

La enseñanza de la lectura y la escritura integrada a la formación profesional

Marisol Perassi ^a, María Ester Cariello ^a; Liliana Castañeda ^a & Claudia Bonell ^b

^a Cátedra de Comprensión Lectora y Producción Escrita, Grupo de Investigación y Desarrollo en Enseñanza de la Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. mperassi@bioingenieria.edu.ar, cariellome@bioingenieria.edu.ar, lcastaneda@bioingenieria.edu.ar

^b Cátedra de Comprensión Lectora y Producción Escrita, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. cbonell@bioingenieria.edu.ar

Resumen— El objetivo de este trabajo es describir las características y los resultados de la experiencia didáctica llevada cabo en la asignatura Comprensión Lectora y Producción Escrita, orientada a integrar la enseñanza en lectura y escritura a la formación profesional específica de las carreras en las cuales se inserta (Bioingeniería y Lic. en Bioinformática de la FI-UNER). Se presentan dos actividades, la producción grupal de un Trabajo monográfico y la observación de presentaciones de Proyectos Finales y Tesinas, así como los resultados de su implementación con alumnos en el año 2014. Se concluye que ambas actividades favorecieron tanto el logro de los objetivos específicos de lectura y escritura como el acercamiento de los estudiantes a temáticas propias de la profesión.

Palabras Clave—enseñanza universitaria, lectura; escritura académica, integración curricular.

Recibido: 15 de noviembre de 2015. Revisado: 27 de enero de 2016. Aceptado: 30 de agosto de 2016.

The teaching of reading and writing integrated into professional training

Abstract— This work aims to describe the characteristics and results of a didactic experience carried out in the subject Comprensión Lectora y Producción Escrita (Reading Comprehension and Writing), which integrates reading and writing into professional training related to courses included in the Bioengineering and Bioinformatics curricula at Faculty of Engineering – UNER. Two activities are shown: a group production of a Monograph and the observation of the presentation of Final Projects and Dissertations. Furthermore, the results of this implementation with students during 2014 are shown. It is concluded that both activities helped the students achieving the specific objectives of reading and writing and become familiar with topics closely related to their profession.

Keywords— professional training, reading, academic writing, curriculum integration.

1. Introducción

La Bioingeniería y la Lic. en Bioinformática son carreras científico-tecnológicas que incluyen en sí mismas diversas disciplinas del campo de las ciencias exactas y naturales, como la matemática, la química, la informática, la biología, la electrónica, la física, la genética, etc. Según los Planes de

estudio vigentes de ambas carreras en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos, la Bioingeniería pretende la formación de un profesional capaz de realizar el diseño y la producción de productos para la salud, diseñar, verificar y mantener las instalaciones hospitalarias, realizar, dirigir y participar en programas de investigación básica, clínica y aplicada vinculada al diseño y desarrollo de productos médicos en el área de la salud humana y animal, entre otras actividades. La Lic. en Bioinformática persigue la formación de un profesional de la informática aplicada a la biología capaz de integrar equipos de trabajo en modelización de estructuras y procesos de interés biológico y en diseños computacionales que permitan su estudio.

La asignatura Comprensión Lectora y Producción Escrita (CLYPE) integra el primer año de las carreras Bioingeniería y Lic. en Bioinformática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FI-UNER), Argentina. Sus propósitos son ofrecer herramientas que favorezcan el proceso de aprendizaje de las demás asignaturas de la carrera y contribuir a que los estudiantes valoren la relevancia de la lectura y la escritura como prácticas necesarias para aprender, comprender y pensar, particularmente en el ámbito académico. Estos propósitos se orientan a la resolución de la situación problemática que se ha detectado en los alumnos ingresantes a nuestra facultad: dificultades en la lectura comprensiva de textos extensos y complejos y en la escritura como forma de expresión de sus conocimientos, constituyéndose estas dificultades en obstáculos para el aprendizaje.

Nuestro diagnóstico coincide con el de otros autores. Arnoux expresa: “La lectura es una de las prácticas de mayor presencia en la vida universitaria. Uno de los mayores obstáculos que debe sortear el alumno que inicia sus estudios superiores es precisamente adquirir el hábito de la lectura. De la lectura sostenida, profunda, crítica, analítica, de textos extensos, complejos, ante los que en la mayoría de los casos es la primera vez que se enfrenta” [1]. Para Carlino, la escritura

Como citar este artículo: Perassi, M., Cariello, M. E., Castañeda, L. & Bonell, C.. La enseñanza de la lectura y la escritura integrada a la formación profesional. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 4-8, Febrero, 2017.

no es sólo un medio de comunicación, sino que supone análisis y transformación de lo que se sabe, de allisu potencialidad para favorecer los aprendizajes, en tanto al escribir se ponen en marcha procesos comola relación entre lo que ya sabemos con lo nuevo que queremos transmitir mediante la escritura,lo que no siempre ocurre en ausencia de producción escrita[2]. Rapetti y Velez sostienen que muchas veces en la universidad se observan prácticas de lectura y de escritura que no focalizan en la participación activa de los estudiantes respecto de la construcción y reconstrucción del sentido de texto, sino que la formación termina basándose en lecturas y escrituras de tipo mecánicas, priorizando la memorización y repetición del contenido de los textos por sobre la comprensión lectora y la potencialidad de la escritura para el aprendizaje [3].

La lectura, en tanto es un proceso interactivo entre texto y lector [4], toma características particulares de acuerdo al ámbito donde se desarrolla. Por esta razón, en la asignatura se ha propuesto articular la enseñanza de la lectura y la escritura con temas y espacios formativos propios de los planes de estudios de las carreras que han elegido nuestros estudiantes.

El aprendizaje significativo es opuesto al aprendizaje repetitivo, producto de la memorización mecánica[5], al igual sucede con la comprensión lectora en relación con la lectura repetitiva o mecánica. El aprendizaje significativo que aspiramos para nuestros estudiantes, está íntimamente ligado a la comprensión lectora, en tanto ambos suponen un sujeto que se apropia del contenido de lectura o estudio, atribuyéndole significados subjetivos a aquello que existe objetivamente. “Es imprescindible que el lector encuentre sentido en efectuar el esfuerzo cognitivo que supone leer” [4] y para ello es fundamental el contenido del texto.

Las actividades específicas que se han diseñado e instrumentado en CLyPE pretenden ser significativas y motivadoras para el alumno, en parte por estar relacionadas a lo que visualiza como parte de su futuro profesional. Se aspira a que poner en contacto a los ingresantes con temáticas propias del campo profesional de la carrera que cursan, contribuya de manera positiva a su motivación.

El objetivo de este trabajo es valorar el impacto en la formación de los estudiantes,de la aplicación de un diseño didáctico orientado a integrar al desarrollo de la lectura comprensiva y la producción escrita, temas específicos de las carreras en las que se dicta la asignatura.

2. Metodología

El diseño didáctico comprendió dos actividades que se suman a las específicas de metodologías de estudio.

2.1. Producción grupal de un Trabajo monográfico

El Trabajo monográfico consistió en la producción grupal de un texto en el que los estudiantes debieron desarrollar un tema relacionado con la carrera que están cursando, a su elección. Se realizó a lo largo del cursado, en cuatro etapas, para cada una de las cuales deben presentar un informe escrito. La versión final se presentó de manera escrita y también oralmente ante sus compañeros y docentes.

Para elaborar el trabajo, los alumnos, organizados en grupos de no más de 3 integrantes, debieron recuperar contenidos desarrollados en la asignatura, tales como: géneros académicos y sus estructuras, planificación textual, búsqueda y análisis de materiales bibliográficos, evaluación de la confiabilidad de las fuentes, revisión textual, elaboración de citas y referencias bibliográficas, elaboración de resúmenes, entre otros.

Para la evaluación de esta producción, se valoró fundamentalmente la pertinencia de las fuentes de información utilizadas, la claridad en la expresión escrita y oral, y la definición clara del discurso propio y ajeno.

En cada una de las etapas, los docentes realizaron devoluciones con comentarios, sugerencias, e indicaciones que permiten a los alumnos reorientar su producción y mejorarla etapa tras etapa. Como primer paso, se orientó a los estudiantes en la elección del tema, que dentro de los relacionados directamente con la carrera, respondía también a inquietudes o intereses del grupo. Se los asistió en la búsqueda bibliográfica, para lo cual consultan la biblioteca de la facultad y bases de datos online de revistas científico-académicas. Se promovió la revisión crítica de la información, en cuanto a su adecuación para ser utilizada en la monografía y confiabilidad, cuando no proviene de las fuentes mencionadas. Para la exposición oral, se los orientó también en el uso adecuado de recursos visuales o audiovisuales de apoyo a la presentación.

Para su valoración, se tuvo en cuenta el grado en que los estudiantes lograron:

- Respetar la estructura y pautas de formato establecidas.
- Utilizar ortografía y gramática correctas.
- Redactar con orden y coherencia.
- Comprender del tema.
- Seleccionar fuentes de información confiables.
- Integrar la información recabada de las distintas fuentes consultadas.
- Adecuar el discurso a los destinatarios.
- Distinguir claramente el discurso propio del ajeno.
- Realizar las entregas en los momentos previstos.

2.2. Observación de presentaciones de Proyectos Finales de Bioingeniería o Tesinas de Bioinformática

Para la finalización de las carreras de Bioingeniería y Bioinformática de la FIUNER, los estudiantes tienen que cumplir el requisito de elaborar un Proyecto Final, en el primer caso, y una Tesina, en el segundo. Ambas son instancias curriculares obligatorias en los respectivos planes de estudio que finalizan con una presentación oral y pública en la institución ante un jurado evaluador, y a la cual asisten otros estudiantes, docentes, familiares y amigos de los autores.

Los estudiantes de la asignatura CLyPE, del primer año de ambas carreras, tuvieron como actividad obligatoria la observación de al menos una de estas presentaciones durante el año académico.

Los alumnos asistieron a las presentaciones acompañados por sus tutores pares (estudiantes avanzados de ambas carreras), para realizar una observación y para poder conversar con ellos sobre las percepciones, dudas e intereses relacionados con las carreras, que les surgen a partir de esas presentaciones.

Luego, en grupos de hasta 4 integrantes, elaboraron un informe, respondiendo a tres preguntas básicas que conocidas con anticipación. Esto implicó reflexionar sobre lo observado y escuchado en la presentación. La primera pregunta, les requirió mencionar y describir a grandes rasgos el tema de la presentación. La segunda indagó sobre los conceptos y/o procedimientos que no pudieron comprender, y requiere que los identifiquen. La tercera les solicitó formular sus propias preguntas, surgidas de lo que ellos pudieron interpretar o reconocer luego de la presentación.

Para valorar esta actividad se tuvo en cuenta el grado en que lograron:

Describir el tema de la presentación.

Explicitar lo que no pudieron comprender.

Formular preguntas pertinentes.

Otra valoración de la experiencia didáctica lo constituye la percepción de los estudiantes sobre la misma. Se analizaron entonces las opiniones vertidas en la encuesta que anualmente realiza la institución a los estudiantes, sobre distintos aspectos de las asignaturas que han cursado.

3. Resultados

Se presentan aquí los resultados de la aplicación de las dos actividades mencionadas y de la encuesta durante el año académico 2014. En total 74 estudiantes cursaron la asignatura, correspondiendo 64 a Bioingeniería y 10 a Bioinformática.

Para la Producción del Trabajo monográfico, se conformaron 29 grupos. Como muestra la Tabla 1, el 45% de los grupos, eligió temas relacionados al equipamiento biomédico. El 24%, trabajó sobre prótesis y órtesis. El 14%, los estudiantes de Bioinformática, temas de la Biología. El 17% restante, trabajó sobre temas diversos del ámbito de la Bioingeniería.

En la primera etapa, la totalidad tuvo dificultades respecto de los materiales bibliográficos seleccionados. Estas fueron de dos tipos: fuentes que al ser analizadas desde los criterios de confiabilidad, no resultaban válidas, o bien, fueron confiables pero de una complejidad demasiado elevada para alumnos de primer año.

En cuanto a la selección de los temas, la mayor dificultad estuvo en encontrar un punto adecuado entre lo general y lo particular.

En la segunda etapa, la mayor dificultad estuvo en la elaboración de un texto propio a partir de las fuentes consultadas sobre el tema elegido, distinguiendo con claridad el discurso ajeno y el discurso propio, incorporando las citas correspondientes.

Otra dificultad importante fue integrar la información recabada de las distintas fuentes consultadas en un nuevo texto, respetando los diferentes conceptos e ideas, pero en una redacción integrada.

En todos los casos fueron necesarias correcciones tanto en ortografía y gramática como en pautas de formato.

El 31% de los grupos logró una producción que respetaba todas las pautas establecidas en la tercera entrega, obteniendo una calificación Muy Bueno o superior. De los restantes, el

Tabla 1.

