

# Reverse engineering as a teaching tool: A case study in the learning of object-oriented programming

Martín E. Monroy, PhD<sup>1</sup>, Julio C. Rodríguez, PhD<sup>1</sup>, y Plinio Puello, MSc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Cartagena, Colombia, [mmonroyr@unicartagena.edu.co](mailto:mmonroyr@unicartagena.edu.co), [jrodriguezr@unicartagena.edu.co](mailto:jrodriguezr@unicartagena.edu.co), [ppuellom@unicartagena.edu.co](mailto:ppuellom@unicartagena.edu.co)

*Abstract– The social dynamics generated by scientific and technological advances requires the application of pedagogical strategies that guarantee meaningful learning. This paper presents the results of an experience in the classroom, in which reverse engineering was included to support the teaching and learning process. As an empirical research method, the case study was used. The results indicate that the reverse engineering served the teacher as a work tool and the student as an instrument of motivation. It is concluded that the reverse engineering served as a didactic tool that contributed to the students constructing meaningful learning.*

*Keywords-- Reverse engineering, didactic tool, learning, object oriented programming*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.65>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

# La ingeniería inversa como herramienta didáctica: Un estudio de caso en el aprendizaje de la programación orientada a objetos

Martín E. Monroy, PhD<sup>1</sup>, Julio C. Rodríguez, PhD<sup>1</sup>, y Plinio Puello, MSc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Cartagena, Colombia, mmonroyr@unicartagena.edu.co, jrodriguezr@unicartagena.edu.co, ppuellom@unicartagena.edu.co

**Resumen**– *La dinámica social generada por los avances científicos y tecnológicos exige aplicar estrategias pedagógicas que garanticen aprendizajes significativos. Este trabajo presenta los resultados de una experiencia en el aula de clase, en la que se incluyó la ingeniería inversa para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Como método de investigación empírico se usó el estudio de caso. Los resultados indican que la ingeniería inversa le sirvió al docente como herramienta de trabajo y al estudiante como instrumento de motivación. Se concluye que la ingeniería inversa sirvió como herramienta didáctica que contribuyó a que los estudiantes construyeran aprendizajes significativos.*

**Palabras clave**– *Ingeniería inversa, herramienta didáctica, aprendizaje, programación orientada a objetos.*

## I. INTRODUCCIÓN

En el informe sobre la educación en Colombia, publicado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se establece que uno de los principales retos del sistema educativo es mejorar las prácticas docentes en todos los niveles [1]. Esto exige un cambio en los métodos de enseñar y aprender, que se debe manifestar en la implementación de estrategias pedagógicas basadas en el sistema de desarrollo de competencias. Para lograrlo, el enfoque constructivista plantea que el docente debe promover el aprendizaje significativo por parte del estudiante, para que pueda conectar sus procesos de construcción del conocimiento con el saber colectivo culturalmente organizado [2].

Si bien existen propuestas con enfoque socio-constructivista y otras fundamentadas en una visión sistémica, en las que se definen competencias para cada asignatura, indicando si son actitudinales, de destrezas o cognitivas; también se observa la ausencia de una perspectiva pedagógica para lograr el desarrollo de competencias en el aula de clase [3]. Por otra parte, la ingeniería inversa se entiende como el proceso de análisis de un sistema para identificar sus componentes y las relaciones entre ellos, y para crear una representación del sistema en otra forma o en otro nivel de abstracción [4], lo que implica la recuperación del conocimiento implícito en el sistema [5].

La ingeniería inversa se utiliza en múltiples disciplinas. En la ingeniería mecánica se ha usado en el aula de clase para conocer y entender productos, incentivando la creatividad de los estudiantes, especialmente al momento de mejorar e innovar productos [6]. En la ingeniería electrónica se ha usado para desarrollar habilidades como entender un producto, revisar conceptos físicos, proponer mejoras sobre el diseño,

construcción y operación del producto; plantear hipótesis y realizar experimentación para validar las hipótesis [7].

