, la educación en ingeniería ha tenido entre sus propósitos identificar, analizar y comprender los desafíos planteados por la sociedad a la profesión de ingeniería, así como concebir y diseñar nuevos enfoques para estructurar la formación que reciben los estudiantes. Desde esta perspectiva, la educación en ingeniería busca que los futuros profesionales de ingeniería estén preparados para responder de manera efectiva a los desafíos de la sociedad [1]. La profesión de la ingeniería, como

toda profesión liberal, está sujeta a los cambios que se presentan en la sociedad [2], y teniendo en cuenta que la formación es un mecanismo histórica y socialmente establecido para ejercer la profesión de ingeniería [3,4], la misma debe ser revisada y transformada con miras a responder a tales cambios [5]. Una formación que no esté alineada con los cambios no solamente puede hacer que la profesión de ingeniería sea impertinente, socialmente hablando, sino que afecta negativamente el desarrollo social y económico de la sociedad máxime en el caso de la ingeniería civil que es la profesión que por definición es responsable de proveer la infraestructura necesaria para mejorar la calidad de los ciudadanos y contribuir a la sostenibilidad de la sociedad en su conjunto [6].

Siendo la ingeniería una profesión de alto riesgo [7], además de la formación, la educación en ingeniería estudia los requerimientos mínimos que deben cumplir los graduados en ingeniería para que accedan a la licencia profesional [6, 8], buscando así garantizar que están habilitados para el ejercicio de la profesión en el mercado de trabajo [9]. En varios países se arguye que deben ser requisitos mínimos para poder acceder a la licencia profesional junto con la formación en pregrado, la especialización en alguna de las áreas de la ingeniería civil a nivel de maestría y la realización de una práctica profesional [7,10].

Este artículo aporta a la educación en ingeniería en Colombia al indagar sobre algunos desafíos que debe afrontar la profesión de ingeniería en general y la ingeniería civil en particular, así como al describir nuevos enfoques en la formación que se han venido discutiendo alrededor del mundo. También con este artículo se busca contribuir al debate sobre las licencias profesionales en ingeniería, pues algunas voces claman que el título de pregrado en ingeniería no es suficiente para otorgar las licencias profesionales [7,11].

Este artículo está basado principalmente en estudios realizados en algunos países por asociaciones profesionales tanto en ingeniería [12-14] como en ingeniería civil [6,15]. En dichos estudios se debate sobre los retos que debe asumir la profesión de la ingeniería y la de la ingeniería civil en el tiempo por venir. En la preparación de los estudios participaron académicos destacados quienes luego presentaron y debatieron sus estudios con diferentes grupos de interés en la formación y profesión de la ingeniería. Especial énfasis es dado a los estudios elaborados por la Asociación Americana de Ingenieros

Civiles (ASCE por sus siglas en inglés) que ha puesto a consideración una propuesta para estructurar la formación de los estudiantes de ingeniería civil y nuevos requisitos para acceder a la licencia profesional [6,8,10]. Esta propuesta ha sido discutida en varios países y con base en ella se han promovido modificaciones en la concepción y organización de las actividades académicas pensadas para formar a los estudiantes [15].

El artículo está organizado como sigue. En primer lugar, se señalan los principales desafíos que están redefiniendo la profesión de la ingeniería civil a nivel global. Se discuten los desafíos relacionados con las consideraciones que se deben observar para solucionar los problemas en ingeniería civil. Posteriormente se abordan las demandas que debe afrontar la formación en ingeniería para lograr educar los graduados que la profesión requiere. Estas demandas son asumidas como el marco de referencia sobre el cual se discute la nueva manera de estructurar la formación en ingeniería civil. Se reliva la importancia de articular con mayor decisión la formación de pregrado con la de maestría y la práctica profesional como requisitos mínimos para poder optar por la licencia profesional. Finalmente, el artículo menciona unos temas que deben ser objeto de discusión a futuro con el objetivo de que la formación en ingeniería civil sea más fundamentada y flexible. También se argumenta la urgencia de concebir sistemas de evaluación que permitan valorar hasta qué punto la adopción de las nuevas recomendaciones de formación contribuyen efectivamente o no a que los profesionales en ingeniería civil respondan a los retos del Siglo XXI.