Áreas temáticas elegidas por los alumnos para sus trabajos monográficos

Área	Equipamiento médico	Prótesis y órtesis	Biología	Otros temas	Total
Temas	*equipos de rayos X * gammagrafía salival * jeringas sin agujas * máquina de hemodiálisis * tomógrafo * catéter de Swan-Ganz * incubadoras	*implantes cocleares * implantes traumat. * prótesis de rodilla * mano robótica * corazón artificial	*células madre * proteínas * virus.	*Biomecánica aplicada al deporte * inteligencia artificial * medicina nuclear * residuos hospitalarios	
n° de trab.	13	7	4	5	29
%	45%	24%	14%	17%	100%

Fuente: Los autores

52%, necesitó realizar correcciones y hacer correctamente una cuarta entrega del trabajo, logrando así la promoción de la asignatura. Los restantes 5 grupos no lograron realizar el trabajo monográfico en tiempo y forma, no alcanzando la promoción.

En las presentaciones orales de los trabajos, todos los grupos lograron exponer el tema haciendo uso de recursos visuales o audiovisuales. Repartieron la palabra entre los integrantes del grupo, acompañaron de manera coordinada sus explicaciones orales con las imágenes y respetaron el tiempo de exposición.

En el caso de la actividad de observación de Proyectos Finales y Tesinas, los resultados (Tabla 2) muestran que la totalidad de los informes realizados por los estudiantes evidenció un nivel de comprensión dentro de lo esperado. Pudieron describir básicamente el tema de la presentación y algunos aspectos sobresalientes de la misma.

Respecto a identificar cuestiones que no pudieron comprender, la mayoría de los grupos, el 73%, identificó distintas cuestiones técnicas. El 27% restante, manifestó haber comprendido la exposición en su totalidad, no obstante, al formular preguntas, se evidenció la falta de comprensión de puntos que abarcó la presentación.

Todos los grupos formularon preguntas pertinentes. En uno de los grupos fueron de un nivel más elemental que el esperado. Solo un grupo mostró sus dudas sobre aspectos metodológicos de la investigación llevada a cabo para la formulación del proyecto. Un tercio logró formular alguna pregunta respecto a la posibilidad de aplicación del diseño del proyecto, en una situación por ellos conocida que identificaron como problemática.

Tabla 2.

Logros de los estudiantes en el trabajo de observación de proyectos finales o tesinas

Preguntas	Porcentaje de logro
Identificar y describir básicamente el tema de la presentación	100
Identificar cuestiones que no pudieron comprender	73
Elaborar preguntas pertinentes a la presentación	100

Fuente: Los autores

Tabla 3.

Opiniones de los alumnos respecto de la articulación de la asignatura con la carrera

Categorías	Cantidad de alumnos	Porcentaje
Muy Buena	9	17%
Buena	30	58%
Regular	11	21%
Mala	0	0%
NS/NC	2	4%
Total	52	100%

Fuente: Los autores

La encuesta realizada por la institución, fue respondida por el 70% de los alumnos que cursaron la asignatura en el año 2014. Los resultados muestran que el 75% consideró que la articulación de la asignatura con la carrera fue Buena o Muy Buena (Tabla 3).

4. Discusión

Los temas elegidos por los estudiantes para producción del Trabajo monográfico, dan cuenta de los intereses y las representaciones que poseen sobre las carreras elegidas.

Al ser un trabajo realizado a lo largo del año y con varias instancias de devolución por parte de los docentes, se observó que todos los alumnos, en más o menos tiempo, lograron ir mejorando sus producciones progresivamente, hasta llegar a la versión final.

El tiempo extendido de la escritura permite que los estudiantes ejerciten en más de una oportunidad habilidades como la búsqueda de información (en las diferentes etapas del trabajo, seleccionando diferentes materiales), la planificación textual, la definición de objetivos de escritura o la revisión de lo escrito. Esto facilita ir superando paulatinamente la escritura lineal para ir adquiriendo otras características propias de escritores competentes, que no siempre utilizan un proceso de redacción lineal y ordenado, en el que primero se planifique la estructura del texto, después se escriba un borrador, luego se revise y se termine por hacer la versión final del escrito. Por el contrario, este proceso de escritura suele ser recursivo y cíclico [6].

Sobre la observación de Proyectos Finales y Tesinas, la identificación por parte de los alumnos de cuestiones que no comprenden, sumada a la pertinencia de las preguntas que formulan a partir de esta actividad y al “entusiasmo” que la misma les genera, permite reconocer la importancia de la vinculación temprana de los estudiantes que recién ingresan a la universidad con temas y actividades propias de las carreras que eligieron.

En efecto, ambas actividades contribuyen a dicha vinculación, tal como lo reconocen los mismos estudiantes en la encuesta realizada. Tanto la elaboración del Trabajo monográfico como la observación de proyectos y tesinas ofrece a los estudiantes nuevos elementos para continuar con una reflexión sobre la elección vocacional realizada, objeto de un nuevo trabajo.

Conclusiones

Tal como se ha mencionado ya, ambas actividades favorecieron el acercamiento de los estudiantes a temáticas propias de la profesión. Esto implica que tanto la observación

de proyectos finales como la elaboración de la monografía abrieron preguntas en los estudiantes sobre las características específicas de la carrera, generaron procesos de búsqueda de información precisa, promovieron el acercamiento de los estudiantes que recién se inician al lenguaje propio de la profesión. Es sabido que una disciplina -así como una profesión- es un espacio discursivo y retórico, tanto como conceptual (Bogel y Hjortshoj citado en [2]), por lo cual la lectura y la escritura se constituyen en herramientas fundamentales para favorecer la formación en esa profesión.

Mediante estas actividades, la asignatura, además de aportar elementos para el aprendizaje de las estrategias básicas de lectura comprensiva y de producción de textos académicos, logra vincular a los estudiantes con temas y actividades propias de las carreras que eligieron y abrir nuevas instancias de reflexión sobre su elección vocacional.

Por todo lo dicho, la experiencia aquí analizada se presenta como un ejemplo de un posible modo de trabajo que potencia la integración de la enseñanza de la lectura y la escritura a la formación profesional, superando un modelo de formación universitaria basado en asignaturas aisladas como si se trataran de compartimentos estancos sin relación entre sí. La integración disciplinar y la significatividad social y subjetiva de los contenidos son dos aspectos imprescindibles para la formación de profesionales competentes en el contexto actual [7].

Referencias

- [1] de Arnoux, E.N., Di Stefano, M. y Pereira, C., La lectura y la escritura en la universidad. Eudeba, 2004.
- [2] Carlino, P., Escribir, leer y aprender en la universidad: Una introducción a la alfabetización. Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica, 2005.
- [3] Rapetti, M. y Vélez, G., Leer para aprender y aprender a leer en la universidad. Entre lecturas estéticas y eferentes, Rev. Iberoam. Educ. Super., 3(7), pp. 113-128, 2012.
- [4] Solé-Gallart, I., Estrategias de lectura, 13. Grao, 1992.
- [5] Davini, M.C., Métodos de enseñanza. Buenos Aires, Argentina: Santillana, 2009.
- [6] Cassany, D., Describir el escribir. Barcelona, España: Paidós, 1989.
- [7] Mastache, A., Formar personas competentes. Buenos Aires, Argentina: Novedades Educativas, 2007.

M. Perassi, obtuvo los títulos de Profesora y Licenciada en Ciencias de la Educación, en el año 2003, ambos en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina. En la misma institución actualmente es maestranda en Docencia Universitaria, con tesis aprobada y en espera de su defensa oral. Se desempeña como asesora pedagógica desde el año 2004, y como docente desde el año 2006, en la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos. Integra el Grupo de Investigación y Desarrollo en Enseñanza de la Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina.
ORCID: 0000-0001-9683-8809

M.E. Cariello, obtuvo el título de Profesor en Ciencias Biológicas, expedido por la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata el 22 de julio de 1974. Docente de Biología en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos desde el año 1985 hasta 2002, como Jefe de Trabajos Prácticos. profesora adjunta de Histología y Anatomía desde julio de 2002 al 2005 y profesor asociado desde el 2005 hasta la fecha. Desarrolla tareas docentes en la cátedra Comprensión Lectora y Producción Escrita. En la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina cumple funciones como jefa de trabajos prácticos de Botánica Morfológica desde el año 1992 a la fecha.

ORCID: 0000-0001-6493-4177

L. Castañeda, obtuvo el título de Bioquímica en 1986 y de MSc. en Didáctica de las Ciencias Experimentales en 2015, ambos en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. Desde 1987 es docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos en asignaturas del área biológica y en Comprensión Lectora y Producción Escrita.

ORCID: 0000-0001-5447-0057

C.E. Bonell, recibió el título de Bioingeniera en 1993 y el título de MSc. en Ingeniería Biomédica en 2014, todos ellos de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Entre Ríos, Argentina. Entre 1993 y 2001 trabajó en la Administración Nacional de Alimentos y Tecnología Médica del Ministerio de Salud de Argentina. Desde su egreso en 1993 estuvo vinculada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos primero como auxiliar docente de la cátedra de Electrotecnia de la carrera de Bioingeniería y siendo en la actualidad profesora adjunta en dicha cátedra. Realiza tareas de investigación en el Laboratorio de Ingeniería en Rehabilitación e Investigaciones Neuromusculares y Sensoriales en diversos proyectos. Colabora desde el año 2012 en la cátedra de Comprensión Lectora y Producción Escrita.

ORCID: 0000-0002-7025-9777

El diseño y la innovación en la formación de ingeniería, un análisis desde los perfiles de egreso de las cuatro universidades acreditadas institucionalmente del Valle del Cauca

Juan Manuel Lopez-Ayala^a, M.Sc, & Juan Alberto Castillo-Martinez^b

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia. jmlopez@uao.edu.co.

^b Ergonomía y Ciencias cognitivas, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia. juan.castillom@urosario.edu.co

Resumen— la sociedad actual, inmersa en un estado de cambio constante detonado por la crisis económica y el desarrollo tecnológico y científico, produce la necesidad de cambiar la manera en que el sistema educativo asume este reto y contribuye a formar personas preparadas para afrontarlo. Este panorama ha llevado a que las universidades y algunas facultades de ingeniería emprendan cambios para mejorar sus procesos académicos buscando educar profesionales con una formación más cercana al diseño y orientada hacia la innovación. Este estudio tuvo como propósito identificar y analizar el enfoque del diseño y la innovación en los programas de ingeniería en un grupo de universidades reconocidas en la región del Valle del Cauca, para esto se llevó a cabo un análisis de contenido el cual se realizó a 29 programas de ingeniería reunidos en cuatro facultades de ingeniería pertenecientes a las universidades acreditadas institucionalmente de la región. En el estudio se presenta un análisis de como el diseño y la innovación están siendo apropiados por las universidades de la región del Valle del Cauca y se plantean reflexiones en relación a cómo deben ser incluidos para asegurar una formación orientada a saber afrontar los retos de este campo disciplinar en la actualidad.

Palabras clave—Diseño, Innovación, Ingeniería, Perfil de egreso.

Recibido: 7 de julio de 2016. Revisado: 22 de julio de 2016. Aceptado: 6 de septiembre de 2016.

Design and innovation in engineering training, an analysis based on the graduate profiles of the four institutionally accredited universities of Valle del Cauca.

Abstract— our society is immersed in a state of constant change triggered by the economic crisis and technological and scientific development, it produces the need to change the way the education system takes this challenge and contributes to educate people prepared to face it. This scenario has led some universities and engineering schools undertake changes to improve their academic processes professionals looking to form closer to the design and innovation oriented training. This study aimed to identify and analyze the design approach and innovation in engineering programs in a group of leading universities in the region of Valle del Cauca, for this was key to perform a content analysis which was carried out 29 programs engineering brought together in four engineering schools belonging to institutionally accredited universities in the region. In the study an analysis of the design and innovation are being appropriated by universities in the region of Valle del Cauca was performed and reflections regarding how they should be included to ensure oriented know meet the challenges of formation today arise.

Keywords—Design, Innovation, Engineering, Graduation profile.

1. Introducción.

La literatura señala en el ámbito de la ingeniería el papel esencial que tiene esta en el desarrollo de la sociedad desde sus primeras definiciones como la propuesta por el conde Rumford en 1799 “la aplicación de la ciencia a los propósitos comunes de la vida” otro postulado fue el planteado por Thomas Tredgold “el arte de dirigir las grandes fuerzas de la naturaleza y usarlas para el beneficio del hombre” [1]. Desde sus comienzos formales la ingeniería se define como una profesión que media la estancia del ser humano en el mundo buscando hacerlo más dócil para su habitar. Pero en este transitar del paso del tiempo su formación se apalanco demasiado en la ciencia y sus métodos, despojando a la ingeniería de su humanidad llegando a considerarse en su formación como una disciplina con una misión científica.

