

Aprendizaje basado en investigación: estudio de caso de Proyecto Dirigido en ingeniería civil

María Fernanda Serrano Guzmán & Diego Darío Pérez Ruíz

Programa de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería y Ciencia, Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia,
maria.serrano@javerianacali.edu.co, ddperez@javerianacali.edu.co

Resumen— En la asignatura Proyecto Dirigido de la carreta de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana Cali se ha contemplado un contenido centrado en investigación formativa donde el estudiante de pregrado resuelve un problema académico propio de la industria empleando el método científico bajo un esquema de trabajo independiente supervisado por el docente. El curso no posee un currículo definido por el programa y en su lugar, cada docente sigue un estilo pedagógico centrado en la investigación constituyéndose en una asignatura con verdadera libertad de cátedra. El objetivo de este estudio fue conocer la percepción del estudiante frente a la implementación de la investigación como eje central en este curso. Para adelantar el estudio se recopiló información contactando a los estudiantes que matricularon la asignatura durante seis semestres. Se concluye, que la investigación facilita la enseñanza, pero no debe imponerse su uso en todas las asignaturas.

Palabras Clave— Aprendizaje, investigación, educación en ingeniería, estudio independiente, enseñanza, formación profesional

Recibido: 18 de noviembre 2021. Revisado: 26 de abril de 2022. Aceptado: 30 de junio de 2022.

Research-based learning: Case study for Directed Project in Civil Engineering

Abstract— In the Directed Project in Civil Engineering Program at Pontificia Universidad Javeriana Cali has been included a course focused on formative research where undergraduate student solves an academic problem typical of the industry using the scientific method under an independent work supervised by a professor. The course does not have a curriculum defined by the program and instead, each professor follows a pedagogical style focused on research, becoming a subject with true academic freedom. The objective of this study is to know the student's perception of research implementation as a central axis in this course. To advance this research, the different students who enrolled in the subject for six semesters were linked. It is concluded that research facilitates teaching, but its use should not be imposed in all courses.

Keywords— Learning, work, engineering education, independent study, teaching, professional education

1 Introducción

Las instituciones de educación superior siguen unos lineamientos académicos definidos por el ente gubernamental responsable de legislar sobre los aspectos educativos de cada país. Así mismo, los programas académicos organizan sus intencionalidades formativas en una malla curricular conformada por asignaturas o cursos, de manera que puedan conferir el título técnico o profesional a los educandos, una vez cumplidos todos los requisitos exigidos para ello. Cada asignatura o curso de la malla curricular cuenta con el syllabus que describe los contenidos temáticos, los recursos bibliográficos y, en el mejor de los casos, las estrategias

pedagógicas planteadas para el logro de las habilidades transversales [1] que le permitirán un adecuado ejercicio laboral con la capacidad para solucionar problemas [2] propios de su disciplina y anticiparse a los posibles imprevistos [3] a los cuales pudiera enfrentarse durante su desempeño ocupacional. De esta forma, un buen profesional emplea lo aprendido para atender las situaciones en su diario vivir [4] [1] interactuando la mayoría de las veces en un equipo de trabajo en donde tendrá la oportunidad de plantear sus iniciativas respetando las ideas de los demás [5].

La urgente necesidad de responder a las exigencias propias del entorno laboral hace que algunas instituciones educativas se interesen en mejorar las competencias de los estudiantes razón por lo cual actualizan las técnicas y las prácticas pedagógicas [6], decisión que implica acciones administrativas y académicas. El proceso de enseñanza aprendizaje demanda la planeación cuidadosa de estas decisiones, preferiblemente exponiendo al educando a situaciones de la vida real [7] en donde el acompañamiento y guía del educador son fundamentales [5]. Para el caso universitario se permite que se emplee, entre otras herramientas existentes, la investigación alrededor de temas propios del ejercicio profesional [8].

La autonomía específica de la pedagogía en el aula incita al dinamismo de la diversidad en las actividades didácticas, yendo más allá de las clases magistrales tan útiles para un segmento de la población estudiantil [9], brindando respuesta de esta forma a los cambios del medio [10] empleando variedad de estrategias que pueden requerir trabajo independiente, trabajo en grupo, trabajo en el aula o fuera de ella, o una mezcla de estos. Sin lugar a duda puede afirmarse que el espacio del aula de clase bien sea presencial o virtual como ha ocurrido en estos tiempos de pandemia, es ideal para producir las actividades educativas e instructivas [7] las que generan diferentes impactos en los educandos [11]. Particularmente, métodos como aprendizaje basado en experimentación [12], aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en juegos y aprendizaje basado en investigación son muy empleados para promover el desarrollo de competencias en los educandos [13] mediante el trabajo en equipo y colaborativo [14]. Sea cual sea el método empleado son piezas claves el interés y la motivación del estudiante, quien es agente activo de su proceso de aprendizaje [15], así como también, el liderazgo del docente [16] quien debe seleccionar adecuadamente los contenidos [17], supervisar las actividades dentro y fuera del aula [18], orientar tanto el trabajo individual como el trabajo colaborativo y en

equipo cuando es requerido [19] y evaluar los resultados en función de las competencias que logran los estudiantes [16].