2. Desafíos que están redefiniendo la profesión de ingeniería civil

La ASCE [8] afirma que la manera en que se ha venido ejerciendo la ingeniería civil debe ser modificada. Los ingenieros no solamente están trabajando en unas condiciones cada vez más complejas y cambiantes [5], sino que deben responder a desafíos que no eran pensados décadas atrás [12]. Al respecto se relievan desafíos de diversa índole que van desde el aumento constante de la población mundial pasando por el desarrollo de nuevas competencias que deben adquirir los profesionales de la ingeniería civil hasta la participación de varias disciplinas muchas de ellas inscritas en áreas diferentes a la ingeniería en la solución de problemas de ingeniería civil.

A continuación se describen aquellos desafíos que varios estudios catalogan como fundamentales para repensar la profesión de ingeniería civil: el aumento constante de la población mundial, la naturaleza de las soluciones adoptadas para abordar los problemas en ingeniería y el avance acelerado en la producción de conocimiento.

El aumento constante de la población mundial. Algunos estudios predicen que la población seguirá creciendo debido al mejoramiento de la calidad de vida [16] y la tendencia será que la mayoría de la población vivirá en zonas urbanas [17]. Implica entonces, que la ingeniería civil debe desarrollar en las ciudades una infraestructura con capacidad de atender con calidad a conglomerados de personas cada vez más grandes. Demandas por energía, transporte, agua potable, aire limpio, eliminación

segura de residuos guiarán la protección ambiental y el desarrollo de la infraestructura [6]. Los parámetros con que se han concebido las ciudades serán obsoletos debido no sólo al volumen de habitantes sino a la necesidad de desarrollo de una infraestructura sin precedentes en la historia de la humanidad.

La naturaleza de las soluciones de los problemas en ingeniería. Las soluciones que se propongan para superar los problemas en ingeniería deben considerar ahora los efectos en los sistemas social y económico, así como en el medio ambiente. La sostenibilidad se ha convertido en un criterio básico que se debe observar en todos los proyectos que realizan los ingenieros. No basta entonces con proponer soluciones desde una perspectiva técnica y de uso eficiente de recursos escasos, sino también desde una social, económica y sobre todo sostenible. En este marco, la ingeniería no puede por sí misma superar un problema sino que requiere de otras disciplinas que no necesariamente están inscritas en el área de la ingeniería. Ello implica que los ingenieros estén en capacidad de interactuar con profesionales provenientes de otras disciplinas en la búsqueda de las alternativas que sean más óptimas social, económica y ambientalmente para la sociedad.

El avance del conocimiento. Nunca antes se había registrado una producción de conocimiento y desarrollo de nuevas tecnologías como ha estado aconteciendo desde hace varias décadas [14]. La ingeniería está avocada a apropiarse de estos avances que son indispensables para sofisticar las herramientas para recolectar, procesar y analizar información requerida para la solución de problemas. La producción de conocimiento también ha estado cambiando. Franzoni and Sauermann [18] aportan evidencia proveniente de la sistematización de varias invenciones que demuestra que cada vez más la participación de personas sin formación académica es fundamental para la producción de conocimiento. Este escenario plantea retos a los ingenieros que ahora deben interactuar con personas que sin estar preparados para hacer ciencia son vitales para hacer avanzar el conocimiento. En el caso particular de la ingeniería que ha tenido y tendrá una alta dosis de empirismo se espera que los ingenieros sean capaces de explicar de manera fundamentada por qué ciertas soluciones efectivamente solucionaron un determinado problema y por qué otras no. Los ingenieros actúan como expertos, con aquellas personas sin formación académica, que se encargan de recolectar grandes cantidades de información necesaria para llegar a conclusiones sólidas y robustas sobre las soluciones adoptadas.