Para el caso concreto de la ingeniería de software, actualmente la ingeniería inversa se usa en contextos como la producción de software, la seguridad informática, la educación y la computación forense [8][9]. Algunos estudios afirman que las técnicas de ingeniería inversa mejoran las habilidades para entender un sistema, facilitan el desarrollo de habilidades de diseño y programación [10], contribuye a despertar la motivación en los estudiantes, y al desarrollo sistemático de la capacidad de análisis y pensamiento lógico [11]. Mientras que otros argumentan la necesidad de incluir la ingeniería inversa en la formación de ingenieros de software y profesionales del campo de las ciencias de la computación [12].

Aunque la revisión de la literatura reveló propuestas que involucran la ingeniería inversa en los procesos de formación de ingenieros, no se encontró ningún estudio que documente experiencias concretas sobre su uso en el aula de clase como herramienta didáctica. En este orden de ideas, el principal aporte del presente trabajo de investigación, consiste en registrar una experiencia de uso de la ingeniería inversa en un proceso de enseñanza y aprendizaje, que muestra cómo, desde la perspectiva pedagógica, la ingeniería inversa se puede utilizar para lograr el desarrollo de competencias en el aula de clase, al ser utilizada como herramienta didáctica. También se plantean algunas lecciones aprendidas, dirigidas a los docentes interesados en incluir la ingeniería inversa en su estrategia pedagógica.

Se utilizó como método de investigación empírico el estudio de caso, porque permite la investigación de realidades contextuales y establecer la diferencia entre lo que ha sido planeado y lo que realmente sucede [13]. En comparación con otros métodos de evaluación como las encuestas, los experimentos y los cuasi-experimentos, los estudios de caso permiten: 1) capturar la complejidad del caso, incluyendo cambios relevantes en el tiempo, 2) atender en forma completa las condiciones del contexto, incluyendo aquellas que potencialmente interactúan con el caso [14].

Como producto software objeto del proceso de ingeniería inversa se utilizó el sistema JHotDraw [15], desarrollado por Erich Gamma and Thomas Eggenschwiler. Este producto inicialmente se construyó como un ejercicio de diseño para demostrar la aplicación de los patrones Gof (Gang of Four) [16], pero posteriormente se convirtió entorno Java para dibujar gráficos técnicos y estructurados. Se seleccionó este

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.65>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

sistema porque cuenta con documentación disponible, es un caso de éxito que aplica patrones de diseño y además, ha sido uno de los sistemas más analizados en procesos de ingeniería inversa [17].

A continuación se explica la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, luego se presentan los resultados en función de los participantes en el estudio de caso y las fuentes de evidencia utilizadas. Posteriormente se hace un análisis sobre los resultados resaltando el alcance del estudio, su relación con trabajos ya publicados y algunas lecciones aprendidas. Finalmente se plantean las conclusiones del trabajo.

## II. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de caso descriptivo aplicando el proceso propuesto por Ying [14], que consiste en los siguientes pasos: el diseño del estudio de caso, su preparación, la recolección de datos, el análisis sobre los datos recolectados y la formulación de los resultados obtenidos a partir de su realización. El diseño del estudio de caso se hizo en función de sus cinco componentes: las preguntas de investigación, las proposiciones, las unidades de análisis, la lógica para enlazar los datos con las proposiciones y los criterios para interpretar los hallazgos.

En primera instancia, la pregunta surge a partir de la intención del estudio de caso: evaluar la utilidad de la ingeniería inversa en el proceso de aprendizaje. Por lo tanto la pregunta es ¿Cómo apoya la ingeniería inversa el proceso de aprendizaje en el campo de la programación orientada a objetos?. Como respuesta a éste interrogante se afirma que: La ingeniería inversa sirve como herramienta didáctica para apoyar el aprendizaje significativo en el campo de la programación orientada a objetos (Proposición).

Cómo unidad de análisis se utilizó un grupo de 16 estudiantes del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad de Cartagena - Colombia. El principal enlace lógico entre los datos y las proposiciones en este estudio de caso, se realizó aplicando la técnica de análisis denominada Modelo lógico, que consiste en observar la coincidencia de los eventos empíricos observados y los eventos teóricos predichos [14]. Para argumentar la interpretación de los hallazgos se utilizó como principal estrategia el análisis basado en proposiciones teóricas para hacer inferencias lógicas, a partir de las propuestas conceptuales identificadas en la revisión de la literatura.