En este artículo se presenta un estudio de caso del uso de la investigación como eje central en el curso Proyecto Dirigido en Ingeniería Civil. El objetivo principal fue conocer la percepción de los estudiantes referente a la dinámica pedagógica del curso con la que se espera que se cualifiquen los futuros profesionales mediante investigaciones adelantadas sobre temas relacionados con su perfil ocupacional.

1.1 Proyecto Dirigido: un curso de pregrado centrado en la investigación

El programa de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana Cali con más de 21 años de existencia y 754 egresados ha alcanzado en dos oportunidades la acreditación nacional otorgada por el Ministerio de Educación Nacional en Colombia y en el 2016 la acreditación internacional de Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). Actualmente, se está preparando para la tercera acreditación nacional y la primera Acreditación de Carreras Universitarias para el Reconocimiento Regional de la Calidad Académica de las Respectivas Titulaciones en el Mercosur y Estados Asociados-ARCUSUR. La actual conformación de la malla curricular de este programa incluye en su totalidad 39 créditos (22,3%) de Ciencias Básicas y Matemáticas, 12 créditos (6,9%) de Ciencias de Ingeniería, 98 créditos (56%) de Ingeniería Aplicada y 26 créditos (14,9%) de Contenido Complementario [20].

Particularmente, la flexibilidad además de ser una recomendación en los procesos de alta calidad, es una característica propia del programa de Ingeniería Civil. Justamente, el componente flexible se hace visible mediante la oferta de las asignaturas complementarias que le permiten al estudiante la opción de atender cursos de programas de la Universidad, cursos de otras universidades, así como también matricular el curso de Proyecto Dirigido que se basa en el aprendizaje basado en investigación, siendo esta última opción un medio adecuado para acercar o cerrar la brecha existente entre teoría y práctica [21].

La asignatura de Proyecto Dirigido, que puede tener un reconocimiento de uno a tres créditos dependiendo de la complejidad, es registrada por el estudiante con un tema específico, la mayoría de las veces definido por el profesor. La meta de este curso es el fortalecimiento de la investigación formativa y los estudiantes suelen obtener una calificación aprobatoria, por lo general, por encima de 4,0/5,0, hecho que hace doblemente atractivo acceder a ella: aprendizaje mediante la investigación y buena nota para mantener o mejorar el promedio.

Cabe destacar que Proyecto Dirigido es una asignatura que se desarrolla de manera individual con el estudiante, es decir, no es un curso regular en el que hay un número nutrido de participantes, de modo que el contenido o syllabus varía de un semestre a otro; además, puede ser registrada en cualquier momento de la vida académica, aunque algunos estudiantes nunca la matriculan porque no es una asignatura obligatoria.

El procedimiento administrativo para la matrícula de este curso es distinto al procedimiento seguido para la matrícula o el

registro de un curso regular que se hace a través de una plataforma digital. Para el caso del Proyecto Dirigido, se diligencia la matrícula de manera manual y se hace llegar el formato (Tabla 1) debidamente firmado por el profesor responsable de esta materia. La información de este formato le permite al ordenador del gasto conocer los recursos que se requerirán para el cumplimiento del alcance de la asignatura y el esquema de evaluación que regirá a lo largo del semestre regular. Si bien es cierto el estilo administrativo para el proceso de matrícula varía de una institución a otra, también es cierto que el formato aquí presentado resume aspectos que pudieran ser útiles como evidencias de flexibilidad del programa. Le corresponde al director de Carrera incluir esta asignatura al portal digital disponible para la administración de la matrícula académica de cada estudiante.

El profesor responsable del Proyecto Dirigido define los objetivos (general y específicos), así como el alcance del trabajo de investigación que realizará el estudiante. Según esto, los recursos de cada curso pueden variar, así como los esquemas de evaluación. Dependiendo justamente del alcance y de las actividades propuestas se decide si este curso puede reconocerse por uno, dos o tres créditos. Y, según el número de créditos, se establecen las horas de trabajo presenciales.