Además de los anteriores desafíos, ASCE [6] menciona algunos problemas que están afectando la ingeniería civil: 1) pobres condiciones de infraestructura, 2) la corrupción en la ingeniería global y en la industria de la construcción, 3) una participación muy reducida de los ingenieros civiles en la toma de decisiones y 4) amenazas provenientes de eventos naturales, accidentes y tal vez otras causas como el terrorismo. Habría que agregar a estos desafíos la falta de investigación sistemática sobre la naturaleza de los fenómenos y sobre el comportamiento de algunos materiales que involucra la ingeniería civil. El conocimiento disponible sobre el comportamiento de los suelos, por ejemplo, es muy limitado y los ingenieros deben trabajar con un alto grado de incertidumbre que no es conveniente para la solución de problemas [19].

3. Demandas a la formación en ingeniería y en ingeniería civil

Los anteriores desafíos plantean demandas a la formación en ingeniería y en ingeniería civil. Como se ha venido sosteniendo a lo largo de este artículo, estos desafíos deben ser estudiados y asumidos, pues la formación es la encargada de garantizar que los graduados a futuro estarán en capacidad de ejercer la profesión de manera adecuada.

En cuanto a la formación en ingeniería, Conlon [20] expone las siguientes demandas:

- La justicia, equidad y la humanización del trabajo son principios sobre los cuales debe estar fundamentada la formación, y éstos deben ser promovidos desde el primer año de estudios, de tal manera que los estudiantes los perciban como una cuestión inherente a la ingeniería y la perciban tanto como un proceso social como técnico.
- Todo proyecto llevado a cabo por los estudiantes debe ser evaluado con base en los principios antes mencionados. De esta manera, los estudiantes comprenden que los proyectos no solamente deben satisfacer unos requerimientos técnicos sino también unos sociales.
- Con el fin de que los estudiantes entiendan que la tecnología es un artefacto histórica y socialmente configurado, pueden cursar asignaturas en estudios sociales de la ciencia.
- Las asignaturas en ética están pensadas para que los estudiantes conozcan los obstáculos que no permiten el ejercicio de la profesión de ingeniería y evaluar las posiciones que se toman alrededor de la profesión en el ámbito público.

ASCE [6], por su parte, plantea un perfil profesional que los estudiantes deben desarrollar durante su proceso de escolarización en los programas en ingeniería civil. Dicho perfil apunta a que los estudiantes se conviertan en:

- “Planeadores, diseñadores, constructores y operadores del motor social y económico de la sociedad: el medio ambiente edificado;
- Custodios del medio ambiente natural y sus recursos;
- Innovadores e integradores de las ideas y la tecnología en los sectores público, privado y académico;
- Gestores del riesgo y la incertidumbre causados por los eventos naturales, accidentes y otras amenazas; y
- Líderes en las discusiones y decisiones que confeccionan las políticas públicas en medio ambiente e infraestructura“ [6].

Además de los atributos del perfil antes mencionado, Angelides y Loukogeorgaki (2005), agregan que la formación debe equipar a los estudiantes con un conocimiento multidisciplinario y las habilidades apropiadas para que se puedan adaptar de manera fácil a los cambios que afrontarán en su vida profesional.

4. Nuevo enfoque para la formación de ingenieros civiles

La ingeniería históricamente ha sido una de las profesiones en las cuales el título de pregrado ha sido suficiente para adquirir un estatus profesional [12]. Pero ante los cambios que ha tenido la profesión de la ingeniería, el pregrado se empieza a ver como un nivel educativo de pre-ingeniero o “ingeniero en

entrenamiento” que requiere de la maestría y una práctica profesional para poder acceder, después a la licencia profesional, y al ejercicio posterior de la profesión de ingeniería [13].

Para alcanzar la visión descrita se propone la siguiente ruta de formación que se representa como Pregrado + Maestría + Experiencia laboral:

- Un pregrado en ingeniería civil
- Una maestría o un número de créditos académicos en programas de maestría o cursos impartidos por agencias, organizaciones con igual nivel de calidad y rigor.
- Una práctica profesional que provea una flexibilidad suficiente para conocer un cierto número de roles en que se puedan desempeñar los ingenieros en el mercado de trabajo [8].

