



# **EVALUACIÓN DE RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN UNA ZONA ALTAMENTE VULNERABLE DE BOGOTÁ D.C., COMO OPORTUNIDAD PARA FORTALECER EL COMPROMISO SOCIAL DEL INGENIERO CIVIL EN FORMACIÓN**

**Blanca Elvira Oviedo Torres, Carlos Eduardo Rodríguez Pineda**

**Pontificia Universidad Javeriana  
Bogotá, Colombia**

## **Resumen**

La Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgos por Movimientos en Masa permitió abordar, desde el Departamento de Ingeniería Civil, la necesidad sentida de los habitantes de un sector al Suroriente de Bogotá de conocer qué tan vulnerables son ante la eventual ocurrencia de deslizamientos por encontrarse ellos sobre el cerro oriental, así como entender qué medidas de mitigación podrían aplicarse para reducir el riesgo asociado.

La población en riesgo está ubicada en 11 de los 17 barrios que componen el territorio conocido como Bolonia, el cual hace parte de la Unidad de Planeación Zonal Gran Yomasa en localidad 5ª Usme, con los cuales, el Programa Social PROSOFI de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pontificia Javeriana, ha venido trabajando desde el año 2010.

Teniendo en cuenta el área de interés y la condición de vulnerabilidad física y social de sus habitantes, se plantea un proyecto para que estudiantes de Ingeniería Civil y de Maestría en Ingeniería Civil, evalúen el nivel de riesgo por deslizamiento que pueden llegar a tener las personas del sector y, a la vez evidencien y cultiven el sentido social que tiene su profesión, así como los aportes que pueden dar a un territorio que lo requiere. El proyecto, desde lo disciplinar, incluye evaluar la amenaza por deslizamientos a escala detallada; evaluar la vulnerabilidad física a escala detallada; establecer la variabilidad espacial del riesgo donde se incluyan zonas de conservación ambiental y clasificación como riesgo alto mitigable y no mitigable; y proponer un plan de medidas de mitigación del riesgo para la comunidad.

Se encontró que las pérdidas económicas se pueden reducir si se restringe el desarrollo en áreas de pendiente escarpada con deslizamientos identificados; se hace uso de códigos de excavación, perfilados y construcción; se aplican medidas físicas como estructuras de drenaje, modificación de la geometría y estructuras de estabilización; se desarrollan e implementan sistemas de alerta temprana.

El proyecto contó con la participación de aproximadamente 40 estudiantes de pregrado, 2 de maestría, el equipo del Programa Social PROSOFI y 2 docentes de Ingeniería Civil.

**Palabras clave:** gestión del riesgo; enseñanza - aprendizaje; compromiso social; Prosofi

## 1. INTRODUCCIÓN

La formación del Ingeniero Civil tiene, entre otros más, dos aspectos relevantes que son deseables para el correcto ejercicio profesional: el enfoque de Gestión del Riesgo para el abordaje de problemáticas relacionadas con la ingeniería y el compromiso social que exige la disciplina.

La Gestión del Riesgo está parcialmente desarrollada en el currículo de la Carrera de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana y, además, el estudiante tiene la posibilidad de profundizar en aspectos relacionados con las diferentes variables asociadas al riesgo físico en trabajo de grado o Maestría. El compromiso social se aborda desde la Vicerrectoría del Medio Universitario con campañas globales y con la asignatura Proyecto Social Universitario, la cual tiene como propósito principal acercar al estudiante a la realidad del País y proponer soluciones, desde su saber, a problemáticas sociales.

Adicional a lo anterior, la carrera de Ingeniería Civil ha desarrollado proyectos ambientales y de sensibilización constructiva en barrios del territorio Bolonia en la localidad de Usme de Bogotá. Allí, con el modelo de trabajo del Programa Social Prosofi, también de la Facultad de Ingeniería, se ha logrado establecer unos diálogos permanentes con la comunidad y conocer de cerca las problemáticas del sector. Entre las problemáticas sentidas, los habitantes manifiestan que se sienten afectados por la alta probabilidad de deslizamientos los cuales, de suceder, podrían afectar sus viviendas y su vida.