En este estudio de caso se presenta la percepción del estudiante de pregrado con relación al impacto que tiene el Proyecto Dirigido en su formación profesional. En este trabajo participaron estudiantes que tomaron la asignatura de un crédito entre los años 2017 y 2020. El estudio mostró que el 37,5% de las investigaciones adelantadas por los estudiantes fueron publicadas en revistas internacionales y el 100% de los trabajos fueron divulgados por lo menos en un evento.

2 Metodología

El enfoque metodológico del estudio es de tipo analítico-descriptivo propio de los trabajos en el aula en donde se evalúa la integración de los actores de la realidad (el estudiante como sujeto y la investigación formativa como objeto de estudio) [22]. Este trabajo permitió el ajuste del modelo pedagógico seguido en el curso Proyecto Dirigido y ratifica la posibilidad de articulación de la investigación educativa con las realidades del entorno ocupacional del futuro profesional. Los principales componentes del estudio se presentan a continuación.

- Pregunta de investigación. Según los estudiantes del curso Proyecto Dirigido, ¿qué competencias incentiva la investigación formativa en un curso de pregrado centrado en investigación formativa?
- Tipo de investigación. Analítico descriptivo
- Sujetos que intervienen. Sujetos activos: En este estudio de caso participaron ocho estudiantes que tomaron el curso Proyecto Dirigido durante 6 semestres como se muestra en la Tabla 2. Sujetos pasivos: Docentes responsables del curso y responsables de la recolección de información.
- Técnica de recolección de datos. Entrevista personalizada siguiendo una encuesta estructurada aplicada a los estudiantes que adelantaron su investigación relacionada con gestión de obras de infraestructura pública: saneamiento básico, vías y vivienda.

Tabla 1
Instructivo para matricular Proyecto Dirigido en Ingeniería Civil

PROGRAMA ACADÉMICO		DÍA	MES	AÑO	PERÍODO
ID ESTUDIANTE		1ER APELLIDO	2DO. APELLIDO	NOMBRES	
NOMBRE DEL PROFESOR					
TÍTULO DEL PROYECTO					
OBJETIVO GENERAL					
OBJETIVOS ESPECÍFICOS					
ALCANCES DEL PROYECTO					
RECURSOS REQUERIDOS					
EVALUACIÓN					
PRIMERA:	%	FECHA:	NOTA DEFINITIVA		
SEGUNDA:	%	FECHA:			
TERCERA:	%	FECHA:			
NOMBRE Y FIRMA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DIRIGIDO		NOMBRE Y FIRMA DEL DIRECTOR DE CARRERA			

Fuente: Autores

Tabla 2
Tema de investigación

Curso registrado	Posición semestral del estudiante	Periodo	Requisito divulgación	Requisito trabajo de campo	Tema de investigación
Estudiante 1	VII	2017-2	x		Vías
Estudiante 2	V	2018-1	x		Vivienda
Estudiante 3	V	2019-1		x	Vivienda
Estudiante 4	V	2019-1		x	Vivienda
Estudiante 5	V	2019-2	x		Vías
Estudiante 6	V	2020-1	x		Saneamiento básico
Estudiante 7	V	2020-2	x		Saneamiento básico
Estudiante 8	VI	2020-2	x		Vivienda

Fuente: Autores

Para la recolección de información se aplicó un instrumento (encuesta) que permitió conocer acerca de la percepción del estudiante sobre el desarrollo de ciertas habilidades, así como también, su autoevaluación en función de su desempeño y las opciones de mejora en la metodología del curso.

3 Resultados

Para efectos administrativos de la actividad docente, cada curso de Proyecto Dirigido se reportó en el plan de trabajo del docente con un código diferente y los docentes participantes tenían previamente asignada una labor académica entre 9 y 12 horas de clase. El curso Proyecto Dirigido se ofreció con una intensidad horaria de trabajo presencial de una hora por semana que se añade a la labor académica de los docentes. Según los resultados de la encuesta, todos los estudiantes que participaron en este estudio consideraron que el desarrollo de la investigación adelantada en el Proyecto Dirigido aportó en gran medida a su proceso de formación. Así mismo, manifestaron que la metodología seguida en el semestre fue adecuada y no se enunciaron aspectos desfavorables o por mejorar. A continuación, se exponen otros hallazgos particulares relacionados con las demás preguntas de la encuesta.