Para el ejercicio de la profesión se propone entonces, aumentar los niveles educativos que comprende la formación de ingeniería (pregrado y maestría) y articular la formación con la experiencia profesional. En cuanto a la maestría [21], esta propuesta está en coherencia con las particularidades mismas que tiene la ingeniería civil, pues es una profesión que cuenta con varias especialidades a nivel de postgrado. Basta con observar la oferta de programas de maestría de algunas universidades que son reconocidas en el ámbito internacional por contar con una oferta de alta calidad [22-25]. Dicha oferta comprende especialidades bien definidas en ingeniería ambiental, ingeniería geotécnica, ingeniería de transportes, ingeniería de recursos hídricos, ingeniería de estructuras, y geomática, entre otras.

Esta variedad de especialidades a nivel de maestría tiene una implicación sobre los alcances educativos a los cuales debe propender la formación de pregrado. Al respecto, varios estudios coinciden en concluir que la formación de pregrado debe ser revisada en su alcance y propósitos [9]. El pregrado debe ser pensado para proveer una rigurosa y profunda fundamentación en ciencias naturales y matemáticas, humanidades, ciencias sociales y ciencias básicas de ingeniería [13]. Smith [14] argumenta que los programas de pregrado no sólo deben estar orientados a una formación más fundamentada en ciencias y las ciencias de ingeniería, sino que es imposible que ellos cubran todos los avances que se registran en la ciencia y tecnología. En consecuencia, el pregrado debe dar a los estudiantes una formación muy sólida para acceder a un nivel más complejo de educación y para un ejercicio profesional en un mercado laboral cambiante [15].

En este escenario, se propone que los programas de pregrado en ingeniería deben cubrir al menos el siguiente cuerpo de áreas del conocimiento: 1) los fundamentos en matemáticas y ciencias naturales 2) ciencias de la ingeniería 3) espectro amplio de la técnica 4) espectro amplio en ciencias sociales y humanidades y 5) espectro amplio de la práctica profesional [10].

Como se ha venido argumentando, para el desarrollo de este cuerpo de conocimiento se requiere educación más allá de la que puede proveer el pregrado. Desde un punto de vista ético y de responsabilidad, no es conveniente tratar de sobrecargar la formación de pregrado cuando ya está demostrado que el pregrado requiere una mayor articulación con la maestría. En

general, se requiere establecer nuevas formas de tránsito entre el pregrado y la maestría y apropiados lineamientos para realizar la práctica profesional. “El cuerpo de conocimiento necesario para practicar efectivamente la ingeniería civil a nivel profesional está más allá del alcance del tradicional pregrado. La formación debe combinar la excelencia técnica con la habilidad para liderar, influenciar e integrar: preparar al ingeniero para sopesar las diversas cuestiones sociales que configuran las aproximaciones óptimas para la planeación, el diseño y la construcción” [10].

5. Discusión

Es innegable que la profesión de ingeniería civil está siendo cuestionada por los cambios que están aconteciendo en la sociedad. Estos cambios no solamente están relacionados con cuestiones técnicas sino con demandas éticas y consideraciones sociales que los ingenieros civiles deben observar en su actuar profesional. La educación en ingeniería señala que el estudio de estos cambios es fundamental para alinear la formación con las demandas que se hacen en la actualidad a la profesión de ingeniería civil. La principal implicación de esta aseveración es que se debe revisar y transformar la educación que están recibiendo los estudiantes logrando no sólo que los estudiantes reciban una formación más fundamentada sino articulada con la maestría.

Durante los últimos años, se ha venido proponiendo un nuevo enfoque para formar a los estudiantes y sobre todo para garantizar que los futuros graduados estén preparados para acceder a la licencia profesional. Este enfoque se basa en el principio de revisar la naturaleza misma del pregrado. El pregrado debe estar orientado a cubrir las áreas fundamentales que permitan a los estudiantes apropiarse del lenguaje y técnicas de la ingeniería civil. La profundización en los campos propios de la ingeniería civil es una cuestión que se aborda en los programas de maestría. Estos programas por naturaleza están pensados para que los estudiantes profundicen en un campo específico de una profesión. Pero no es suficiente que los estudiantes cursen programas de pregrado y maestría. La práctica profesional es una actividad básica para que los estudiantes tengan una experiencia en el mercado de trabajo. Los valores del trabajo se aprenden indiscutiblemente en la práctica profesional y poder contar con una experiencia laboral previa a la obtención de la licencia profesional resulta fundamental para contar con profesionales idóneos para la profesión de la ingeniería civil. Para el caso colombiano en el cual el título de pregrado es el único requisito para acceder a la licencia profesional este nuevo enfoque resulta de la máxima pertinencia, pues el país requiere adoptar mecanismos que estén acordes con las prácticas utilizadas a nivel global con la ingeniería y que contribuyan a profesionalizar la ingeniería.