Para juzgar la calidad del diseño del estudio de caso se utilizaron los criterios de juicio definidos por Ying [14]: validez de la construcción, validez externa y confiabilidad; y se aplicaron las tácticas que propone el mismo autor para garantizar el cumplimiento de los criterios de juicio, como se indica a continuación. No se tuvo en cuenta el criterio de validez interna, porque éste sólo aplica para estudios de caso explicativos [14], que mantienen una relación causal, a diferencia de estudios de caso exploratorios y descriptivos.

Sin embargo, se resalta que durante el análisis de los datos se utilizó la técnica de análisis denominada Modelo lógico.

Para lograr la validez de la construcción, durante la recolección de datos se aplicaron los principios:

1) *utilización de múltiples fuentes de evidencia*: Esto permite la aplicación de triangulación de la información recolectada y la identificación de posibles inconsistencias. Como fuentes de evidencia se usó: Documentación, representada por: Informes presentados por los estudiantes, guía de laboratorio, textos guía sobre programación orientada a objetos. Artefactos físicos: código fuente del sistema JHotDraw y repositorios XMI. Observación directa sobre el trabajo realizado por los estudiantes. Encuesta a estudiantes y entrevista al profesor.

2) *Preservación de la cadena de evidencia*: Esto permite a observadores externos mantener la trazabilidad del estudio de caso, desde la formulación de las preguntas hasta el reporte de las conclusiones, pasando por el protocolo, las evidencias soportadas por las fuentes y registradas en la base de datos del estudio. Se logró documentando el cumplimiento del plan de trabajo y el protocolo durante la realización del estudio de caso.

3) *Creación de la bases de datos del estudio de caso*: Está soportada en archivos de texto manipulados con procesadores de palabras, repositorios de código fuente, repositorios XMI, tablas con datos tabulados manejados con hojas de cálculo, e imágenes.

Para garantizar la validez externa del estudio, se estableció que el dominio para el cual los resultados del estudio pueden ser generalizados es: El aprendizaje en el campo de la programación orientada a objetos. Además, como principal estrategia de análisis para argumentar la interpretación de los hallazgos y hacer inferencias lógicas, se utilizó el análisis basado en proposiciones teóricas identificadas en la revisión de la literatura. Finalmente, para garantizar la confiabilidad del estudio de caso, se diseñó el protocolo del estudio de caso y se organizó la base de datos de la información recolectada, haciendo posible que se pueda repetir llegando a los mismos resultados. Adicionalmente, se hizo un estudio de caso piloto con un grupo de estudiantes diferente, con el propósito de refinar el plan de recolección de datos y depurar el proceso.

Para la realización del estudio de caso se utilizaron los siguientes instrumentos: Código fuente del sistema JHotDraw, el lenguaje unificado de Modelado (UML), el sistema Enterprise Architect y el mecanismo de consulta QModel-XMI desarrollado por los investigadores.

## III. RESULTADOS

Se diseñó y realizó una clase de programación orientada a objetos, bajo el enfoque cognitivo y constructivista. Se estableció como objetivo de formación: Comprender el concepto de polimorfismo y desarrollar habilidades para utilizarlo. Para garantizar el logro del objetivo, se diseñó una guía para el docente y otra para el estudiante. En estos documentos se explica detalladamente las actividades que

deben realizar cada uno de ellos. La clase se realizó en dos momentos, inicialmente el docente explicó la fundamentación teórica y conceptual, posteriormente los estudiantes hicieron un taller, atendiendo los lineamientos establecidos en la guía.

Los resultados se presentan en función del uso de la ingeniería inversa en el proceso de aprendizaje, inicialmente desde la perspectiva del docente y luego del estudiante. Para cada uno se registran los datos obtenidos en la ejecución del estudio de caso, teniendo en cuenta las fuentes de evidencia utilizadas.