Según el Ministerio de Educación Nacional en Colombia el crédito académico es la unidad de medida que permite

establecer el tiempo que un estudiante emplea para atender los requisitos académicos de un curso. Para semestres de 16 semanas, una asignatura de un crédito representa 48 horas totales de trabajo del estudiante, incluidas las horas de acompañamiento directo con el docente (1h) y dos horas de trabajo independiente [23]. La docencia directa del Proyecto Dirigido adelantado fue de una hora/semana (h/s) (Figura 1).

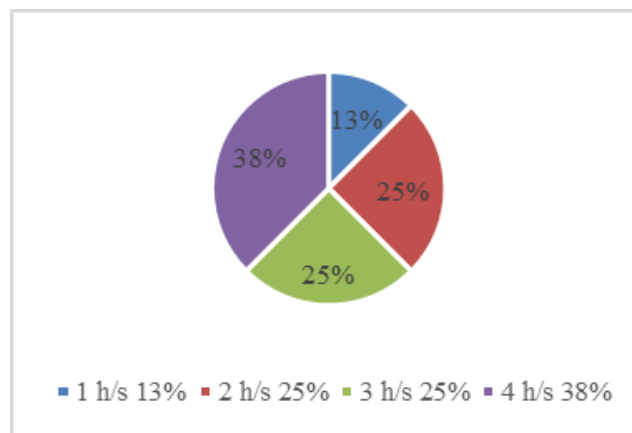


Figura 1. Dedicación de tiempo de trabajo independiente por semana (h/s horas por semana).

Fuente: Los autores

En seis de los proyectos dirigidos se exigió la divulgación de resultados en eventos o en revistas indexadas como parte del alcance de las metas de formación; este hecho le representó al estudiante por lo menos dos horas de trabajo independiente por semana. En los dos restantes se requería visita de campo a obras de la región por lo cual el tiempo de trabajo independiente fue de tres horas por semana.

3.1 La autoevaluación en el curso Proyecto Dirigido

La autoevaluación es considerada por algunos autores como una evaluación genuina producto de la cual el individuo plantea opciones de mejora [24]. Mediante entrevista estructurada (Anexo 1) realizada a los estudiantes, respecto al valor asignado en la autoevaluación, algunos argumentaron que el cumplimiento de los objetivos del plan de trabajo les permitía asegurar una calificación favorable razón por la cual se asignaban una calificación muy buena; otros, por el contrario, consideraron que hubiesen podido “dar más” por lo cual se asignaron una calificación de 4.0.

En resumen, los estudiantes se autoevaluaron con calificaciones desde 4 hasta 5, de la siguiente forma:

- un estudiante consideró que 5 debía ser su calificación del curso
- cuatro estudiantes consideraron que merecían 4.5. Dos de estos estudiantes recibieron 4,9 como calificación definitiva y los otros dos recibieron calificación de 5.0
- tres estudiantes consideraron que deberían recibir una calificación de 4.0. De estos estudiantes, dos recibieron como calificación definitiva 4.0 y el otro recibió 4.5.

El profesor hizo uso de la autoevaluación como un ejercicio de reflexión sobre el logro parcial de los resultados en las investigaciones que cada uno estaba realizando.

Cabe resaltar que el estudiante que se autoevaluó con 5.0 declaró 4h/s como tiempo de trabajo independiente y recibió una calificación final de 5.0. Adicionalmente, este estudiante

logró divulgación de su trabajo en evento nacional e internacional.

Por otro lado, los tres estudiantes que se autoevaluaron con 4,5 participaron en eventos de divulgación de resultados en investigación nacional. Los tres estudiantes que se autoevaluaron con 4.0 lograron publicaciones en revistas nacionales y dos de ellos una publicación adicional en revista internacional.

3.2 Identificación de competencias alcanzadas en el curso Proyecto Dirigido

La competencia oral y escrita se evidencia cuando el individuo es capaz de hacer el ajuste funcional para el logro particular de comunicarse [25]. Durante su ejercicio ocupacional el ingeniero civil debe estar en capacidad de dirigirse a diferente tipo de audiencias empleando variedad de formatos.

En el presente estudio, la mayoría de los estudiantes participantes tuvieron la posibilidad de interactuar con pares en eventos de carácter nacional, otros en eventos internacionales. En algunos casos, se lograron publicaciones en revistas indexadas nacionales e internacionales (Tabla 3).

Aunque los resultados de este estudio a este respecto no son concluyentes, se infiere que la población que participó en la asignatura siente interés genuino hacia la investigación por cuanto siete de los estudiantes que realizaron Proyecto Dirigido manifestaron que estarían interesados en continuar con la investigación, aunque no tuviese calificación alguna y uno de ellos, con título profesional en la actualidad, inició estudios posgraduados.