Varios retos deben ser asumidos a futuro para lograr consolidar este nuevo enfoque en la ingeniería civil. Estos retos están asociados a la necesidad de producir investigación en educación para ingeniería sobre estos nuevos cambios en la formación, la urgencia de que el sistema de aseguramiento de la calidad reconozca y promueva estos cambios en los programas de pregrado en ingeniería y finalmente que se piense con más seriedad el otorgamiento de las licencias profesionales.

6. Conclusiones

A pesar de la cantidad considerable de estudios que se han adelantado sobre los cambios en la ingeniería en la última década, se concluye que hay una escasez de investigación sobre estrategias para alcanzar cambios exitosos, así como de evidencia para evaluar el impacto de los cambios curriculares hechos en los programas en ingeniería. Es apenas natural que los cambios que se propongan introducir en la formación de los estudiantes demanden investigación que permita saber cuál es el camino más adecuado para lograr resultados en beneficio de los estudiantes.

Es importante anotar que estos nuevos enfoques en la formación de los ingenieros civiles requieren no sólo el conocimiento derivado de la investigación en educación en ingeniería y sistemas de evaluación, sino del reconocimiento para el otorgamiento y renovación del registro calificado [26,27] y la acreditación de alta calidad de los programas de ingeniería civil [28]. Las innovaciones curriculares que propendan por transformar la manera en que se ha venido ejerciendo la profesión de ingeniería civil deben ser reconocidas y en especial promovidas. No es recomendable para la ingeniería civil en particular, y para la ingeniería en general, continuar perpetuando modelos de formación que no son pertinentes para las demandas que se fijan a la profesión de ingeniería.

En el caso de las licencias profesionales, no basta con que los estudiantes se gradúen de un programa de pregrado para acceder a ellas. Obtener un título de maestría y una práctica profesional rigurosa y exigente deben ser reglamentados como requisitos también para la obtención de la licencia profesional. Si algo muestra la experiencia internacional es que los cambios que se proponen para la formación en ingeniería no sólo apuntan a que sea más fundamentada y articulada a la maestría sino que los aspirantes a una licencia tengan una experiencia profesional previa con miras a que realmente estén calificados para obtener dicha licencia. Se asume que la licencia profesional no debe ser asumida únicamente como una cuestión de conocimientos teóricos, sino como la certificación de unas competencias profesionales y experiencia necesarias para poder desarrollar con solvencia proyectos de impacto y responsabilidad social.

Referencias

- [1] Froyd, J.E. and Lohmann, J.R., Chronological and ontological development of engineering education as a field of scientific inquiry, in Johri, A. and Olds, B.M., Eds., Cambridge Handbook of Engineering Education Research, Ed. Cambridge University Press, UK, 2014, pp. 3-26.
- [2] Weber, M., The theory of social and economic organization. The Free Press. A division of Simon & Schuster Inc., USA, 1964.
- [3] Form, W., Ocupaciones, profesiones y carreras, in Sills, D.L., Johnson, A. and Wallis, W.A., Eds. Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales. 7, Editorial Aguilar, España, 1979, pp. 408-416.
- [4] Parsons, T., The professions and social structure, in Parsons, T., Ed., Essays in Sociological Theory, Ed The United States of America: The Free Press. A Division of Macmillan Publishing Co., Inc. 1954, pp. 37-48.