En este sentido estudios como el realizado por Jeffrey Froyd, Phillip Wankat y Karl Smith en [2] plantean los cambios que ha tenido en el tiempo la formación en ingeniería, resaltando como uno de estos el nombrado “énfasis renovado en el diseño”, este se centra en el creciente énfasis sobre el diseño como un elemento principal y característica de la ingeniería.

La razón principal para este cambio es que, la ciencia de la ingeniería, la ciencia y las matemáticas fueron muy lejos en la formación de la ingeniería, considerándose en algunos casos más una ciencia pura que una aplicada en donde [2] autores de la investigación citando a Kerr y Pipes plantean “el diseño ha caído tan bajo en el orden de las prioridades de la educación en ingeniería que muchos ingenieros, especialmente los jóvenes y estudiantes no entienden su significado”. Así partir del 2005 por las influencias de cambio que trajo consigo el nuevo milenio y algunos estudios demostraron que los estudiantes de ingeniería que desde primer año abordan retos de diseño, mostraron un desarrollo permanente a lo largo de su formación en sus conocimientos y habilidades a través de sus planes de estudio.

Como citar este artículo: López, M. & Castillo, J.A.. El diseño y la innovación en la formación de ingeniería, un análisis desde los perfiles de egreso de las cuatro universidades acreditadas institucionalmente del Valle del Cauca. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 9-20, Febrero, 2017.

Esto propone que el diseño es fundamental para la formación de ingenieros por lo que se propone mayor presencia en el currículo de actividades estratégicas para la formación de diseño en los planes de estudio que sean piedras angulares en la construcción de su saber profesional impactando positivamente la formación y generar una articulación con las expectativas de los empleadores en relación a las habilidades que se desarrollan en aras de la fortalecer la apropiación de la innovación por parte de los graduados de ingeniería. A partir de estas apreciaciones, se presentan los resultados de un ejercicio de revisión sobre como las facultades de ingeniería en el Valle del Cauca están formando sus estudiantes desde la perspectiva del diseño y al tema innovación

2. Marco teórico.

El papel tradicional de las facultades de ingeniería es formar personas generadoras de conocimiento tecnológico y solucionadoras de problemas con base en la ciencia y la tecnología, pero en muchos casos sin un contexto social y ambiental, lo que resulta inapropiado frente a los retos de la sociedad actual. El nuevo ingeniero que enfrente al siglo XXI no va a resolver únicamente problemas que se le presenten, como parte de una organización, sino que se enfrenta a problemas de la sociedad. Esto demanda que cada vez sean más innovadores, proponentes de soluciones creativas, conocedores locales y globales, que además entiendan y dominen un proceder en diseño que propende por la observación y la generación de soluciones, validación con valor agregado a los usuarios, con responsabilidad social, económica y ambiental. [3]

Estas referencias enmarcan el contexto actual de la formación de pregrado en ingeniería la cual define la asociación colombiana de Ingeniería [4] como “*la comprensión de los desarrollos históricos, sociales, económicos, filosóficos, con enfoque holístico, captar y comprender holísticamente el entorno y relacionarlo con el desarrollo tecnológico. Adquisición de conocimiento práctico en el área de interés de la tecnología, adquisición de una cultura de autoeducación permanente, practicar la ingeniería de síntesis en un proyecto de diseño, desarrollo de capacidad en comunicación oral, escrita y práctica*”. La formación de ingenieros no es ajena a la realidad, por tal debe de evolucionar a la par que el mundo cambia, pero este marco de referencia de la formación de ingeniería sigue estando muy cercano a planteamientos tradicionales en donde temas como la innovación, la creatividad y el diseño son casi nulas en los discursos y planteamientos de los organismos reguladores y críticos de la formación de la ingeniería

En este escenario Iglesias y Rodicio [5] definen que el desarrollo de competencias, tanto profesionales como personales, cobran protagonismo, destacando el desarrollo de la creatividad e innovación aplicadas a la productividad laboral, como mecanismo de progreso y solución ante situaciones de crisis como la que actualmente vive la humanidad. A esta postura responden los programas de ingeniería que están a la vanguardia de la formación de ingenieros, por ejemplo en el contexto internacional uno de los mayores referentes es el MIT

(Massachusetts Institute of Technology); el cual concibe la formación de ingeniería como “una profesión creativa, cuya razón de ser, es el desarrollo y aplicación de conocimiento científico y tecnológico para satisfacer las necesidades de la sociedad dentro de las condicionantes físicas, económicas, humanas y culturales”[4].

Partiendo de las definiciones de ingeniería estudiadas se identificó que el diseño es un factor determinante en la formación del ingeniero enfocado a su quehacer profesional. Esto desde la definición inicial de la ingeniería dada por el Concise Oxford Dictionary, donde inicia acentuando “aquel que diseña”. De igual manera la innovación aparece inmersa en el discurso como soluciones o satisfacción de necesidades que aporten a la sociedad, esto en la actualidad es quizás una de los principales argumentos que se demanda de los egresados, dado que en las últimas décadas hemos sido testigos de los grandes cambios producidos en el mundo: desarrollos científicos y tecnológicos, la manera de comunicarse, el acceso a la información, al uso de las tecnologías y el conocimiento. A partir de las apreciaciones expuestas se presentan los resultados de un análisis de contenido realizado a los perfiles de egreso de cuatro universidades del valle del cauca y así determinar que tanto se está evolucionando en la formación de la ingeniería en aras de enfocarse a las demandas del mercado en términos de la innovación y el desarrollo de la habilidad de diseño.

El proceso de formación de ingenieros, ha sido un tema importante para la comunidad académica por ser la ingeniería una de las disciplinas más estudiadas y que produce más impacto en la humanidad en relación con el desarrollo tecnológico. Lo mencionado no es contradictorio en la región del Valle del Cauca, en donde en relación con la formación de ingeniería se encuentran datos que la proponen como una de las disciplinas más estudiadas en la región, según datos obtenidos en una caracterización de 2001 a 2013 realizada por el Ministerio de Educación [6], se encontró que se habían graduado en el valle del cauca 121.428 profesionales de los cuales 29.632 pertenecen al grupo de ingeniería y afines, esto representa aproximadamente el 24.4% de la población graduada siendo solamente superada por el grupo de Economía, administración y afines, del cual relacionan 39.676 profesionales lo que representa un 33% de la población graduada en el valle del cauca. Esto da una relevancia a analizar los programas de ingeniería en relación a la adaptación que están teniendo con las dinámicas actuales del mundo en el siglo XXI en su formación. Según autores L. Villa, D. Davila y J. Mora [7], “Las personas y la sociedad destinan un volumen importante de recursos a las universidades porque consideran que estas ejercen un influjo decisivo en la productividad total del sistema social y economía a través, entre otras, de dos vías, vinculadas a la innovación. En primer lugar, una proporción substancial del esfuerzo en investigación, tanto básica como aplicada, se realiza en el seno de las universidades. En segundo lugar, las universidades forman e instruyen a los futuros trabajadores más cualificados de los sectores económicos, incluyendo a quienes realizarán profesionalmente las actividades de investigación y desarrollo necesarias para la generación y difusión de nuevos conocimientos...”.

Los argumentos mencionados toman mucha relevancia al tema por ser los egresados de formación superior en cualquier disciplina y país, el grupo social que acumula un mayor volumen de capital humano debido a que su trayectoria educativa ha sido más prolongada. Por esto las competencias adquiridas por lo que egresan cada año se pueden considerar como un producto multidimensional que la sociedad recibe a partir de los recursos destinados a los sistemas universitarios. Estos “productos” mencionados se integran al mercado laboral aportando a los procesos productivos y de servicios en relación a las competencias que han desarrollado durante su formación profesional, esto conlleva a incrementar el conocimiento y habilidades existentes el cual es utilizado para impactar al medio socio-económico por medio de los productos y servicios que tienen sus propósitos propios de porqué ser creados.

Esto pone en relación a la formación de la ingeniería con las necesidades de la sociedad, lo que ha llevado a plantear nuevas visiones sobre el ingeniero que se persigue formar, teniendo importantes consecuencias a partir de los cambios que se deberían estar realizando en aras de la formación del capital humano para la sociedad. Ovallos, Maldonado & De La Hoz [8] citan a Martínez y Babicka, Dubek entre otros, quienes plantean una universidad que rescata y favorece la creatividad en sus estudiantes y a través de la interacción creativa del hombre con su entorno físico y social difunde una conciencia de responsabilidad hacia el futuro. A partir de esta postura se puede determinar como el diseño; bajo la definición basada en el término *Design* que hace alusión en su planteamiento en inglés a las intenciones o planes, además de al acto de formar y proyectar [9], y la innovación que está ligada a la visión proyectista de futuro, en donde se busca generar un cambio capaz de impactar positivamente en una relación prospectiva con el entorno, como lo planteó Le Masson citado por Carlgren [10], quien postula que la innovación es un juicio a posteriori; dado que solo después de que la idea está en el ámbito de la materialidad del mundo se puede dar cuenta que se trata de una innovación.

Al mencionar a la innovación como un juicio a posteriori se hace relevancia al resultado objetivo de la cosa nueva que es una innovación. Pero no explícita del todo, que al ser un proceso implica que las personas que estén inmersas en el deben de conocer claramente el cómo guiar y conducir un proceso para que este tenga la oportunidad de ser innovador. En relación a lo mencionado autores como Jeff Dyer, Hal Gregersen y Clayton Christensen [11] definen que la mayoría de las habilidades de un innovador son conductuales, es decir que se puede y deben desarrollar, si se busca que desarrollar el máximo potencial de innovar en las personas. Esta postura también es compartida por investigadores en el tema como Tony Wagner [12] quien en su texto “crear innovadores” realiza dos aseveraciones en relación a lo expuesto. “la innovación hoy es impulsada por la creatividad de las personas que por la investigación de alto nivel científico” y la segunda “las grandes innovaciones del S. XXI serán aquellas que han ayudado a hacer frente a las necesidades humanas más que las que han generado la mayor ganancia”, estos argumentos complementan la manera en que la innovación es vista y lo que se espera que esta sea capaz de

cambiar en la generación de nuevos profesionales con la expectativa que sean formados bajo esta orientación.

Con los postulados desarrollados se construye un marco que permite evidenciar la pertinencia de los conceptos de innovación y diseño en la formación profesional actual de la ingeniería.

3. Materiales y métodos

El estudio se realizó en la región del valle del Cauca, en donde en relación a la formación en ingeniería reconocidas por el ministerio de educación, existen 6 universidades de carácter público y 25 de carácter privado. De estas instituciones con programas de ingeniería en la región existe en el municipio de Buenaventura una institución con un programa, en el municipio de Tuluá se presenta igualmente una institución, mientras que en el municipio de Cali se presentan ocho instituciones que ofrecen programas de ingeniería [13]. De estas ocho universidades se reconocen cuatro que son acreditadas por el CNA (Consejo Nacional De Acreditación), como instituciones con estándares de alta calidad en sus procesos institucionales. El CNA [14] define que “*la educación superior es responsable de la formación de profesionales capaces de crear conocimiento y de proponer nuevas formas de análisis y nuevas herramientas y relaciones de trabajo en todas las áreas*”. En el contexto Nacional y a partir de lo mencionado frente a la intención de la educación en Colombia, la acreditación busca que las instituciones que la posean garanticen a la sociedad la calidad y credibilidad de los procesos educativos y sus resultados.

Por lo mencionado se define focalizar la población objetivo del estudio en las universidades que oferten programas de ingeniería y que estén acreditadas por el CNA, con la acreditación de alta calidad institucional. Esta focalización, permite homogenizar la muestra y que todas ellas respondan a las necesidades sociales que ellas mismas están obligadas a estudiar y en donde la oferta de sus programas responde a la dinámica del mercado, que en últimas evidencia preferencias profesionales según las necesidades percibidas por la dinámica del mundo actual.

Así el grupo de estudio quedó constituido por los perfiles de egreso de los 29 programas de ingeniería ofertados por las cuatro universidades presentados en sus plataformas virtuales, en donde la universidad 1 participo con cuatro programas de ingeniería vigentes, la universidad 2 con nueve programas, la universidad 3 con doce programas y por último la universidad 4 con cuatro programas.

En relación con los perfiles de egreso se debe hacer claridad que éstos son textos dirigidos para el público general, los cuales buscan dar a conocer a la sociedad el enfoque y habilidades que desarrolla una persona que cursa satisfactoriamente el plan curricular. Para llevar a cabo este análisis se realizaron filtros a los textos definidos para localizar los conceptos más relevantes en estos perfiles, agrupando los programas por institución, es decir se estudió el grupo de programas de ingeniería pertenecientes a una misma institución de educación superior acreditada.