Solo un estudiante manifestó que no estaría interesado en divulgar resultados en un evento a realizarse durante el 2021, el resto de los estudiantes consideran que podrían hacerlo si las condiciones de bioseguridad lo permiten.

Tabla 3

Divulgación de la investigación realizada

Atributo	Sí	No	Tal vez
Interés en continuar investigando sin recibir calificación	87,5%		12,5%
Interés en divulgar resultados	87,5%	12,5%	
Socialización de la investigación en evento internacional	37,5%	62,5%	
Socialización de la investigación en evento nacional	100,0%		
Divulgación en revistas	37,5%	62,5%	

Fuente: Los autores

4 Discusión

La enseñanza en el aula de clase se da en la medida en que ocurre la interacción docente-estudiante en donde se comparten y transfieren los distintos tipos de conocimiento [26] los que son retenidos y empleados por el estudiante cuando los necesita.

La forma como cada individuo logra aprender es diversa [21] y el verdadero aprendizaje va más allá de la memorización de información o las asociaciones simples [27]. Por este hecho, las clases magistrales pueden favorecer a un grupo de aprendices, pero para otros, aquellas sesiones en donde es posible aprender-haciendo suelen ser más productivas [9] llevándolos a incursionar en dar solución a temas y

problemáticas del contexto laboral en donde se desempeñarán [28]. La posibilidad de aprender haciendo mediante una investigación fortalece el conocimiento profesional [29] del alumno, así como también le proporciona al docente herramientas para mejorar en su ejercicio pedagógico [30].

A nivel mundial se ha encontrado que algunas instituciones educativas están preocupadas por ofrecer competencias tales como creatividad, pensamiento crítico y habilidades comunicativas, entre otras más [31] con la expectativa que sus graduados puedan emplearlas durante su ejercicio profesional [6]. Como se observa, el nuevo reto que conlleva la educación actual está fundamentado en priorizar la práctica pedagógica con un enfoque diferente [8].

Por lo anterior, la experiencia del aprendizaje basado en investigación resulta pertinente ya que los estudiantes aprenden haciendo [32], están en capacidad de profundizar sobre el tema que están indagando [13], además que fortalecen competencias de comunicación y de análisis [33] y de autodeterminación para la ejecución de trabajo independiente [13]. Bajo este esquema, tanto el docente como el estudiante cumplen un rol protagónico [8], ya que el primero orienta y acompaña y el segundo ejecuta.

En este caso, la modalidad del curso Proyecto Dirigido en Ingeniería Civil le permite al docente, que usualmente está inmerso en la enseñanza directa (horas de clase presencial), realizar investigación mediante la dirección a su estudiante de pregrado [34] [8]. Así mismo, este estudio de caso corroboró lo encontrado en la investigación adelantada por Hazwan Ruslan, Roil Bilad, Hilmi Noh y Sufian (2021) [12], ya que se evidenció que los estudiantes tienen dificultades para relacionar los temas que han tratado en cursos anteriores.

Al igual que el aprendizaje basado en proyectos, en donde se entrena al aprendiz en proyectos específicos de su perfil de formación [14], [27] el reto del aprendizaje basado en la investigación le aporta en gran medida a su formación profesional porque lo enfrenta a la búsqueda selectiva de información útil para resolución de un problema o análisis de un tema [31]. Se debe reconocer, además, que aquellos estudiantes que presentaron comportamiento altamente creativo fueron capaces de anteponer sus ideas y opiniones para dar respuesta a la temática que estaban abordando [31]. Justamente, la característica intrínseca de la creatividad del individuo es la que motiva la búsqueda de soluciones diversas [35].

La decisión académica del aprendizaje basado en investigación respalda el proceso de formación de los estudiantes ya que proporciona otras competencias básicas en su capacidad para realizar investigación [36], citar adecuadamente las referencias empleadas en la redacción científica [37] y analizar datos [8] y, como es sabido, hoy en día se requieren profesionales capaces de crear y analizar información más allá de replicar conocimiento [8].

Aunque con el curso de Proyecto Dirigido se ha evidenciado la conveniencia de la investigación como herramienta para la enseñanza, se debe tener en cuenta que esta modalidad no puede generalizarse para todos los cursos ni para toda la planta docente. Es relevante considerar que, en ocasiones, los docentes tienen una labor académica alta, bien sea por alto número de asignaturas a cargo o por un número alto de estudiantes o por las dos realidades, a lo cual se suma el poco tiempo [38] para dedicar a la supervisión de los estudiantes. De modo pues, que la iniciativa de aplicar la investigación como parte de la enseñanza no debe ser impuesta, sino que debe ser evaluada en conjunto con las directivas responsables de la administración de la labor académica del profesor.