Los dos elementos anteriores: enseñanza de Gestión del Riesgo y las condiciones de vulnerabilidad física de un territorio, se unen en una metodología desarrollada para fortalecer el compromiso social del Ingeniero en formación.

Como resultado de esta metodología aplicada en el último año, se han obtenido productos que le permiten a la comunidad conocer más acerca de su vulnerabilidad ante el riesgo por deslizamientos, estudiantes que apropian en la práctica los conceptos de Gestión del Riesgo y futuros ingenieros con mayor sensibilidad hacia

aquellas personas que, eventualmente, podrían requerir de la obra y asesoría de un ingeniero civil para salvaguardar su vida.

## 2. ANTECEDENTES

Desde sus inicios en 1930, la Carrera de Ingeniería Civil ha realizado acciones para crear sensibilidad y responsabilidad social de sus estudiantes y docentes, entre ellas, la capacitación gratuita a maestros de la construcción. Esta experiencia, generó una sensibilidad docente particular que dio origen a la asignatura Proyecto Social Universitario (PSU) cuyo objetivo es “promover el liderazgo y la gestión de los procesos de mejoramiento social en el país; aplicar los conocimientos y habilidades propias de la Ingeniería en una situación de índole social; generar espacios de reflexión y sensibilización en un contexto de relevancia social; fortalecer las dimensiones del estudiante para contribuir en su formación integral; incrementar en el estudiante su capacidad de investigación y creatividad para que pueda desempeñarse en cualquier área de la profesión” (Carrera de Ingeniería Civil, 2017).

Posteriormente, la docente de Ingeniería Civil que tenía a cargo la asignatura PSU, junto con la coordinadora de Proyección Social de la Facultad, docentes, investigadores, directivos y administrativos, formulan en el año 2009 el Programa Social Prosofi como un modelo de formulación de proyectos académicos cuya finalidad sea fortalecer comunidades marginadas dejando procesos para que ellas mismas promuevan su propio desarrollo. En el año 2010 se comienza a trabajar con metodologías de acción participativa, con el territorio de Bolonia en la localidad de Usme en Bogotá (Méndez, Linares, & Pérez, 2013).

La comunidad de este territorio aporta con sus necesidades sentidas, definiéndose inicialmente 6 líneas de acción que permiten formular los proyectos académicos desde la Facultad de Ingeniería, convocando a otras Facultades. Entre las líneas se encuentra “Infraestructura del Espacio Público, Vivienda y Equipamiento Comunitario” puesto que, en ese entonces, año 2010, estos aspectos son especialmente relevantes para los habitantes de los barrios del sector. Posteriormente, en el año 2015, en el espacio de participación ciudadana denominado **Mesa Territorial del Sector Bolonia**, se evidencia la percepción del riesgo que tiene la comunidad ante eventos de deslizamientos con base en ocurrencias y afectaciones por frecuentes procesos de remoción en masa, algunos de alto impacto. Es así como se define la séptima línea de acción de Prosofi: “Gestión Integral del Riesgo” (Oviedo - Torres & Rodríguez - Pineda, 2016) y se plantea inicialmente aportar al territorio con una evaluación del riesgo por deslizamientos.

## 3. MARCO CONCEPTUAL

Se utilizará como marco conceptual la Ley 1523 del año 2012 promulgada por el Congreso de la República de Colombia por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del

riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones. Esta ley establece los siguientes conceptos:

Amenaza: “de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales”.

Análisis y evaluación del riesgo: “Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas ocurran. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación”.

Gestión del riesgo: “Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible”.

Riesgo de desastres: “Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad”.

Vulnerabilidad: “Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos”.

La figura 1 muestra el enfoque de gestión del riesgo utilizado en el proyecto.