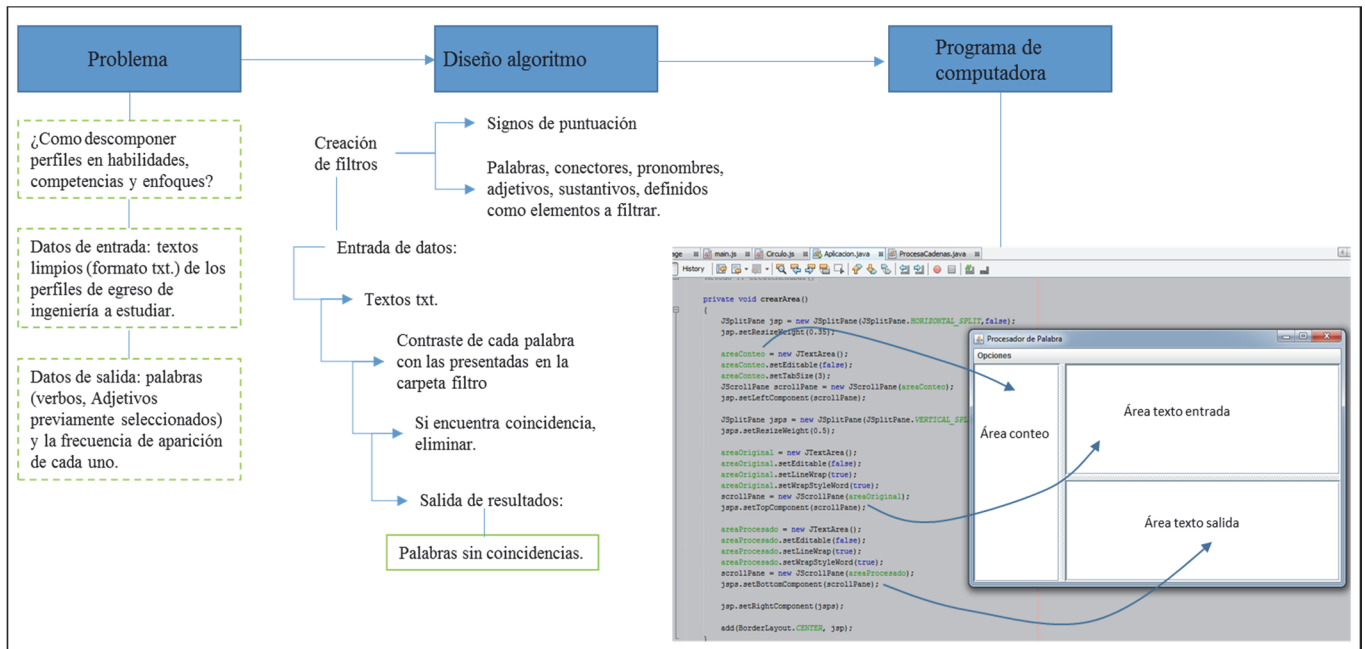


Figura 1. Algoritmo de análisis de texto
Fuente: Los autores.

Esto representó un problema complejo, ya que al tomar todos los perfiles y descomponerlos en cada unidad de sentido del discurso, entonces se debía establecer dicho sentido en cada palabra que representara habilidades, competencias y enfoques transversales declarados en los perfiles de los ingenieros, para lograr esto se diseñó, desarrolló e implementó un algoritmo cuyo fin fue filtrar todas las palabras (unidades semánticas) como nombres, pronombres, adjetivos, preposiciones, adverbios. En la Fig. 1 se presenta el esquema que representa al algoritmo denominado análisis de texto.

El algoritmo “análisis de texto”, se desarrolló en un principio de funcionalidad y facilidad de uso, por ello solo se debe introducir el texto sin formato en la venta de ingreso de texto y se obtiene el mismo texto eliminando los elementos que se han previsto en la carpeta de filtro. El resultado esperado buscaba determinar la presencia de cada palabra y la frecuencia de aparición que esta tenía en el discurso lo cual se visualiza en el área de conteo. Esta herramienta ayuda a tener mayor visibilidad sobre los conceptos que interesaban en la investigación encontrar las unidades de sentido, a pesar de la extensión de las redacciones textuales que cada facultad desarrolla.

A partir de la ejecución, se logró obtener verbos, acciones, adjetivos infinitivos y nombres que determinarán algún contexto, habilidad o competencia declarada en los perfiles de egreso estudiados, hallando los elementos en que cada facultad declara formar a sus estudiantes de ingeniería. Como resultado general se determinaron 70 palabras principales (unidades semánticas) que se enmarcan como componentes transversales en la formación de los ingenieros actualmente en las universidades acreditadas institucionalmente en el Valle del Cauca. En la Fig. 2 se presenta la visualización de estos 70 conceptos sin evidenciar ninguna



Figura 2. Visualización 70 conceptos claves perfil egreso
Fuente: Los autores.

jerarquía a partir de la frecuencia de aparición, esto será un factor determinante en el estudio aplicado a cada caso por separado.

Los datos obtenidos permiten realizar un estudio más claro al permitir descomponer los perfiles de egreso en las unidades conceptuales claves (palabras) y analizar las partes que componen la objetividad del perfil de egreso, siendo las palabras las formas sintéticas a estudiar, existiendo una lógica que presenta a la luz las implicaciones universales de la muestra del estudio determinando las singularidades de cada postura, de cada institución enmarcándolas en una tendencia clara. Esto no trata de encontrar una palabra clave sino de analizar empíricamente las ideas y enfoques que transmiten por medio de las palabras realizando un análisis de contenido [15].

Una vez conocidas las unidades componentes de cada perfil se determinó que no estaría en el análisis aquellas unidades que tuvieran una baja frecuencia y observar los elementos que lo

compongan entre un 60% y 70% aproximadamente, buscando determinar en la comunicación los enfoques de cada facultad. Esto apoyado en que al no generar repetición en el discurso de una idea o concepto clave, se infiere que no tiene homogeneidad en las unidades del análisis (programas académicos de cada facultad), lo que debilita la intención hacia el interlocutor de que comprenda el sentido del mensaje y de proceder de cada facultad.

Basado en los elementos obtenidos del análisis interno de los documentos (Perfiles de egreso) se construyó una representación de cada uno de estos por medio del uso de recursos tecnológicos 2.0², por medio de Word clouds, con la aplicación denominada Wordle (enlace <http://www.wordle.net/>) elementos utilizados en todos los análisis que se realizaron en la observación de las cuatro universidades.

A partir de la observación de las visualizaciones nace la crítica interna que se centra en la interpretación personal y subjetiva de cincuenta expertos en el área de la ingeniería y docencia activa con experiencia en diferentes instituciones de formación en ingeniería, dentro de estos cincuenta participantes se determinó que tuvieran diferentes enfoques disciplinares de forma aleatoria participando de esta manera desde la ingeniería mecánica, electrónica, eléctrica, industrial, materiales, informática, sanitaria, sistemas, producción, civil, mecatrónica, agrícola y biomédica, esto con el fin de tener diferentes puntos de vista e interpretaciones según el enfoque de cada formación particular.

Se aclara que este proceso se realizó de forma anónima en relación a las visualizaciones, dando los expertos sus opiniones sin conocimiento de la universidad y facultad que observaron en la visualización de los perfiles. Esto se efectuó de esta manera para eliminar sesgos o intereses en exaltar las habilidades de alguna de las facultades por parte de los ingenieros indagados.

Esta actividad conlleva a producir una reflexión colectiva sobre como la formación en ingeniería está formando ingenieros en relación a la innovación y al diseño (solución de problemas). Las cuales se encuentran como elementos fundamentales para la formación del siglo XXI [16] y que son habilidades que las organizaciones inmersas en la globalización están demandando en las personas que egresan de las universidades.

4. Resultados

A partir de los estudios referenciados y los materiales y métodos presentados se obtuvieron hallazgos que permiten determinar las habilidades y enfoques en que se centra la formación de la ingeniería actualmente en las cuatro universidades del valle del cauca que se estudiaron. A continuación se describen los resultados obtenidos para cada una de ellas.

4.1. Universidad 1

Referente a la universidad 1 se obtuvieron 26 palabras (conceptos) claves a partir del estudio realizado con el algoritmo las cuales componen en esencia el perfil de egreso de

Tabla 1.

Elementos del perfil universidad 1.

Concepto	Frecuencia	Porcentaje
Organizaciones	5	10.4
Tecnologías	4	8.3
Servicios, concepción, diseño	3	6.3
Usuarios, desarrollo, proyectos, gestión, comunicaciones implementar, soluciones, innovadora, integrar	2	4.2
Emprendimiento, estrategias, información, sociedad, elaboración, sostenibilidad, empresa, pensador, aprender, liderar, proceso, multidisciplinario	1	2.1

Fuente: Los autores.



Figura 3. Visualización perfil egreso con el 75% de conceptos. Universidad 1

Fuente: Los autores.

la universidad 1. Los conceptos en orden descendente expresando la frecuencia que tienen y el porcentaje que representa cada uno en el perfil del egresado como se presenta en la Tabla 1.

Los elementos conceptuales en los que se centra esta investigación, la innovación y el diseño, aparecen con 4.2% y 6.3% de participación en el perfil respectivamente. Siendo este último el tercer concepto más importante estando acompañado por otros dos conceptos que tienen el mismo peso.

A partir del análisis realizado del perfil de egreso de la universidad 1 y los datos obtenidos se realizó la visualización, teniendo como resultado la Fig. 3, en donde se evidencia claramente un enfoque en relación al contexto de las organizaciones, la tecnología, los servicios, las habilidades, destrezas en concebir y diseño.

Al realizar el análisis colaborativo con ingenieros profesionales al enfrentarse a las visualizaciones surgieron del imaginario de ellos interpretaciones reflexivas sobre las visualizaciones construidas por el proceso de análisis de contenidos realizado. Lo primero que surgió a partir de presentar la visualización de la Fig. 3 fue que el 16% percibió la visualización de este perfil de egreso como una disciplina diferente a la ingeniería, el 12% lo interpretó hacia el diseño. Con esta información se presenta que el 72% de los ingenieros percibieron la visualización como un perfil de ingeniería. Estos datos permiten dar la interpretación que este perfil de egreso deja para los ingenieros una visión más amplia y se dispersa de lo que ellos interpretan como ingeniería y en referente al diseño que es un elemento presente como ya se ha mencionado y que tiene un preferencia considerable se interpreta que sigue siendo

² Herramientas 2.0 son aquellas surgidas de la web 2.0 o "Web Social" que permite dejar de ser un receptor de comunicación y pasar a tener la oportunidad de crear y compartir información y opiniones con los demás usuarios de

internet. Las tecnologías Web 2.0 pueden cambiar profundamente la manera de trabajar e interactuar con personas y clientes en cualquier tipo de organización.

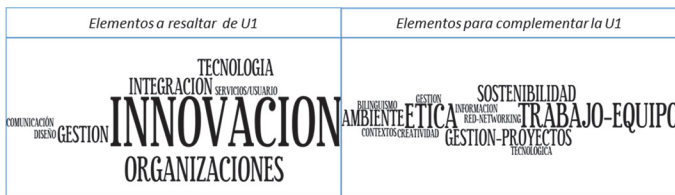


Figura 4. Elementos a resaltar y complementar del perfil visualizado. Universidad 1

Fuente: Los Autores.

Tabla 2.

Elementos del perfil universidad 2.

Concepto	Frecuencia	Porcentaje
Conocimiento	23	11.7
Diseño	21	10.7
Tecnologías y Gestión	12	6.1
Desarrollo	10	5.1
Procesos y Técnicas	9	4.6
Implementación	8	4.1
Operar	6	3.1
proyectos, control, producción, servicios, sostenible	5	2.6
Información, soluciones, estrategia	4	2
Social, entorno, organizaciones, crear	3	1.5
Concebir, ambientales, transformación, evaluar, global, comunicaciones, liderazgo, emprendimiento innovación, culturales, problemas	3	1.5
Articular, modelar, integrar, configurar, investigación, ecológicos, conceptualizar, económico, adaptación, transmisión, entornos, fabricar, construcción, competitividad, modelado	1	0.5

Fuente: Los autores.

coherente con esa postura, pero permite entrar a discusión más adelante como se entiende al diseño en la ingeniería.

Al analizar si esta propuesta de perfil de egreso con los elementos constitutivos de la Fig. 3 es adecuado a la formación de ingenieros para el siglo XXI, esta visualización fue la que obtuvo la segunda con menor preferencia con un 18% de los 50 ingenieros indagados. Aunque a resaltar entre sus elementos se destacó fuertemente la innovación, su enfoque hacia las organizaciones, la integración, la tecnología, la gestión y por último la comunicación y el diseño. Este proceso de análisis se complementó analizando con que elementos reforzar esta propuesta de perfil de egreso en ingeniería en donde surgió en orden de importancia el trabajo en equipo, la ética, la sostenibilidad y el ambiente, la gestión de proyectos y por último los elementos de gestión, bilingüismo, creatividad, contextos, networking y tecnología, estos con una misma importancia. Lo descrito a partir de la visualización de la Fig. 3 se presenta de forma condensada en la Fig. 4.