5 Conclusiones

La necesidad creciente de proporcionar competencias diferenciadoras a los futuros profesionales impulsa la creación de contenidos innovadores. Por ello, la decisión académica de posibilitar el curso Proyecto Dirigido en Ingeniería Civil en la Pontificia Universidad Javeriana Cali flexibiliza la malla

curricular y permite espacios para la investigación formativa por cuanto se brindan escenarios para que el estudiante mejore o adquiera destrezas relacionadas con selección y análisis de información y socialización y divulgación de resultados. Esta asignatura cumple con los requisitos académicos de programas acreditados con alta calidad.

Este estudio de caso demostró que los estudiantes que se inscribieron en Proyecto Dirigido lograron divulgar los resultados de investigación al menos en un evento nacional, tres estudiantes participaron en un evento internacional y tres alcanzaron publicaciones en revistas indexadas internacionales.

En la mayoría de los casos los estudiantes emplearon por lo menos dos horas de trabajo independiente por semana y en todos los casos el docente dedicó por lo menos una hora de contacto sincrónico (presencial o virtual) con el estudiante. Si bien es cierto que este estudio de caso refuerza la premisa que la investigación favorece el proceso de formación del estudiante en gran medida, la inclusión de esta herramienta pedagógica no debe generalizarse en todos los cursos por cuanto los objetivos de aprendizaje difieren entre uno y otro y la labor académica de algunos docentes es muy alta lo que dificulta el tiempo de atención que pudiera requerir el estudiante.

Referencias

- [1] A. Bejarano Castellanos, M. F. Serrano Guzmán y D. D. Pérez Ruíz, «Estrategia de reflexión para enseñanza de proyectos de construcción en Ingeniería Civil,» *Alteridad Revista de Educación*, vol. 14, n° 1, pp. 1-20, 2019.
- [2] A. Arratia Figueroa, «Ética, Solidaridad y "Aprendizaje Servicio" en Educación Superior,» *Acta Bioethica*, vol. 14, n° 1, pp. 61-67, 2008.
- [3] J. Montalva, C. Ponce y C. Llorca, *Elementos claves para el diseño de una reflexión de calidad en Aprendizaje Servicio*, Santiago de Chile: Centro de Desarrollo Docente de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017.
- [4] D. Sávio Giordani, E. d. J. Cândido Moraes y M. A. Motta Barreto, «Simulation of a competitive business environment: a case study in a Chemical Engineering Program,» *Production*, vol. 27, pp. 1-12, 24 July 2017.
- [5] N. Nelson y R. W. Brennan, «Diversity in engineering students: do they have different expectations of their learning experience?,» *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 671-679, 2019.
- [6] L. Mohamed Khodeir y A. Ali Nessim, «Changing skills for architecture students employability: Analysis of job market versus architecture education in Egypt,» *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 11, n° 3, pp. 811-821, 2020.
- [7] D. Akar y M. Basar, «The effect of the classroom activities on classroom management in the teaching- learning process: The case of Uşak City,» *Mevlana International Journal of Education*, vol. 3, n° 4, pp. 147-165, 1 diciembre 2013.
- [8] J. Espinel-Guadalupe, A. Junes Robles, C. Ramírez-Calixto y R. Ramírez-Anormaliza, «Aprendizaje Basado en la Investigación: caso UNEMII,» *Revista Ciencia Unemi*, vol. 9, n° 21, pp. 49-57, septiembre 2016.
- [9] M. Severengiz, G. Seliger y J. Krüger, «Serious Game on Factory Planning for Higher Education,» *Procedia Manufacturing*, vol. 43, pp. 239-246, 19 diciembre 2020.
- [10] J. Luengo Navas, A. Luzón Trujillo y M. Torres Sánchez, «Las reformas educativas basadas en el enfoque por competencias: una visión comparada,» *Profesorado: revista del currículum y formación del profesorado*, vol. 12, n° 3, pp. 1-10, 2008.
- [11] Z. Yang, B. Becerik-Gerber y L. Mino, «A study on student perceptions of higher education classrooms: Impact of classroom attributes on