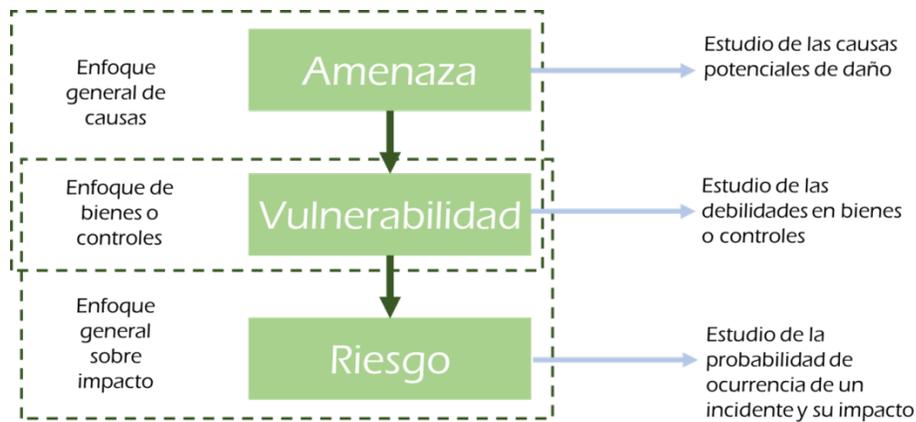


Figura 1. Conceptos básicos dentro de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (Sánchez Valbuena, Bocanegra Londoño, & Rodríguez Pineda, 2016)

#### 4. METODOLOGÍA

Temas tales como ética profesional, ejercicio responsable de la profesión, el potencial de la ingeniería para entender y dar solución a problemas sociales desde su quehacer, y otros que son reto para los docentes en cuanto a la manera de transmitir - recibir, enseñar - aprender y asegurar apropiación por parte de los estudiantes, se pueden abordar desde la praxis con sentido en asignaturas, complementando la teoría con apuestas reales en territorios vulnerables que requieren algún tipo de asesoría técnica.

En el pensum de la carrera de Ingeniería Civil los estudiantes interesados en estudiar o investigar en Gestión del Riesgo, lo pueden hacer con el énfasis en Geotecnia o en su Trabajo de Grado, sin embargo, no existe una línea específica o asignatura que involucre temáticas de gestión del riesgo físico que permitan ejecutar asertivamente, en el marco de la docencia, una práctica que las desarrolle. Es así que se aprovecha la flexibilidad de la asignatura PSU para definir proyectos que abarquen temas disciplinares como lo es la Gestión del Riesgo Físico.

Se plantea un estudio de caso con el ánimo de aportar conocimiento del riesgo a la comunidad que tiene interés sentido y expresado a través de sus representantes comunales, que es desarrollado por estudiantes de 8°,9° y 10° semestre de Ingeniería Civil que toman la asignatura PSU. El proyecto de "Evaluación del Riesgo por Deslizamientos en el Sector Bolonia" se desarrolla siguiendo la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, publicada por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2015, por ser ésta una herramienta técnica que, además, permite generar información para toma de decisiones de los municipios respecto al ordenamiento territorial y la gestión del riesgo (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Se complementa con los criterios dados por la Microzonificación Sísmica para Bogotá y se evalúa el riesgo sísmico de acuerdo con los lineamientos dados por el

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010).

El reconocimiento de amenazas se inicia con el reconocimiento visual de los barrios que tradicionalmente componen el sector a estudiar, recorriendo sus calles y haciendo una tipificación de las viviendas de acuerdo al número de pisos construidos, materiales utilizados, ocupación y técnicas constructivas. Es de esperar que en barrios altamente vulnerables a los deslizamientos se encuentren algunas zonas de desarrollo de vivienda ilegal; desarrollos de vivienda progresivos; desarrollos de vivienda formales; canteras activas, abandonadas o en recuperación; plantaciones forestales; áreas naturales protegidas y equipamientos (Sánchez Valbuena, Bocanegra Londoño, & Rodríguez Pineda, 2016).