#### A. Experiencia del docente

La ingeniería inversa fue utilizada en forma directa por el docente en la preparación de la clase, para obtener el modelo de dominio y la vista de componentes y conectores de JHotDraw, artefactos que usó al inicio del taller para explicar el propósito de éste sistema y su funcionalidad. En forma indirecta el docente utilizó la ingeniería inversa como instrumento de evaluación, durante la ejecución del taller por parte de los estudiantes. Como resultado de la entrevista al profesor se puede afirmar que la ingeniería inversa le sirvió como:

1) *Herramienta de trabajo*: Porque diseñó y desarrolló la clase usando técnicas de ingeniería inversa.

2) *Herramienta didáctica*: Porque la mayoría de los estudiantes lograron los objetivos de aprendizaje con la realización del taller, en el que aplicaron ingeniería inversa demostrando sus habilidades de pensamiento lógico y su capacidad de análisis.

3) *Instrumento de motivación*: Porque durante la ejecución de la clase, el docente pudo observar el interés que produjo en los estudiantes trabajar sobre un sistema real, tener la oportunidad de entenderlo y aprender a partir de un caso de éxito.

4) *Herramienta para recuperar conocimiento*: Porque recuperó el modelo de dominio y la vista de componentes y conectores de JHotDraw, permitiéndole entender mejor dicho sistema.

Por otra parte, el docente afirmó que el curso fue una experiencia de aprendizaje activo, en la que los estudiantes construyeron aprendizajes significativos. Esto se logró porque en el diseño y realización de la clase se tuvo en cuenta las fases del aprendizaje significativo [2]. En la fase inicial, el docente presentó la parte conceptual y la vinculó con conocimientos previos, usando varias estrategias didácticas. En la fase intermedia se usó la ingeniería inversa para que el estudiante logre una comprensión más profunda de los contenidos, al observar cómo se aplican en un producto software. En la fase final también se usó la ingeniería inversa para apoyar el análisis que hizo el estudiante sobre el producto software JHotDraw, para que pudiera modificarlo aplicando el concepto de polimorfismo, demostrando mayor integración de los nuevos conocimientos a sus estructuras mentales.

Adicionalmente, el docente manifestó que la principal dificultad que afrontó, consistió en articular la ingeniería

inversa al proceso de enseñanza y aprendizaje, al momento de diseñar y realizar la clase, porque sólo encontró referentes que guían la ejecución del proceso de ingeniería inversa.

Finalmente, el docente comparó los resultados del proceso de enseñanza y aprendizaje con sus experiencias previas, en las que no había utilizado la ingeniería inversa y afirmó que: 1) Si bien, le representó un mayor esfuerzo la preparación de la clase, los resultados de aprendizaje por parte de los estudiantes se evidenciaron más rápido, porque en una sesión logró los objetivos de aprendizaje que antes conseguía en tres sesiones de clase. 2) Evidenció mayor motivación que en experiencias previas, porque observó cómo los alumnos estaban interesados en entender y modificar el sistema JHotDraw. 3) Logró una participación más activa por parte de los estudiantes, porque en las experiencias previas se limitaban a atender las explicaciones del docente y realizar los ejercicios propuestos.

#### B. Experiencia de los estudiantes

Durante la ejecución del taller los estudiantes utilizaron ingeniería inversa sobre el código fuente de la aplicación JHotDraw, para reconstruir el diagrama de clases usando la herramienta Enterprise Architect, atendiendo los lineamientos establecidos en la guía del taller. Además, usaron el mecanismo de consulta QModel-XMI sobre el modelo recuperado, con el fin de analizar la posibilidad de aplicar el concepto de polimorfismo para ampliar la funcionalidad de este sistema. A continuación se presentan los resultados para cada fuente de evidencia.

1) *Documentación*: Está representada por los informes del taller que entregó cada uno de los estudiantes. Teniendo en cuenta que el taller se utilizó como instrumento de evaluación, a partir de la valoración hecha por el docente, como se observa en la figura 1, se puede afirmar que la gran mayoría: entendió el concepto de polimorfismo (94%), estuvo en capacidad de identificar dónde se aplica al analizar el código fuente de JHotDraw (88%), y desarrolló habilidades para utilizar el concepto de polimorfismo ampliando la funcionalidad de JHotDraw (75%).