- student satisfaction and performance.» *Building and Environment*, vol. 70, pp. 171-188, 2013.
- [12] M. S. Hazwan Ruslan, M. Roil Bilad, M. Hilmi Noh y S. Sufian, «Integrated project-based learning (IPBL) implementation for first year chemical engineering student: DIY hydraulic jack project.» *Education for Chemical Engineers*, vol. 35, pp. 54-62, 13 enero 2021.
- [13] S. Blume, N. Madanchi, S. Böhme, P. Gerrit, S. Thiede, C. Herrmann y D. Lernfabrik, «Research-based Learning for Sustainable Production Engineering.» *Procedia CIRP*, vol. 32, pp. 126-131, 2015.
- [14] M. Ricaurte y A. Viloría, «Project-based learning as a strategy for multi-level training applied to undergraduate engineering students.» *Education for Chemical Engineers*, vol. 33, pp. 102-111, 2020.
- [15] M. Roseanna, M. Neupauer, D. Norman y F. Dennis, «Classroom Activities to Illustrate Concepts of Darcy's Law and Hydraulic Conductivity.» *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 136, n° 1, pp. 17-23, 2010.
- [16] D. K. Agrawal y Q. M. Khan, «A quantitative assessment of classroom teaching and learning in engineering education.» *European Journal of Engineering Education*, vol. 33, n° 1, pp. 85-103, March 2008.
- [17] S. Wehbi, «Reflections on Experiential Teaching Methods: Linking the Classroom to Practice.» *Journal of Teaching in Social Work*, vol. 31, p. 493-504, 2011.
- [18] K. F. Pun, «Adopting and action-learning approach to teach industrial engineering courses in Universities: The UWI Experience.» *West Indian Journal of Engineering*, vol. 29, n° 2, pp. 26-40, January 2007.
- [19] K. J. Chua, W. M. Yang y H. L. Leo, «Enhanced and conventional project based learning in an engineering design module.» *Int. J. Technol. Des. Educ*, pp. 437-458, 2014.
- [20] Pontificia Universidad Javeriana Cali, *Informe de Autoevaluación con fines de renovación de la Acreditación de alta calidad de la Carrera de Ingeniería Civil*, Cali, 2021.
- [21] R. Singh, Devika, C. Herrmann, S. Thiede y K. S. Sangwan, «Research-based Learning for Skill Development of Engineering Graduates: An empirical study.» *Procedia Manufacturing*, vol. 31, pp. 323-329, 2019.
- [22] E. Passos Simancas y L. L. Hadechini Meza, «La investigación educativa aplicada a los enfoques educativos y a los núcleos del saber pedagógico.» *Sophia*, vol. 15, n° 1, p. 15, 2019.
- [23] Ministerio de Educación Nacional de Colombia, *Atablero No. 10*, Bogotá, Cundinamarca: Colombia Aprende, 2001.
- [24] M. Rueda Beltrán, «Autoevaluación y autonomía.» *Perfiles Educativos*, vol. XXXII, n° 130, pp. 3-6, 2010.
- [25] A. Bazán-Ramírez, D. E. Barrera-Vázquez y N. I. Vega-Alcantara, «Validación de constructos de competencias de lectura y producción de textos en los inicios de la generalización de la Reforma en la primaria Mexicana.» *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, vol. 11, n° 4, pp. 61-76, 2013.
- [26] L. Shulman, «Those who understand: knowledge growth in teaching.» *Educational Researcher*, vol. 15, n° 2, pp. 4-14, 1986.
- [27] B. Ramírez, «Laboratorios basados en investigación: Una metodología que incentiva la participación intelectual del estudiante en el proceso de su aprendizaje.» *CPU-e Revista de investigación educativa*, vol. 7, pp. 1-9, julio/diciembre 2008.
- [28] M. F. Serrano-Guzmán, N. C. Solarte-Vanegas, D. D. Pérez-Ruiz y A. Pérez-Ruiz, «Hacia un modelo pedagógico integrado aplicado en la asignatura de materiales de construcción.» *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 9, pp. 21-26, Junio 2010.
- [29] A. Hume y A. Berry, «Enhancing the Practicum Experience for Pre-service Chemistry Teachers Through Collaborative CoRe Design with Mentor Teachers.» *Research in Science Education*, vol. 43, n° 5, pp. 2107-2136, Octubre 2013.
- [30] B. F. Candela-Rodríguez y R. Viáfara-Ortíz, «Articulando la CoRe y los PaPeR al programa educativo por orientación reflexiva: una propuesta de formación para el profesorado de Química.» *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, n° 33, pp. 89-111, 2014.
- [31] T.-T. Wu y Y.-T. Wu, «Applying project-based learning and SCAMPER teaching strategies in engineering education to explore the influence of creativity on cognition, personal motivation, and personality traits.» *Thinking Skills and Creativity*, vol. 35, n° 100631, pp. 100631-10, 22 enero 2020.
- [32] M. Fathizadeh, «Experiential Learning through Industry Partnership.» de *ASEE Annual Conference & Exposition*, 2017.
- [33] J. Cachay, J. Wennemer, E. Abele y R. Tenberg, «Study on action-oriented learning with a Learning Factory approach.» *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 55, pp. 1144-1153, 2012.
- [34] C. N. Piña Loyola, P. Pez Camerón, A. León Rodríguez, Y. Leyva Gainza, F. González Pérez y Y. León Sánchez, «La formación del profesor universitario: un profesional en superación constante.» *Medisur*, vol. 12, n° 1, pp. 241-248, 2014.
- [35] B. A. Hennessey, *Chapter 18 - The Creativity-Motivation Connection*, Cambridge University Press, 2012, pp. 342-365.
- [36] G. Vizcaino Cárdenas, *La política pública universitaria y los procesos de evaluación institucional: algunos elementos para la reflexión*, <https://bit.ly/3BrUwV1>, 2015.
- [37] T. A. Torres, T. A. Aprendizaje Basado en la Investigación. Técnicas Didácticas. Programa de Desarrollo de Habilidades Docentes, 15. Monterrey, México. Recuperado de http://www.itesca.edu.mx/documentos/desarrollo_academico/Metodo_Aprendizaje_Basado_en_Investigacion.pdf:
- [38] J. Gómez, E. León, C. Cubides, A. Rodríguez, J. Mahecha y J. C. Rubiano, «Evolution of teaching and evaluation methodologies: The experience in the computer programming course at the Universidad Nacional de Colombia.» *Ingeniería e Investigación*, vol. 34, n° 2, pp. 85-89, mayo/agosto 2014.