4.1. Universidad 2.

Para la universidad 2 se determinaron 47 palabras (conceptos) claves a partir del estudio realizado con el algoritmo desarrollado para esto, las cuales componen en esencia el perfil de egreso de la universidad 2. Estos conceptos en orden descendente expresando



Figura 5. Visualización perfil de egreso con el 68.9% de conceptos. Universidad 2
Fuente: Los autores.

la frecuencia que tienen y el porcentaje que representa cada uno en el perfil del egresado como se presente en la Tabla 2.

En relación con los elementos conceptuales que interesan en esta investigación, la innovación y el diseño, vemos que aparecen con 1% y 10,7% de participación en el perfil respectivamente.

Tomando como insumo lo mencionado, se realizó la visualización del perfil, en donde se evidencia claramente un enfoque en relación a formar con un enfoque en el conocimiento de la disciplina, uso de la tecnología, técnicas, sostenibilidad y habilidades para diseñar, gestionar, desarrollar, implementar, operar, controlar, producir en el marco de proyectos como se evidencia en la Fig. 5.

Al realizar el análisis colaborativo con ingenieros profesionales a partir de la visualización de la universidad 2 surgieron del imaginario de ellos interpretaciones. Lo primero que surgió a partir de presentar la visualización de la Fig. 5 fue que solo 6% percibió la visualización de este perfil de egreso como una disciplina diferente a la ingeniería, lo que permite interpretar que los elementos y la disposición de estos son empáticos con los ingenieros con los que se realizó este análisis. El 24% lo interpreto hacia el diseño. Con esta información se presenta que el 70% de los ingenieros percibieron la visualización como un perfil de ingeniería. Estos datos permiten interpretar que la universidad 2, tiene interiorizada la relación entre diseño e ingeniería de una manera articulada.

Al analizar si esta propuesta de perfil de egreso con los elementos constitutivos de la Fig. 5 es adecuado a la formación de ingenieros para el siglo XXI, esta visualización fue la que obtuvo la segunda con mayor preferencia con un 26%. A resaltar entre sus elementos se destacó fuertemente la sostenibilidad, el diseño, su enfoque hacia el conocimiento, la tecnología, la gestión y el enfoque de proyectos. Este proceso de análisis se complementó indagando con que elementos reforzar esta propuesta de perfil de egreso en ingeniería en donde surgió en orden de importancia la innovación, la comunicación y la ética con una gran referencia en estos tres elementos pero que estuvieron acompañados por elementos como la gestión humana, la gestión, la investigación, sensibilidad social, pensamiento crítico, creatividad, adaptabilidad cultural, ambiente, ciudadano universal, inteligencia emocional, el análisis de información, la interdisciplinariedad, la competitividad, la gestión de proyectos y la prospectiva. Lo descrito a partir de la visualización de la Fig. 5 se presenta de forma condensada en la Fig. 6.

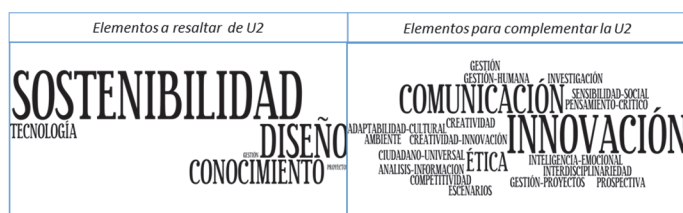


Figura 6. Elementos a resaltar y complementar del perfil visualizado. Universidad 2

Fuente: Los autores.

Tabla 3.

Elementos del perfil universidad 3.

Concepto	Frecuencia	Porcentaje
Diseño	18	10.9
Desarrollo	14	8.5
Proyectos y ambiente	12	7.3
Desarrollo	14	8.5
Proyectos y ambiente	12	7.3
control y evaluar	11	4.2
producción y proceso	8	4.8
Operar	7	4.2
construcción y servicios	6	3.6
Gestión y planeación	5	3
creativo y tecnológico	4	2.4
conocimientos, concepción y problemas	3	1.8
Transformación, optimizar, inteligencia, entorno, investigación, soluciones	2	1.2
implementar, cultura, modelar, competitividad, organizaciones, social, ecología, construir, comunicación, transmisión, emprender, sociedad, información	1	0.6

Fuente: Los autores.

4.1. Universidad 3

Para la universidad 3 se determinaron 37 palabras (conceptos) claves a partir del estudio realizado, las cuales componen en esencia el perfil de egreso de la universidad 3. Estos conceptos se presentan en orden descendente expresando la frecuencia que tienen y el porcentaje que representa cada uno en el perfil del egresado en la Tabla 3.

Los elementos conceptuales que interesan en esta investigación, la innovación y el diseño, vemos que la innovación no aparece en el perfil y el diseño es el concepto con mayor porcentaje con un 10,9% siendo el más importante.

A partir del análisis realizado del perfil de egreso de la universidad 3 se realizó la visualización en particular, teniendo como resultado la Fig. 7, en donde se evidencia claramente un enfoque en relación al quehacer del ingeniero a partir de las habilidades en diseño, desarrollo, construcción, control, operar, evaluar y el manejo de procesos con un enfoque en la producción, el medio ambiente, en proyectos y los servicios.

Al realizar el análisis colaborativo con ingenieros profesionales a partir de la visualización de la universidad 3 surgieron del imaginario de ellos interpretaciones. Lo primero que surgió a partir de la Fig. 7 fue que el 10% percibió la visualización de este perfil de egreso como una disciplina diferente a la ingeniería, lo que permite interpretar que los elementos y la



Figura 7. Visualización perfil de egreso con el 68.5% de conceptos. Universidad 3

Fuente: Los autores.

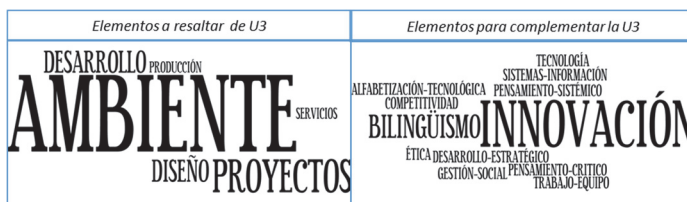


Figura 8. Elementos a resaltar y complementar del perfil visualizado. Universidad 3

Fuente: los autores.

disposición de estos son empáticos con los ingenieros con los que se realizó este análisis. El 12% lo interpreto hacia el diseño, lo cual levanta el cuestionamiento de como interpretan al diseño desde la ingeniería, esto porque según el análisis de contenido este es vital. Con esta información se presenta que el 78% de los ingenieros percibieron la visualización como un perfil de ingeniería, siendo el que más fue percibido como tal, lo que permite interpretar que es de las universidades analizadas la más ortodoxa o clásica en su formación de ingeniería.

Al analizar si esta propuesta de perfil de egreso con los elementos constitutivos de la Fig. 7 es adecuado a la formación de ingenieros para el siglo XXI, esta visualización fue la que obtuvo el cuarto lugar con una preferencia de 16%. A resaltar entre sus elementos se destacó fuertemente el ambiente, el enfoque a proyectos y a desarrollo, el diseño, la producción y los servicios. Este proceso de análisis se complementó analizando con que elementos reforzar esta propuesta de perfil de egreso en ingeniería, donde surgió en orden de importancia la innovación y el bilingüismo (comunicación) con gran referencia en estos dos elementos pero que estuvieron acompañados por elementos como la tecnología, el manejo de sistemas de información, la alfabetización tecnológica, pensamiento sistémico, la competitividad, la ética, el desarrollo estratégico, la gestión social, el pensamiento crítico, y el trabajo en equipo. Lo descrito a partir de la visualización se presenta de forma resumida en la Fig. 8.

4.2. Universidad 4

Para la universidad 4 se definieron 46 palabras (conceptos) claves a partir del estudio realizado, las cuales componen en esencia el perfil de egreso. Estos conceptos se presentan en orden descendente expresando la frecuencia que tienen y el porcentaje que representa cada uno en el perfil del egresado en la Tabla 4.

Tabla 4.
Elementos del perfil universidad 4.

Concepto	Frecuencia	Porcentaje
Solucionar	16	10.5
Conocimiento	12	7.9
Problemas	11	7.2
Diseñar	10	6.6
Tecnología	9	5.9
Desarrollar	8	5.3
Social	6	3.9
Gestión; Ética	5	3.3
Contextos, Comunicación	4	2.6
Proyectos, sostenibilidad, comunidades, proceso, ambiental, liderazgo, operar, economía	3	2
implementar, técnicas, autoaprendizaje, construir, empresas, aprendizaje, ingenio, analítico, investigación, interdisciplinar, emprendedor	2	1.3
creatividad, expresión, multidisciplinar, innovación, globalización, cultura, organizaciones, crear, experimentar, indagar, información, empresa, conciencia, aprender, adaptación, modelos	1	0.7

Fuente: Los autores



Figura 9. Visualización perfil de egreso con el 59.2% de conceptos. Universidad 4
Fuente: Los autores

Observando los elementos conceptuales que interesan en esta investigación, vemos que la innovación aparece con 0,7% de participación en el perfil y el diseño tiene 6,6% estando por encima los enfoques hacia la búsqueda de soluciones a problemas y el conocimiento.

Tomando como insumo lo mencionado, se realizó una visualización del perfil donde se evidencia claramente un enfoque en relación a formar con un enfoque para la solución de problemas, uso del conocimiento, contextos, con un enfoque social y uso de la tecnología, y habilidades para diseñar, gestionar, ética, comunicación, en el marco de contextos como se evidencia en la Fig. 9.

Al realizar el análisis colaborativo con ingenieros profesionales a partir de la visualización de la universidad 4 surgieron del imaginario de ellos interpretaciones. Lo primero que surgió a partir de presentar la visualización de la Fig. 9 fue que el 18% percibió la visualización de este perfil de egreso como una disciplina diferente a la ingeniería, lo que permite interpretar que los elementos y la disposición de estos son muy generales para los ingenieros con los que se realizó este análisis. El 18% lo interpreto hacia el diseño, lo cual levanta el cuestionamiento de como interpretan al diseño desde la

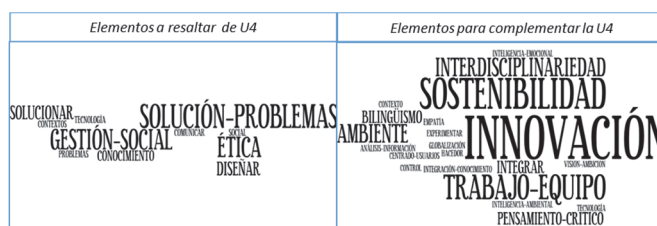


Figura 10. Elementos a resaltar y complementar del perfil visualizado. Universidad 4

Fuente: Los autores.

ingeniería, esto porque les marco relevantemente la gestión social y la comunicación como elementos que determinaron orientarla como una disciplina orientada al diseño. Con esta información se presenta que el 64% de los ingenieros percibieron la visualización como un perfil de ingeniería, siendo el que menos fue percibido como tal, lo que permite interpretar que de las universidades analizadas es la que más difiere de la formación tradicional de ingeniería.

Al analizar si esta propuesta de perfil de egreso con los elementos constitutivos de la Fig. 9 es adecuado a la formación de ingenieros para el siglo XXI, esta visualización fue la que obtuvo el primer lugar con una preferencia del 40%. A resaltar entre sus elementos se destacó fuertemente la solución de problemas, la gestión social, la ética como los más importantes complementados por diseñar, los contextos, el comunicar y el conocimiento. Este proceso de análisis se remató analizando con que elementos reforzar esta propuesta de perfil de egreso en ingeniería en donde surgió en orden de importancia la innovación y la sostenibilidad con gran referencia en estos dos elementos pero que estuvieron acompañados por elementos como el trabajo en equipo, la interdisciplinariedad, ambiente, bilingüismo, integrar, pensamiento crítico, inteligencia emocional, contextos, empatía, experimentar, análisis de información, centrado en los usuarios, inteligencia ambiental, visión o ambición y la globalización. Lo descrito a partir de la visualización de la Fig. 9 se presenta de forma resumida en la Fig. 10.

5. Discusión de los resultados

A partir de los perfiles de egreso de las facultades de ingeniería estudiadas y por medio de la indagación de ingenieros de diferentes experticias profesionales, se hallaron elementos que se resaltan en los perfiles y los elementos con los que se complementaría o haría más énfasis en la formación, estos se presentan en la Tabla 5. Esta tabla permite evidenciar que se considera clave para la formación de los ingenieros según los expertos, a la vez que presenta en que consideran se debe colocar más atención para fortalecer la formación para responder a las demandas actuales del mundo laboral para los ingenieros.

Estos resultados permitieron mediante la Fig. 11 identificar una tendencia frente a cada elemento de los citados en la Tabla. 5 y visualizar como cada universidad respondía a cada uno tanto en el ámbito de ser un elemento a resaltar como en el que era un factor a complementar.