Una vez tipificadas las viviendas, se selecciona una muestra suficiente para conocer detalles de la construcción y ser analizados desde su interior y exterior. La visita técnica realizada a cada una de estas viviendas permite llenar un instrumento de registro de las variables relacionadas con las amenazas y aquellas que definen la vulnerabilidad ante deslizamientos y sismos. Posteriormente se realiza la evaluación del riesgo, donde, junto con las pérdidas calculadas en bienes físicos y personas, se da una categorización individual de riesgo que puede ser bajo, medio o alto.

Las visitas técnicas son complementadas con visitas del equipo social de Prosofi, en las cuales se recoge información socioeconómica que es utilizada en el análisis de vulnerabilidad social. Por lo general, la visita técnica y la social, se realizan de manera simultánea.

Se vinculan estudiantes de Maestría en Ingeniería Civil quienes dirigen el trabajo de los estudiantes de pregrado. Este esquema de trabajo permite recolectar información la cual es analizada para realizar los análisis de amenaza y valoración del riesgo.

En el análisis de la amenaza se obtiene como primer resultado un mapa a 1:5000 donde se zonifica la amenaza básica en una escala de alta, media y baja. Seguido a esto, se identifican las zonas con amenaza alta a las cuales se les realiza una zonificación detallada de la amenaza a 1:2000, lo que da paso al análisis de la vulnerabilidad sobre la fragilidad de bienes físicos como viviendas y equipamiento comunitario; sobre líneas vitales como redes de acueducto, alcantarillado, eléctricas y vías; y personas. Se incluyen modelaciones de la intensidad del movimiento en masa teniendo en cuenta el escenario de movimientos lentos, dando como resultado unos niveles de daño que da la zonificación de la vulnerabilidad en baja, media y alta.

Teniendo en cuenta los resultados de vulnerabilidad y amenaza a escala 1:2000 se calcula el riesgo de pérdidas en bienes físicos y personas y se genera un mapa de riesgos por deslizamientos a escala 1:2000. El mapa va acompañado de la calificación del riesgo como mitigable o no mitigable, de lo cual depende proponer obras a realizar en la zona afectada para mitigar el riesgo.

La evaluación del riesgo da lugar a proponer diferentes acciones en búsqueda de la prevención y mitigación del riesgo y de la atención de emergencias, tales como:

- Planes de Contingencia con base en guías propuestas por el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático, DIGER siendo éste la autoridad distrital competente en gestión del riesgo (IDIGER, 2012)
- Diseño de obras de estabilización
- Capacitación como estrategia de gestión que mejora la capacidad de respuesta de la comunidad ante emergencias
- Material educativo para fortalecer conceptos y prácticas constructivas (Magallón-Gudiño, López, & Rodríguez, 2014)
- Charlas, talleres y capacitaciones en prevención del riesgo y primer respondiente
- Análisis de vulnerabilidad física en viviendas
- Consultorio constructivo con el objetivo de asesorar a dueños de viviendas en cuanto a los elementos estructurales que se deben intervenir para reducir la vulnerabilidad de sus casas
- Propuestas de gestión

La metodología, en un territorio de aproximadamente 20.000 habitantes, puede desarrollarse en mínimo tres años contando con los recursos de estudiantes, docentes expertos, articuladores y acompañamiento social suficiente. La figura 2 muestra la línea de tiempo propuesta:

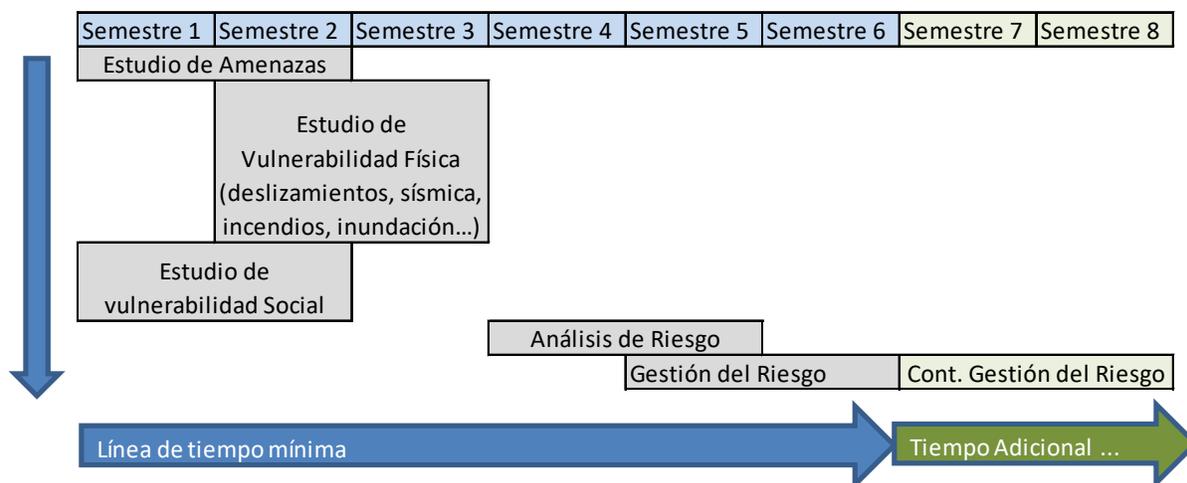


Figura 2. Propuesta de tiempo para el desarrollo de la metodología. Fuente: los autores

Recordando que uno de los objetivos del proyecto es fortalecer el compromiso social del Ingeniero Civil en formación, cada etapa propuesta debe ir acompañada de un espacio de diálogo comunitario y otro interdisciplinar, en donde se permita la reflexión de los hallazgos en el territorio y el estudiante tenga la posibilidad de decantar las realidades sociales y, por supuesto, las condiciones físicas en las que se enmarca cada etapa del proyecto.

## 5. RESULTADOS

El proyecto efectivamente garantiza que los estudiantes tengan la posibilidad de profundizar en la Gestión del riesgo. A continuación, algunos ejemplos de los hallazgos específicos en el territorio estudiado, que abarcan diferentes aspectos técnicos de la Gestión del Riesgo:

- En las edificaciones en las que se realizó la visita técnica se pudo constatar en mayoría fueron construidas sin estudios y diseños incumpliendo con normativas como la norma sismo-resistente. Esto ocurre, entre otras cosas, porque las viviendas fueron construidas antes de la promulgación de la norma.
- Las viviendas obtuvieron valores altos de los parámetros de fragilidad lo que incrementa la vulnerabilidad de aquellas ubicadas en zonas de amenaza alta.
- En el caso de estudio, en las zonas de riesgo mitigable, aplica proponer la construcción de muros en gavión como estructuras de contención, estructuras de drenaje superficial para conducir el caudal de escorrentía, trinchos de pilotes en madera en las zonas donde los modelos den como resultado superficies de falla un poco más profundas.
- Uno de los objetivos que buscó el proceso fue obtener información metodológica para fortalecer la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgos por Movimientos en Masa del SGC.
- Se lograron grandes avances en el diagnóstico de la vulnerabilidad social de la zona.
- Se estima que la tendencia de exposición a riesgos naturales en el sector tiende aumentar debido al incremento de la urbanización y el desarrollo en zonas de alta pendiente, adicionando la probabilidad de que la precipitación regional media sea mayor causada por efecto del cambio climático.

Desde el punto de vista de la formación integral del estudiante, se crea una metodología propia para la enseñanza teórico-práctica de Gestión del Riesgo con un enfoque social al estar enfocada en un territorio altamente vulnerable, la cual puede ser replicada en otros lugares de la geografía colombiana.

Desde el punto de vista académico, esta metodología invita a la discusión sobre lo propuesto en la guía de referencia (Servicio Geológico Colombiano, 2015), a partir de la experiencia obtenida en el estudio de caso y, eventualmente, permitiría proponer ajustes a la misma.