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

D.D. Pérez-Ruiz es docente de ingeniería civil en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia. Doctor 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.

Anexo 1

Consentimiento Informado

INFORMACIÓN PREVIA	
La flexibilidad es uno de los componentes diferenciadores del programa de ingeniería civil de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Y, es en virtud de la flexibilidad, que los estudiantes de pregrado pueden complementar su perfil profesional mediante diferentes estrategias pedagógicas, tales como la asignatura Proyecto Dirigido. En esta asignatura el estudiante se enfrenta a problemáticas asociadas a su entorno laboral en donde la investigación de soluciones pertinentes es el eje central del curso.	
DATOS IMPORTANTES DEL PARTICIPANTE	
Estudiante 1	
Posición semestral del estudiante	
Periodo	
Requisito divulgación	
Requisito trabajo de campo	
Tema de investigación	
EXPRESIÓN DE LA VOLUNTAD	
De manera voluntaria, después de haber recibido información de los investigadores, de manera clara, concreta, sencilla y las explicaciones adecuadas del objeto del estudio reconozco que fui seleccionado porque cursé la asignatura Proyecto Dirigido en el programa de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana y manifiesto que estoy participando de manera espontánea y voluntaria. De la misma manera, se me ha informado que en caso de no desear participar en la entrevista puedo hacerlo sin ninguna repercusión académica o administrativa.	
PREGUNTA CERRADA:	
El desarrollo del curso proyecto dirigido aportó a su proceso de formación:	Sí/No/ Tal vez
La metodología seguida en el semestre fue adecuada	Sí/No
Un requisito del curso adelantado fue divulgación en eventos o revistas	Sí/No
Para el cumplimiento de los objetivos del curso fue necesario desarrollar trabajo de campo	Sí/No
Le interesaría continuar apoyando labores de investigación a pesar de no recibir calificación ni incentivos económicos	Sí/No
Con relación a la divulgación del trabajo adelantado en su proyecto dirigido:	
Divulgó los resultados de su estudio	Sí/No
Participó en la socialización de la investigación en evento internacional	Sí/No
Participó en la socialización de la investigación en evento nacional	Sí/No
Su trabajo se divulgó en alguna revista	Sí/No
PREGUNTA ABIERTA:	
Por favor, si identificó aspectos favorables del curso Proyecto Dirigido menciónelos	
Por favor, si identificó aspectos desfavorables o por mejorar del curso Proyecto Dirigido menciónelos	
Según su desempeño en el curso, cuál sería su autoevaluación en escala de 1 a 5. Por favor, justifique su respuesta.	