Tabla 5.
Elementos a resaltar y complementar de los perfiles estudiados

Elementos a resaltar en los perfiles, según interpretaciones expertos	diseño	sostenibilidad	gestión-social	ambiente	conocimiento	solución-problemas	tecnología	ética	innovación	proyectos	solucionar	comunicación	gestión	organizaciones	contextos	desarrollo	integración	problemas	servicios/usuario
	14	10	8	7	7	7	7	6	6	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2
Elementos para complementar los perfiles, según expertos	innovación	trabajo-equipo	sostenibilidad	ambiente	ética	bilingüismo	interdisciplinariedad	pensamiento-crítico	comunicación	creatividad	gestión-proyectos	integración-conocimiento	análisis-información	competitividad	Contexto	inteligencia-emocional	tecnología		
	15	8	7	6	6	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2		

Fuente: Los autores.

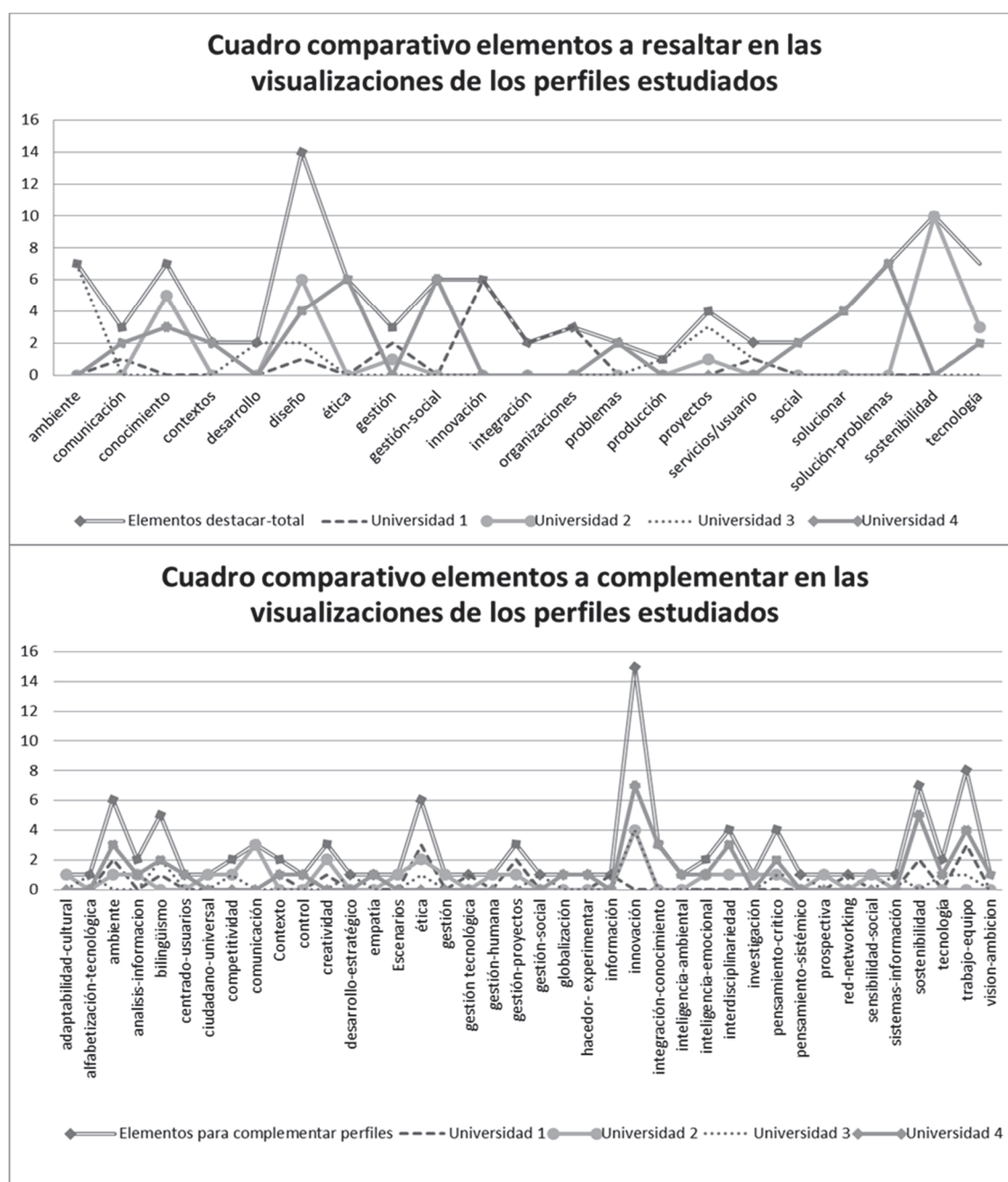


Figura 11. Comparativos de los elementos a resaltar y complementar de los perfiles de egreso versus cada universidad

Fuente: Los autores.

Así se busca representar como cada una de las facultades estudiadas resalta para los expertos en relación con los elementos considerados claves y acertados en su fortalecimiento, como los elementos considerados como débiles y que requieren fortalecerse.

En referencia a los conceptos de diseño e innovación se identifica como el diseño al estar presente en todos los perfiles es identificado como elemento a resaltar, mientras que se haría más refuerzo en la innovación. Es interesante ver esto como una dualidad, si se toma al diseño como un agente de cambio que busca resolver problemas los cuales son afrontados desde la creatividad y la capacidad de diseño con el fin de inventar y hacer realidad algo nuevo e impactar al medio, en definitiva innovar [17].

A partir de la observación y los hallazgos obtenidos en el estudio se determina que el diseño está inmerso en la ingeniería y en sus definiciones, lo cual evidencia una razón del porque tiene un protagonismo clave en los perfiles de la formación en ingeniería, lo que se alinea en teoría pero no se percibe claramente con lo mencionado por J. T. Hernandez, B. Caicedo, S. Caro, M. Duque y R. Gómez, en su texto «Formar Ingenieros: Un asunto de tradición o de ciencia,» donde se enuncia que en la formación un ingeniero debe de entender y apropiarse un proceso en diseño que se centre en la observación y la generación de soluciones. Esta postura se discute porque en la observación realizada con los expertos se evidencia al diseño como un hito en un proyecto no algo transversal al mismo y mucho menos en la formación como un factor capaz de desarrollarse por parte de los estudiantes al enfrentarse a un problema al realizar cualquier cosa (objeto de solución). Este tipo de postura impacta negativa no solo al desarrollo y comprensión sobre el diseño sino que afecta al desarrollo de la creatividad con sentido orientada a la búsqueda de soluciones, pues el proceso se centra en la factibilidad técnica solamente sin considerar factores centrados en los aspectos humanos.

Referente a la innovación se puede constatar que es un concepto relevante actualmente para la formación de ingeniería al entenderse como un grupo de habilidades que son necesarias desarrollar en el ingeniero que se forma actualmente para responder a las necesidades del mercado laboral, lo que pone en manifiesto que el discurso global sobre la importancia de la innovación está siendo percibido por los ingenieros docentes, pero esto no significa que este siendo apropiado por las facultades y que se estén realizando esfuerzos significativos para desarrollar realmente estas habilidades. Pues como se halló en el estudio el concepto de innovación es poco utilizado en los perfiles de los programas observados, lo que pone dos situaciones, o los programas no se actualizan en relación a los conceptos y necesidades del medio o no es una postura que la formación en ingeniería este absorbiendo con la confianza y real convicción en su desarrollo para la formación de los ingenieros.

Los elementos presentados en la Tabla 1 y la Fig. 11 están en total consonancia con algunos de los estudios realizados sobre la formación de innovadores, como el realizado por Tony Wagner [12] en donde cita algunas de estas habilidades y trae a relación a una de las escuelas más nuevas de ingeniería como

es el caso de Olin College donde han redefinido a la ingeniería como una profesión innovadora que se enfoca en la consideración de las necesidades humanas, el diseño creativo de sistemas de ingeniería y la creación de valor. Para Olin College según el estudio realizado por Wagner se debe de desarrollar habilidades colaborativas, fomentar la comprensión interdisciplinar, la comunicación, pensamiento estratégico y crítico, aprender haciendo, habilidades para la vida (inteligencia emocional), entender y desarrollar la creatividad y es indispensable para Olin desarrollar habilidades de diseño, para esto se centran en el design thinking, el cual se enfoca en el proceder del diseño para resolver problemas con mira a la innovación, más que ser visto como se citó, como un hito o momento en el proyecto. Esto enmarcado en una relación cercana con los contextos reales en que la ingeniería debe de desenvolverse en el mundo tomando una alta relevancia los temas relacionados con la sostenibilidad y el medio ambiente.

Estas posturas innovadoras para la formación de la ingeniería son resultado de cambiar la manera de formar para la ingeniería en lo que Richard Miller [12], fundador de Olin, define como tres avances en la evolución del aprendizaje, en donde no es ajeno la formación de la ingeniería, la primera basada en la memorización, que en nuestro medio tiene aún una influencia muy alta para la formación de ingenieros; la segunda un aprendizaje basado en problemas, es decir proyectos en donde el problema ya está establecido, corriente que está cada día tomando más auge en las facultades de ingeniería apalancándose en estrategias de formación como son el Aprendizaje basado en problemas (ABP) y el Aprendizaje orientado a proyectos (AOP) y por último un aprendizaje basado en el diseño, en donde es el estudiante el que debe definir el problema, entenderlo y proyectarle una solución que cumpla con lo que el contexto del problema requiera.

El estudio determinó en relación con los conceptos de diseño e Innovación, que el diseño estaba presente de forma muy activa en todos los perfiles de ingeniería y se mantuvo como un elemento a resaltar en los cuatro perfiles de facultad que se visualizaron. Respecto a la Innovación aunque estaba presente en todos también solo en la universidad 1 se mantuvo, dado que en las otras tres tenía muy baja frecuencia por lo que no quedó presente en la visualizaciones realizadas, como resultado en estas tres universidades fue considerado como un elemento vital para complementar la formación de los ingenieros.

Con estos hallazgos se considera que es importante para implementar el concepto de innovación, hacer un énfasis en una “alfabetización sobre el diseño” esta frase refiere a enseñar a fondo el concepto y proceder del diseño en la formación de ingeniería, pues aunque el diseño se reconoce en el discurso textual de los perfiles como necesario para el ingeniero en relación con su quehacer, este no es reconocido claramente en el currículo o micro-curriculum, quedando en muchos casos en este último relegado a un paso o hito de un proyecto. En contraste con los referentes de escuelas mencionadas, en donde se fomentan cursos, espacios y ecosistemas orientados al diseño, los cuales son considerados piedras angulares de la formación actual de la ingeniería [18], entendiendo el paso por el proceder

del diseño un factor indispensable para formar profesionales orientados a la innovación.

Esto da una perspectiva desde el estudio de la necesidad de cambiar la formación de ingeniería, si se desea que los estudiantes innoven se les debe guiar en su formación para esto y darles las herramientas necesarias para ello, de no ser así solo se está atendiendo la actualidad del mundo, en cuanto a las demandas profesionales, en el discurso de las facultades por la necesidad de responder a la tendencia global de los conceptos en cuestión, buscando no quedarse relegadas en relación a temas de acreditación y con los referentes de escuelas de ingeniería más reconocidos como son el MIT (Massachusetts Institute of Technology), Olin College, Stanford University, entre otras, las cuales han orientado su formación de una manera más holística y enfocada a responder a la necesidad del mundo actual formando ingenieros para estos tiempos con las habilidades necesarias para enfrentarlo.

6. Conclusiones

Mediante la implementación de métodos que nos permitan entender más afondo los compromisos que plantean las facultades de ingeniería y dar más énfasis a estos lineamientos que deben reflejarse explícitamente en las maneras para formar las próximas generaciones de ingenieros en relación a habilidades y tendencias necesarias para desenvolverse en el medio laboral del S. XXI.

En términos generales es posible afirmar que la tendencia de las universidades estudiadas tiene un conflicto entre la manera de enseñar y que enseñar en la ingeniería versus toda la información y cambios que se han venido desarrollando en muchas de las universidades extranjeras de referencia para esta disciplina. Una de las causas que dan pie a esto es que los docentes tienden a reproducir los métodos y maneras en que recibieron su formación, es decir formamos ingenieros para el siglo XXI, con las visiones, métodos y contenidos para desempeñarse en el S.XX. Lo que termina perpetuando formas ya obsoletas de enseñar y entender la ingeniería y que no responden a las necesidades actuales del sistema socio-económico en que el mundo está inmerso.

El estudio permitió identificar en relación a los conceptos estudiados de diseño e innovación los cuales no deben estar presentes en la estructura curricular bien sea macro o micro, como un momento puntual, sino que estos conceptos y habilidades que se asocian con el desarrollo de estos deben ser permeadas a lo largo de la formación del ingeniero de manera transversal y desarrolladas mediante la practica buscando la apropiación de procedimientos, conocimientos y conceptos de forma aplicada no solo apelando al modelo memorístico que apela solo a lo que se escucha y ve una persona.