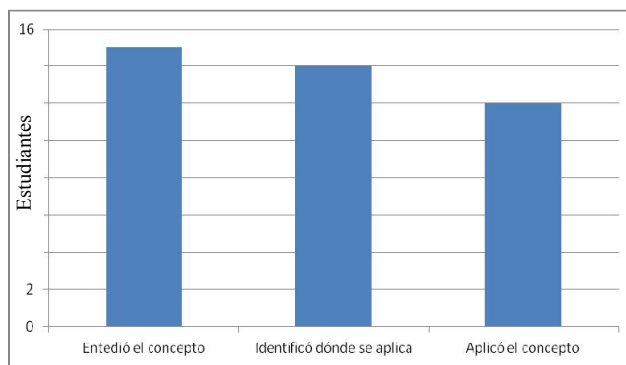


Fig. 1 Resultados de la evaluación.

2) *Encuesta*: Se aplicó a la totalidad de estudiantes al finalizar la clase. La tabulación de los resultados (ver Fig. 2)

reveló que el uso de la ingeniería inversa en el desarrollo de la clase, incentivó la curiosidad y motivó el aprendizaje en todos los estudiantes, sobre todo porque tuvieron la oportunidad de analizar un producto software que representa un caso de éxito. La gran mayoría considera que el uso de la ingeniería inversa les facilitó la comprensión del concepto de polimorfismo (81%), les permitió ver la relación entre los conceptos teóricos analizados en clase y la práctica (81%) y les sirvió para aplicar la teoría en la solución del taller (88%).

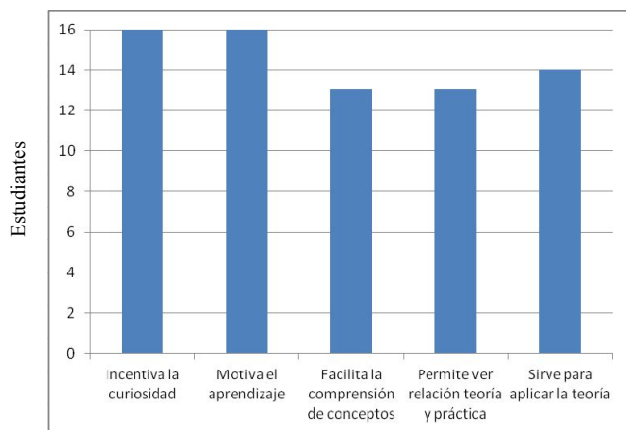


Fig. 2 Percepción de los estudiantes con respecto a la ingeniería inversa.

De igual manera, un gran porcentaje de los estudiantes (81%) está de acuerdo en que se utilice la ingeniería inversa para desarrollar otros temas del curso. Al ser interrogados con una pregunta abierta sobre los aspectos que pueden mejorar la experiencia de aprendizaje en la que participan, un porcentaje representativo indicó que se debe dar más tiempo para entender el producto JHotDraw (44%), otros señalaron que: se debería enseñar previamente cómo hacer ingeniería inversa (25%), se requiere mejor dominio de las herramientas usadas en clase (6%), mientras que los demás no respondieron esta pregunta (25%).

3) *Observación directa:* Durante la ejecución del taller se observó que los estudiantes conocían bien el manejo de las herramientas utilizadas (Enterprise Architect y QModel-XMI). De igual forma, fue evidente el interés por cumplir los objetivos establecidos para el taller. Además, se observó que algunos estudiantes manifestaron verbalmente su emoción al ver cómo la herramienta Enterprise Architect convertía el código fuente en un diagrama de clases, y cómo el mecanismo de consulta QModel-XMI respondía preguntas en español, que servían para hacer análisis sobre el modelo recuperado (ver Fig. 3).

#### IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Este trabajo de investigación no pretende establecer generalizaciones sobre el uso de la ingeniería inversa como herramienta didáctica en un proceso de enseñanza aprendizaje. Solamente se limita a registrar los resultados obtenidos en una experiencia en el aula de clase, y a presentar algunas lecciones

aprendidas; todo esto en un contexto de formación de profesionales en el campo de la ingeniería de sistemas. También se aclara que para la valoración de la motivación sólo se tuvo en cuenta el contexto externo (el aula de clase), porque el análisis del contexto interno implica un estudio detallado de aspectos psicológicos y cognitivos de cada uno de los estudiantes que participaron en el estudio [18], lo cual está fuera del alcance de la investigación.

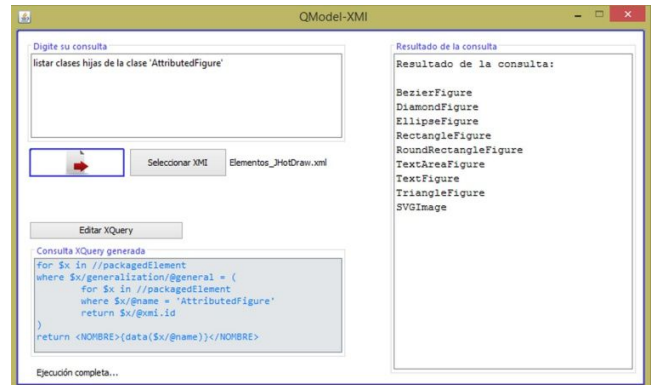


Fig. 3 Resultado consulta a QModel-XMI.

Los resultados del estudio de caso confirman los planteamientos de Klimek et al., porque el uso de la ingeniería inversa en el desarrollo de la clase contribuyó a incentivar la motivación de los estudiantes, y favoreció el desarrollo del pensamiento lógico y sus habilidades para hacer análisis[11]. Además, las propuestas que presentaron los estudiantes para ampliar la funcionalidad de JHotDraw, comprueban que el desarrollo del taller sirvió para fomentar la creatividad de los estudiantes [6]. Así mismo, los resultados del estudio de caso permiten afirmar que la estrategia pedagógica usada en el aula de clase ayudó a que los estudiantes vieran la relación directa entre la teoría y la práctica [7]. Todo lo anterior hizo posible un mejor y más profundo entendimiento del tema analizado en clase [10].

En forma complementaria, a continuación se relacionan algunas lecciones aprendidas, que pueden ser de utilidad para los docentes de programas de formación de profesionales en el campo de la ingeniería, que estén interesados en utilizar la ingeniería inversa como herramienta didáctica.

1) Contar con un experto en ingeniería inversa es un factor de éxito al incluirla en la estrategia pedagógica. Al inicio de la investigación en forma errónea se trivializó la ingeniería inversa, limitándola a procesos de transformación que pueden ser realizados por cualquier ingeniero. Sin embargo, al momento de aplicarla el grupo de trabajo evidenció que se trata de un proceso complejo, que requiere del discernimiento de expertos, para que sea posible la recuperación del conocimiento representado en el producto. Desconocer esta circunstancia puede desviar la atención de los objetivos de aprendizaje y generar efectos adversos.

2) Durante la ejecución de la actividad académica, se deben evitar todos los factores que desvíen la atención del

estudiante y que afecte el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje. El estudio de caso piloto que se hizo para refinar la recolección de datos, reveló que el desconocimiento por parte de algunos alumnos sobre el manejo de las herramientas de apoyo (Enterprise Architect y QModel-XMI), desvió su atención afectando su desempeño académico.

3) Si el estudiante está familiarizado con la ingeniería inversa, el proceso de aprendizaje es más productivo. El estudio de caso piloto también reveló que los estudiantes que no estaban familiarizados con la ingeniería inversa tuvieron mayor dificultad en realizar la actividad académica.

4) El producto objeto de ingeniería inversa debe ser seleccionado cuidadosamente, para que sea acorde con los objetivos de formación. El grupo de trabajo tuvo que evaluar más de una decena de sistemas de código abierto, que fueron descartados por: malas prácticas de programación, presentar errores, no contar con documentación, entre otras causas.