- [5] Sheppard, S.D., Macatangya, K., Colby, A. and Sullivan, W.M., Educating engineers: Designing for the future of the field. The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, USA, 2008.
- [6] ASCE, The vision for civil engineering in 2025. The American Society of Civil Engineers, USA, 2006.
- [7] Colmenares, J., Hernández, G. and Celis, J. A propósito de las licencias profesionales en ingeniería, *Anales de Ingeniería*, 126, pp. 12-15, 2013.
- [8] ASCE, Civil Engineering Body of Knowledge for the 21st Century. Preparing the Civil Engineer for the Future. The American Society of Civil Engineers, USA, 2008.
- [9] RAE, Achieving excellence in engineering education: The ingredients of successful change, The Royal Academy of Engineering & Massachusetts Institute of Technology, UK, 2012.
- [10] ASCE, 2014-2015 Policies and Priorities. The American Society of Civil Engineers, USA, 2014.
- [11] Behrentz, E., ¿Sirve la licencia profesional en Ingeniería?, in *El Tiempo*, ed. El Tiempo, Bogotá, Colombia, 2015.
- [12] Duderstadt, J.J., Engineering for a changing world: A roadmap to the future of engineering practice, research, and education. The University of Michigan, USA, 2008.
- [13] NAP, Educating the engineer of 2020: Adapting engineering education to the new century. The National Academies Press, USA, 2005.
- [14] Smith, R., La formación científica del ingeniero para el año 2020, en *El Ingeniero Colombiano del año 2020: Retos para su formación*, ACOFI, Ed., ACOFI, Bogotá: 2007, pp. 174-196.
- [15] 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
- [16] UN, World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. United Nations, USA, 2015.
- [17] Angelides, D.C. and Loukogeorgaki, E., A strategic approach for supporting the future of civil engineering education in Europe, *European Journal of Engineering Education*, 30, pp. 37-50, 2005 DOI: 10.1080/03043790512331313822
- [18] Franzoni, C. and Sauermann, H., Crowd science: The organization of scientific research in open collaborative projects, *Research Policy*, 43, pp. 1-20, 2014. DOI:10.1016/j.respol.2013.07.005
- [19] Burland, J., Terzaghi: Back to the future, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66, pp. 29-33, 2007. DOI:10.1007/s10064-006-0083-9
- [20] Conlon, E., The new engineer: Between employability and social responsibility, *European Journal of Engineering Education*, 33, pp. 151-159, 2008. DOI:10.1080/03043790801996371
- [21] UNESCO, International standard classification of education. ISCED 2011. Canada: UNESCO Institute for Statistics, 2012.
- [22] ICL, MSc Student Handbook. Imperial College London, UK, 2014.
- [23] Purdue University, Civil Engineering Graduate Student Handbook. Purdue University, USA, 2014.
- [24] UI, Civil and Environmental Engineering Graduate Handbook 2015-2016. The University of Illinois, USA, 2015.
- [25] UN-Lincoln, Civil Engineering Graduate Handbook. University of Nebraska, Lincoln, USA, 2014.
- [26] CRC, Ley 1188 de 2008. Por la cual se regula el registro calificado de programas de educación superior y se dictan otras disposiciones. Bogotá: Congreso de la República de Colombia, 2008.
- [27] MEN, Decreto 1295 de 2010. Por el cual se reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional, 2010.
- [28] CNA, Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado. Bogotá: Consejo Nacional de Acreditación, 2013.

Su intereses de investigación están concentrados en el estudio experimental del comportamiento mecánico de los suelos, mecánica de suelos no-saturados y en la enseñanza de la Ingeniería.

ORCID: 0000-0002-1485-0327

J. Celis, recibió el título de Sociólogo en (2001), el título de MSc. en Sociología en (2001) de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia y el título de MSc en Estudios Comparados e Internacionales en Educación en (2015) de la Universidad de Estocolmo, Estocolmo, Suecia. Ha trabajado como consultor para COLCIENCIAS, Ministerio de Educación Nacional, Banco Mundial, entre otros. Ha sido investigador en las Universidades Nacional de Colombia y Andes. Sus intereses investigativos incluyen: formación doctoral; inserción de doctores al sector productivo; transferencia tecnológica; educación media.

ORCID: 0000-0003-0410-5953

J.E. Colmenares, es Ingeniero Civil en (1989) y MSc en (1996) (en Geotecnia, ambos de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; MSc y DIC en (1997) en Mecánica de Suelos y Geotecnia Ambiental y Dr of Philosophy en (2002) del Imperial College de la Universidad de Londres, Reino Unido. Es Profesor Titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, en donde desarrolla actividades académicas desde (1992).