En relación puntual con el diseño el estudio permitió identificar en los perfiles y facultades estudiadas que existe un conflicto en relación con el diseño, pues en los perfiles es importante para el discurso al ser el elemento con más frecuencia de aparición, lo cual se valida con los expertos que ratifican al diseño como fundamental para la formación del ingeniero. El conflicto mencionado aparece cuando se observan los planes curriculares, las estrategias pedagógicas, la

construcción de ecosistemas que propendan por el desarrollo de esta habilidad o competencia tan importante para el ingeniero, siendo poco frecuentes desde una generalidad, pues si se detectó el cambio hacia esta dirección de algunas de las facultades estudiadas. En general se refuerza la idea que el diseño, es visto como un hito de un proyecto, un paso necesario para un fin. Lo cual se considera desde las tendencias actuales de la formación en ingeniería que no es así, el diseño es el conductor hacia el fin o propósito, es el proceder que reúne los elementos que el ingeniero considera necesario para comprender y resolver un problema.

En relación con la innovación el estudio permitió identificar que el discurso en relación con este término es poco, lo cual parece interesante dado que hoy en día es uno de los más utilizados y desde una comprensión clara del término, es necesario orientar la formación de los nuevos profesionales hacia este fin. La innovación en los perfiles estudiados en el discurso tiene muy poca frecuencia, pero los expertos indagados proponen que se debe incluir y tener más compromiso con la formación orientada hacia este concepto.

No se dirá que existe conflicto en relación con este concepto, pero si falta el desarrollo de una cultura de la innovación en las facultades de ingeniería que permita guiar y ajustar los cambios necesarios para la formación orientada hacia la innovación. En la revisión con los expertos se evidenció que la innovación está siendo más empleada en la formación de los ingenieros que desarrollada, es decir, se implementan muchas maneras de mejorar la enseñanza de la ingeniería, pero con la misma esencia de los cursos (contenidos), lo que para algunas facultades esto infiere que están haciendo innovadoras y por tanto sus estudiantes los serán, lo que no tiene relación, pues el propósito de estos cambios no es formar innovadores.

Para formar ingenieros preparados para las dinámicas del siglo XXI, se debe de buscar una formación que integre de forma transversal al diseño en la manera en que se ha expuesto y la innovación, entendiéndolos como dos conceptos que requieren el desarrollo de muchas habilidades cada uno que complementa al otro, pero para que esto se puede potenciar adecuadamente sin estar en contravía de la esencia de la ingeniería debe de existir la voluntad de cambio, de innovar a la ingeniería como tal. Esto con el fin de generar un ingeniero capaz de dialogar con otras disciplinas, con el entorno y las personas.

En definitiva se puede inferir que en la actualidad en la formación de ingeniería se está hablando mucho de diseño, creatividad e innovación, pero estos conceptos están llegando primero al discurso, pero poco a la práctica lo cual se ve reflejado en los planes de estudio. Esto muestra que aún tenemos una visión en la aplicación de la formación de ingeniería muy ortodoxa. La formación debe abrirse a una orientada a su quehacer centrado en la experiencia, que a la apropiación de la ciencia centrada en una formación tradicional de la repetición, es decir, un ingeniero actual debe saber más como buscar el conocimiento y usarlo, que estar concentrado en almacenarlo y producirlo, esto sin desconocer que lo pueda hacer, pero se debe entender que para la ingeniería no es su fin producir el conocimiento, sino usarlo en post de beneficiar a la sociedad y la economía con una visión holística en relación con

el mundo. Esto permite definir que se deben buscar cambios que realmente trasciendan la manera en que se enseña la ingeniería, pues son pocas las instituciones que están optando por este camino, al menos en el valle del cauca y se debe acelerar el paso para atender a este mundo globalizado que demanda más de formaciones integrales y pensada en las personas.

Bibliografía.

- [1] Valencia, A., Una aproximación a la ingeniería, Medellín: Universidad de Antioquia, 2003.
- [2] Froyd, J., Wankat P. y Smith, K., Five major shifts in 100 years of engineering education, IEEE, pp. 1344-1360, 2012. DOI: 10.1109/JPROC20122190167.
- [3] Hernandez, J.T., Caicedo, B., Caro, S., Duque M. y Gómez, R., Formar Ingenieros: Un asunto de tradición o de ciencia, de XXIV Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería: El futuro de la formación en ingeniería, Cartagena, 2004.
- [4] ACOFI, El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación, Bogotá: ACOFI, 2007.
- [5] Iglesias, M. y Rodicio, M., EL desarrollo de la creatividad e innovación. Un reto ante la crisis actual., Investigación en Educación, pp. 134-148, 2013.
- [6] Ministerio de Educación Nacional, MINEDUCACION, [En línea]. Available: www.mineducacion.gov.co. [Último acceso: Enero 2016].
- [7] Villa, L., Davila, D. y Mora, J., Competencias para la innovación en universidades de América Latina: Un análisis empírico, Revista Iberoamericana de Educación Superior, 2010.
- [8] Ovallos, D., Maldonado, D. y Hoz, S.D.L., Creatividad, innovación y emprendimiento en la formación de ingenieros en Colombia. Un estudio prospectivo, Revista Educación en Ingeniería, 10(19), pp. 90-104, 2015.
- [9] BEDA, Temas de diseño en la Europa de hoy, Madrid: Sociedad estatal para el desarrollo del diseño y la innovación, DDI, 2004.
- [10] Carlgren, L., Design thinking as an enabler of innovation: Exploring the concept and its relation to building innovation capabilities, Gothenburg: Chalmers Reproservice, 2013. DOI: 10.1080/14783363.2013.776762
- [11] Dyer, J., Gregersen, H. y Christensen, C., El ADN del innovador, Barcelona: Deusto, 2012.
- [12] Wagner, T., Crear innovadores. La formación de los jóvenes que cambiarán el mundo., Bogotá: Norma, 2013.
- [13] Educaedu Bussiness, EDUCAEDU, 2016. [En línea]. [Último acceso: 08 Febrero 2016]. Disponible en : www.educaedu-colombia.com.
- [14] Ministerio de Educación Nacional, Concejo Nacional de Acreditación, 2016. [En línea]. [Último acceso: 08 Febrero 2016]. Disponible en: www.cna.gov.co.
- [15] Noguero, F.L., El análisis de contenido como método de investigación, Revista de Educación, pp. 167-179, 2002.
- [16] Anderson, J., ICT Transforming Education, Unesco, 2010. ISBN 978-92-9223-326-6 (Electronic version).
- [17] Manzini, E., Cuando todos diseñan. Una introducción al diseño para la innovación social, Madrid: Experimenta Theoria, 2015.
- [18] Froyd, J., Wankat, P. y Smith, K., Five major shifts in 100 years of engineering education, IEEE, pp. 1344-1360, 2012. DOI: 10.1109/JPROC20122190167.

J.A. Castillo-M., es PhD. (T) en Análisis del Movimiento (P de Milán, 2010), Dr. en Psicología Cognitiva (U. Lumiere Lyon II, 2004); MSc. en Ergonomía y Cambios Tecnológicos (U. Lumiere Lyon II, 2004, Diseñador Industrial (Bogotá, 1991). Docente Universitario desde 1993 en más de 15 Universidades nacionales e internacionales, Consultor en Ergonomía y Ciencia Cognitiva desde 1998, Director científico de proyectos en: U Rosario 2010-2014; Director de Tesis Doctorales, Maestría y Pregrado, siendo también miembro de comités doctorales. Evaluador de Proyectos para el Ministerio de Educación Nacional, Colciencias y Ministerio de Agricultura, OPS. Par evaluador en más de 10 publicaciones indexadas. Director del laboratorio de ergonomía y análisis del movimiento de la Universidad del Rosario. Director del seminario Nacional de Ergonomía, miembro profesional ACHM. He realizado más 100 publicaciones, comunicaciones y trabajos escritos. Consultor especializado en Ciencia Cognitiva, Modelación del Conocimiento, Desarrollo ergonómico y cambio tecnológico de las organizaciones. Researcher ID: B-4999-2015; Scopus Author ID: 55190252000.

ORCID: 0000-0001-9245-9086

J.M. López A. Diseñador Industrial en 2005, por la Universidad Icesi, Esp. en Gestión de la Innovación Tecnológica en 2009, MSc. en Ingeniería en 2011, ambos otorgados por la Universidad del Valle, en 2014 realiza un postgrado online en Artes mediales con la Universidad de Córdoba, Argentina y la Universidad de Chile en acuerdo con la Universidad de Caldas de Colombia, candidato a Dr. en Diseño y Creación desde el 2014 de la Universidad de Caldas. Ha trabajado en el sector productivo de 2005 a 2009 como diseñador industrial. Empezó en la academia desde el 2007 como profesor en programas de diseño industrial y se vinculó como profesor de la facultad de ingeniería en la Universidad Autónoma de Occidente desde el 2009 y desde el 2010 a liderando procesos que vinculan la interacción interdisciplinar entre el diseño y la ingeniería. Profesor de postgrado a nivel de Maestría desde 2014.

ORCID: 0000-0003-0868-3582

Trabajo cooperativo en el aula de fundamentos de teoría de máquinas y mecanismos

Juan José Prieto-Romero ^a & María Ángeles Martín-Maraver ^b

^a Escuela Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, Huelva, España. juan.prieto@dimme.uhu.es

^b Centro del Profesorado Sevilla 6, Lora del Río, Sevilla, España. mariaangeles@loracep.org

Resumen— El artículo desarrolla una propuesta de innovación docente, en el contexto universitario, con el objetivo de mejorar el nivel de formación de los estudiantes y el rendimiento académico en la asignatura de Fundamentos de Teoría de Máquinas y Mecanismos (F.T.M.M.). Teniendo en cuenta estudios y experiencias que se comparten entre la comunidad educativa, se derivó la necesidad de pasar de la clase magistral a una clase que propiciara el protagonismo del estudiante en relación a su propio aprendizaje. Se decidió implementar en el aula técnicas simples de trabajo cooperativo, porque, de una forma sencilla y sin cambios metodológicos profundos, permitía al docente pasar de un modelo tradicional, centrado en la enseñanza, a un modelo centrado en el aprendizaje. El resultado fue el impulso de la participación activa y autónoma del alumnado y la mejora de sus competencias, su capacitación y su cualificación. En definitiva, las técnicas de trabajo cooperativo se mostraron eficaces en la mejora del rendimiento académico del alumnado.

Palabras Clave— Trabajo cooperativo, metodologías activas, competencias, aprendizaje autónomo.

Recibido: 6 de julio de 2016. Revisado: 16 de agosto de 2016. Aceptado: 14 de septiembre de 2016.

Cooperative work in the classroom of fundamentals of machine and mechanism theory

Abstract— The article develops a proposal for teaching innovation in the university context, with the aim of improving the level of training of students and academic performance in the subject Fundamentals of Theory of Machines and Mechanisms (F.T.M.M.). Given studies and experiences shared among the educational community, was derived the need to move from a master class to a class that encouraged student leadership in relation to their own learning. It was decided to implement, in classroom, simple techniques cooperative work, because, in a simple way and without deep methodological changes, allowed teachers to move from a traditional model, focused on teaching, to a learning-centered model. The result was the impetus of the active and autonomous participation of students and improving their skills, training and qualifications. In short, cooperative work techniques were effective in improving the academic performance of students.

Keywords— Cooperative work, active methodologies, skills, autonomous learning.

1. Introducción

Vivimos en un mundo global que se caracteriza por un incesante cambio. El ritmo de producción del conocimiento es cada vez más extenso y acelerado y, por tanto, su obsolescencia también crece. Estamos educando para un futuro incierto en el

que nuestro alumnado trabajará en profesiones que aún no existen. Por ello, nuestros estudiantes deben prepararse para incorporarse a un entorno laboral muy diferente al que existía hace solo diez años atrás. Los problemas que estos futuros profesionales deberán enfrentar cruzan las fronteras de las disciplinas y demandan enfoques innovadores y habilidades para la resolución de problemas complejos. En esta sociedad del conocimiento el docente ya no es el depositario y transmisor esencial del saber. Ante esta perspectiva educativa, ¿cómo ha de enfocarse la Universidad al objeto de hacerla realmente eficaz y competitiva?

Para integrar la Universidad en la sociedad del conocimiento, 29 Ministros Europeos de Educación firmaron en Bolonia, el 19 de Junio de 1999, la Declaración de Bolonia para reformar las estructuras de los sistemas de educación superior de manera convergente. Se trataba, no solo de un precepto político, sino también un compromiso fijo a un programa de acción destinado a reformar el sistema de educación superior en los países europeos, cuyo principal objetivo consistía en la creación de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) que facilitara que los títulos europeos tuviesen reconocimiento en toda Europa, mejorando la contratación y la movilidad de los futuros profesionales.