5) Involucrar la ingeniería inversa en la estrategia pedagógica para alcanzar los objetivos de aprendizaje en el aula de clase, exige un trabajo previo de planificación y diseño de la actividad académica.

#### V. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio de caso permiten concluir que la ingeniería inversa sirvió como herramienta didáctica, porque contribuyó a que los estudiantes construyeran aprendizajes significativos en el campo de la programación orientada a objetos. El uso de la ingeniería inversa incentivó la curiosidad y estimuló la motivación en los estudiantes durante la realización de la actividad académica, revelando su importancia como estrategia pedagógica. Se ratifica que el desarrollo de competencias en el aula de clase sólo es posible cuando se aborda desde la perspectiva pedagógica [3]. De igual manera se confirma la importancia de involucrar la ingeniería inversa en las propuestas curriculares de los programas de ingeniería [7][10][11][12].

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Universidad de Cartagena con el plan de fortalecimiento y sostenibilidad de los grupos de investigación de 2017. Los investigadores manifiestan su agradecimiento a los estudiantes y el profesor que participaron en el estudio de caso.

#### REFERENCIAS

[1] OCDE, Educación en Colombia. Aspectos destacados. 2016 <https://www.oecd.org/education/school/Educacion-en-Colombia-Aspectos-Destacados.pdf>.

[2] Díaz, A. F. y Hernández, R. G. Constructivismo y aprendizaje significativo. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. México: Mc Graw Hill. pp. 13-33, 1999.

[3] Díaz-Barriga, A. Construcción de programas de estudio en la perspectiva del enfoque de desarrollo de competencias. Perfiles educativos, México, vol. XXXVI, núm. 143, pp. 142-162, 2014.

[4] Chikofsky, E. J. y Cross, J. H. Reverse engineering and design recovery: A taxonomy. Software, IEEE, vol. 7, no. 1, pp. 13-17, 1990.

[5] Tonella, P., Torchiano, M., Du Bois, B. and Systä, T. Empirical studies in reverse engineering: state of the art and future trends. Empirical Software Engineering, vol. 12, no. 5, pp. 551-571, 2007.

[6] Luna, G., Jiménez, E., García, L., Reyes, L. The importance of the research programs of reverse engineering in engineering. International Conference on Engineering Education ICEE, pp. 1-8, July 2010.

[7] Ramos, D. A. Uso de la ingeniería inversa como metodología de enseñanza en la formación para la innovación. World Engineering Education Forum. Septiembre, 2013.

[8] M. Monroy, J. L. Arciniegas, y J. C. Rodríguez, Modelo Ontológico para Contextos de uso de Herramientas de Ingeniería Inversa. Información tecnológica, vol. 27, núm. 4, pp. 165-174, 2016.

[9] Monroy, M. E., Arciniegas, J. L., y J. C. Rodríguez, Caracterización de los Contextos de Ingeniería Inversa. Información tecnológica, vol. 28, núm. 4, pp. 75-84, 2017.

[10] Ali, M. R. Why teach reverse engineering?. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, vol. 30, no. 4, pp. 1-4, 2005.

[11] Klimek, I., Keltika, M. and Jakab, F. Reverse engineering as an education tool in computer science. In Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 9th International Conference on. IEEE. pp. 123-126, October, 2011.

[12] Ciproso, T., Software Reverse Engineering Education. SJSU Master's Thesis, 2009.

[13] Anderson, G., Fundamentals of Educational Research. Falmer Press, London, pp: 152-160, 1993.

[14] Yin, R. K. (2013). Case study research: Design and methods. Sage publications.

[15] JHotDraw as Open-Source Project. <http://www.jhotdraw.org>.

[16] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., and J. Vlissides, Design Patterns: Elements of Reusable ObjectOriented Software, Addison-Wesley, 1995.

[17] Alnusair, A. and T. Zhao, Using Semantic Inference for Software Understanding and Design Recovery, Seventh International Conference on Information Technology. IEEE, pp. 980-985, 2010.

[18] Rodríguez, M., y Huertas, J. A. Motivación y cambio conceptual. Tarbiya: Revista de investigación e innovación educativa, vol. 26, 51-71. 2000.