## 6. CONCLUSIONES

La Evaluación de Riesgos por Deslizamientos permite que los estudiantes de Ingeniería Civil se acerquen a realidades de sectores cuya construcción tradicional de la vivienda no cumple con la normatividad de vigente.

Al realizar inspección visual recorriendo las calles de sectores vulnerables física y socialmente, los estudiantes comprenden el valor de las buenas prácticas

constructivas, de realizar obras de mitigación y de implementar medidas de respuesta. Adicionalmente, se sensibilizan ante la posibilidad de un desastre por la ocurrencia de deslizamientos o sismos ya que dimensionan con mayor facilidad los costos en vidas y en bienes materiales o ecosistémicos. Por lo anterior, se invita tácitamente al ejercicio ético de la profesión.

Las visitas técnicas y sociales que reúnen la información requerida para los análisis de vulnerabilidad, le ofrecen a los estudiantes “ver” la vivienda de otra forma, no solo de manera instrumental, ya que ellos reconocen personas y pueden “humanizar” y valorar aún más los datos obtenidos y los hallazgos del estudio realizado.

En los estudiantes se genera la visión de que la ingeniería civil tiene otros campos de acción y alcances en el bienestar y cuidado directo de las personas, más allá de la creación de infraestructura.

La enseñanza de temas de riesgo y gestión del riesgo a ingenieros civiles en formación permite que los futuros profesionales tengan mayor versatilidad para ejercer su carrera y a la vez, fortalecer su conciencia social generando en ellos un impacto en lo técnico y en lo personal.

## 7. PROYECCIÓN

Queda la pregunta y el reto de cómo garantizar y evaluar la apropiación de las personas de la comunidad en cuanto al conocimiento del riesgo y la gestión del mismo y reconocer hasta dónde puede acompañar la universidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Artículos de Revistas

- Méndez, S., Linares, A., & Pérez, B. (2013). PROSOFI, un modelo académico para acompañar el desarrollo integra de comunidades marginales. *Revista Educación en Ingeniería*, 69-82
- Oviedo - Torres, B. E., & Rodríguez - Pineda, C. E. (diciembre de 2016). Línea de acción y proyecto marco enfocados a la docencia e investigación en Gestión del Riesgo en Bolonia, Usme. *Innova - Boletín Informativo del Instituto de Estudios del Ministerio Público* (27), págs. 16 - 22

### Normas y Leyes

- Congreso de Colombia. (24 de 04 de 2012). Ley 1523. Bogotá D.C., Colombia.
- IDIGER. (2012). Guía para elaboración de Planes de Emergencias y Contingencias. Bogotá D.C., Colombia

- Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial. (2010). NSR-10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Bogotá D.C., Colombia
- Servicio Geológico Colombiano. (2015). Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa. Único. Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano

### Libros y otros

- Carrera de Ingeniería Civil. (2017). Syllabus asignatura Proyecto Social Universitario. Catálogo de Cursos. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Magallón-Gudiño, J. A., López, C. T., & Rodríguez, C. E. (2014). Cartilla de Autoconstrucción para vivienda de uno y dos pisos. Bogotá, Colombia: PROSOFI.
- Sánchez Valbuena, F. A., Bocanegra Londoño, V., & Rodríguez Pineda, C. E. (2016). Evaluación del riesgo por deslizamientos, aplicando la guía del Servicio Geológico Colombiano, en un estudio de caso. Bogotá D.C., Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.

### Sobre los autores

- **Blanca Elvira Oviedo Torres** MSc. Ingeniera de Sistemas, Master Science en Geociencias – Meteorología. Coordinadora Programa Social Prosofi. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana. E-mail: [b.oviedo@javeriana.edu.co](mailto:b.oviedo@javeriana.edu.co)
- **Carlos Eduardo Rodríguez Pineda** PhD. Ingeniero Civil. Maestría en Ingeniería Geotécnica. Doctorado en Ingeniería Civil. Profesor Asociado al Departamento de Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Javeriana. E-mail: [crodriguezp@javeriana.edu.co](mailto:crodriguezp@javeriana.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)