Un aspecto importante del EEES es que implica la instauración de nuevas metodologías docentes, en detrimento de las tradicionales clases magistrales. Los cambios en el perfil docente están basados en una docencia centrada en el alumnado, lo que convierte al profesorado en guía y facilitador del aprendizaje autónomo del estudiante. Se establece también la necesidad de promover un nuevo enfoque basado en la adquisición de competencias del discente ya que, en el proceso de aprendizaje, se elimina la división entre teoría y práctica al requerirse el análisis y resolución de problemas unidos a la búsqueda de alternativas frente a las situaciones que plantean dichos problemas. Es decir, el aprendizaje está orientado a que se adquieran conocimientos teóricos, habilidades, destrezas, la capacidad de trabajar en equipos multidisciplinares y la facultad de aprender a aprender. Desde esta perspectiva, el

Como citar este artículo: Prieto-Romero, J. J. & Martín-Maraver, M. A.. Trabajo cooperativo en el aula de fundamentos de teoría de máquinas y mecanismos. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 21-27, Febrero, 2017.

concepto de competencia en la educación se interpreta como saberes de ejecución.

Este enfoque exige pasar de la clase magistral a una clase que facilite el protagonismo del estudiante en relación a su propio aprendizaje. En consecuencia, el docente necesita experimentar metodologías que pasen de un modelo tradicional centrado en la enseñanza, a un modelo centrado en el aprendizaje. Esos modelos activos facilitan la participación activa y autónoma del alumnado, quien ha de implicarse y asumir la responsabilidad de su aprendizaje. Dar respuesta a estas exigencias constituye el origen de aplicar técnicas de trabajo cooperativo en la asignatura de Fundamentos de Teoría de Máquinas y Mecanismos (F.T.M.M.).

Fundamentos de Teoría de Máquinas y Mecanismos busca comprender las relaciones entre la geometría y los movimientos de las piezas de una máquina o mecanismo y las fuerzas actuantes. Dentro de la F.T.M.M. se distingue entre la síntesis o diseño y el análisis. Síntesis o diseño es el proceso creativo mediante el cual es posible generar un modelo o patrón, para satisfacer una necesidad, cumpliendo las restricciones cinemáticas y dinámicas que definen el problema. Es decir, partiendo de una necesidad, diseñamos un mecanismo. Análisis es el estudio del comportamiento de un mecanismo ya conocido, con el fin de determinar si es adecuado para el trabajo al que está destinado.

Mediante la asignatura F.T.M.M. se aplica el conocimiento científico a problemas prácticos. Resolver un problema implica realizar tareas que demandan procesos de razonamientos más o menos complejos y no simplemente una actividad asociativa y rutinaria. Para desarrollar esta competencia se ha de fomentar la confianza del alumno en su propio pensamiento, potenciar las habilidades y capacidades para aprender, comprender y aplicar los conocimientos y favorecer la autonomía intelectual que le permita continuar su proceso de formación. También contribuye al desarrollo de otras competencias básicas como el trabajo en equipo, la creatividad, el análisis o el liderazgo.

Para los objetivos de bajo nivel, por ejemplo la adquisición y comprensión de la información, cualquier método puede ser adecuado. Sin embargo, para los objetivos superiores como el desarrollo del pensamiento crítico y aprendizaje autónomo propios de la F.T.M.M. los métodos centrados en los alumnos son más eficaces. Por ello, se toma la opción de investigar, llegando a la decisión de profundizar en el trabajo cooperativo.

El Aprendizaje Cooperativo es un término genérico usado para referirse a un grupo de procedimientos de enseñanza que parten de la organización de la clase en pequeños grupos mixtos y heterogéneos donde los alumnos trabajan conjuntamente de forma coordinada entre sí para resolver tareas académicas y profundizar en su propio aprendizaje. En esta situación de aprendizaje los objetivos de los participantes se hallan estrechamente vinculados, de tal manera que cada uno de ellos sólo puede alcanzar sus objetivos si y sólo si los demás consiguen alcanzar los suyos [1]. El Aprendizaje Cooperativo establece un sistema de interacciones cuidadosamente diseñado que organiza e induce la influencia recíproca entre los integrantes de un equipo.

El aula cooperativa se fundamenta en los postulados de la teoría sociocultural de Vygotsky, la teoría genética de Piaget y

su desarrollo a través de la Escuela de Psicología Social de Ginebra, la teoría de la Interdependencia Positiva de los hermanos Johnson, el aprendizaje Significativo de Ausubel, la Psicología Humanista de Rogers y la Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner.

¿Por qué implementar el trabajo cooperativo en el aula? Acorde con Pierre Dillembourgh [2], aplicar el trabajo cooperativo en el aula tiene como base el hecho de entender que los individuos no aprenden porque ellos sean individuales o porque estén en grupo, sino porque ejecutan algunas actividades (leer, predecir, etc.) que conllevan algunos mecanismos de aprendizaje (inducción, predicción, compilación, etc.). Pero además, la interacción entre sujetos genera actividades adicionales (explicación, regulaciones mutuas, etc.). En este sentido, el aprendizaje cooperativo desarrolla competencias no solo referidas a los contenidos, sino también orientadas al desarrollo de habilidades y destrezas individuales (planificación, seguimiento, evaluación...) e interpersonales (cooperación, liderazgo, responsabilidad, compromiso), con claros beneficios para el aprendizaje de los alumnos.

Con este planteamiento, se establece la hipótesis de que las dificultades a las que se enfrentan los estudiantes ante la resolución de los problemas de Fundamentos de Teoría de Máquinas y Mecanismos podrían minimizarse con el apoyo y tutorización entre iguales. Se decide, por tanto, desarrollar una experiencia de trabajo en equipo que suponga la búsqueda de la implicación de todos los miembros y, al buscar el éxito del grupo, lo más adecuado es utilizar técnicas de trabajo cooperativo.

2. Metodología

Teniendo en cuenta las recomendaciones del Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid acerca de cómo implementar en el aula una técnica cooperativa, que favoreciera el trabajo por competencias, se hizo necesario organizar detenidamente todo el proceso [3]. Para ello, siguiendo a Leonor Prieto Navarro [4], profesora en el Departamento de Didáctica y Teoría de la Educación de la Universidad Autónoma de Madrid, se establecieron las siguientes fases:

2.1. Fase I: Planificación

El objetivo era afianzar la capacidad del alumnado en la resolución de problemas de análisis cinemático. La tarea del alumnado sería, no solo buscar la solución del problema planteado, sino evidenciar las dudas y resolverlas entre los propios estudiantes.

Se decidió partir de un trabajo individual inicial previo e ir confrontando los resultados obtenidos entre el alumnado. La técnica simple 1-2-4 desarrolla agrupaciones progresivas, lo que permitía organizar el trabajo desde lo individual hasta el gran grupo de manera escalonada. Esta técnica consiste en que cada alumno/a plantea de manera individual la resolución del problema. Posteriormente, se agrupan en parejas, comparan sus respuestas y sintetizan una solución en conjunto. Se vuelven a unir de cuatro en cuatro (y de ocho en ocho si fuese un grupo grande) con el mismo objetivo. Estos últimos equipos han de elegir un

representante que explicará al resto de la clase la respuesta elaborada por su grupo. El profesor guía esas explicaciones, especialmente buscando aclarar las dudas y aquellas dificultades que impiden la adecuada resolución del problema.

No se dejó al azar los distintos agrupamientos. Era necesario no solo favorecer la diversidad de interacciones entre todo el alumnado del aula, sino también evitar el enquistamiento de grupos ya establecidos y, muy importante, eliminar la posibilidad de que se diesen casos de estudiantes desubicados. Partiendo de la asignación de un número “n”, del 1 al 30, de todos los estudiantes, se establecieron los siguientes criterios de agrupamientos:

- Parejas: se agruparon los números pares e impares siguiendo un orden ascendente; es decir, el 1 y 3, 5 y 7... 2 y 4, 6 y 8...
- Grupos de cuatro: se agruparon parejas pares e impares siguiendo un orden ascendente: 1/3/5/7, 2/4/6/8... Restaron los estudiantes numerados como 29 y 30 que se distribuyeron en uno de los grupos impares y pares respectivamente.
- Grupos de ocho: En esta última agrupación se unieron los cuartetos pares e impares consecutivos; es decir, 1/3/5/7/2/4/6/8. Programar los tiempos fue otro aspecto a tener en cuenta. Se decidió repartirlo como sigue:

- Trabajo individual: 20 minutos.
- Parejas: 10 minutos
- Grupos de cuatro: 5 minutos
- Grupos de ocho: 5 minutos.

Finalmente se estableció el aula como espacio donde transcurriría la actividad, ya que la disposición del mobiliario permitía la movilidad y agrupación del alumnado. En cuanto a las responsabilidades, de manera individual debían intentar dar resolución al problema planteado. En grupo tenían que compartir los resultados obtenidos, plantear e intentar resolver dudas, escuchar y respetar las intervenciones de los compañeros. Finalmente, en la última agrupación de 8 miembros se debía elegir un portavoz que resumiese el trabajo realizado y lo expusiera al resto de la clase.

Para valorar la cantidad y calidad de aprendizaje se estableció una evaluación cuantitativa y cualitativa de la experiencia. Por un lado, se pidió al alumnado que emitiese una calificación del 1 al 10, teniendo en cuenta cómo la actividad colaborativa favorecía o no la resolución del problema y cómo permitía clarificar dudas y afianzar conocimientos. Por otro lado, la valoración cualitativa se desarrolló mediante la redacción de un texto individual en el que se debían expresar las impresiones acerca de la práctica colaborativa. También, se consideró importante que el docente proporcionase un cierre a la actividad emitiendo un resumen del trabajo que habían realizado los alumnos. En esta última fase se consideró muy importante evaluar el aprendizaje y los procesos de trabajo en equipo de los estudiantes.

2.2. Fase II: Presentación de la dinámica y agrupación

La experiencia se desarrolló en tres sesiones presenciales con 30 estudiantes de Fundamentos de Teoría de Máquinas y Mecanismos, asignatura troncal del primer cuatrimestre del 2º curso de Grado de Ingeniería Mecánica. En la primera sesión, se desarrolló la exposición teórica por parte del profesorado, tras lo cual se procedió a la ejemplificación de un problema y su resolución. En la segunda sesión, se repasó el contenido de la primera sesión y se procedió a

presentar el ejercicio que el alumnado tenía que solventar. Se planteó con instrucciones claras el trabajo a desarrollar. Se explicaron los criterios para el éxito de la experiencia, comunicándoles claramente qué se esperaba de ellos y cómo se desarrollaría la actividad. Sin duda, identificar el reto al que se enfrentaban los estudiantes les permitía afrontar la tarea más motivados. Además de aclarar la responsabilidad individual, se explicó en qué consistía la cooperación grupal, destacando el valor de la interdependencia positiva (la necesidad del conocimiento de los compañeros para el propio aprendizaje) y se especificaron las conductas deseables en los alumnos para que la actividad se desarrollase adecuadamente y alcanzase los objetivos y el éxito esperados. Se dio gran importancia a que todos los alumnos comprendieran el proceso y asumieran el compromiso y las responsabilidades que se ponían en juego.

En la práctica, el ejercicio fue abordado de manera individual durante 20 minutos, según el tiempo establecido. Posteriormente, siguiendo las directrices establecidas en la planificación previa, se procedió a los emparejamientos (parejas, grupos de cuatro, grupos de ocho, gran grupo) que precisaron más de los 5 minutos programados, optándose a ampliarlos a 15 y 10 minutos. Transcurrido ese tiempo se presentaron al gran grupo los resultados. El profesor evitó expresar opiniones o dar información que facilitase a los estudiantes la respuesta correcta. Esto permitía aprovechar el error como una oportunidad para el aprendizaje, mostrando que el camino recorrido, hasta alcanzar el resultado final, era el verdadero aprendizaje. En este proceso de modelar pensamientos de orden mayor resultó útil hacer preguntas que verificasen el conocimiento profundo de los estudiantes, como podían ser las siguientes: ¿Por qué? ¿Qué significa? ¿Cómo se relaciona... con ...?

2.3. Fase III: Seguimiento y observación por parte del profesor

Resultaba fundamental que, en esta labor de seguimiento, el profesorado prestase atención a lo que acontecía en los grupos cooperativos, tanto en los contenidos como en los comportamientos, y tomase notas con el fin de obtener información que volcar en las valoraciones que debía emitir como conclusión de la actividad. Por ello, se elaboró una plantilla (Tabla 1) con unas sencillas pautas de observación para el docente, relacionadas tanto con la capacidad del alumnado para resolver el problema, como para usar habilidades sociales necesarias para cooperar con otros.

Tabla 1.
Plantilla de observación

Trabajo individual	Parejas	Grupos de cuatro	Grupos de ocho	Gran grupo
Comprensión del problema planteado				
Resolución de la tarea				
Actitud hacia la experiencia				
Grado de colaboración				

Fuente: Los autores.

Esas observaciones permitieron al docente intervenir clarificando instrucciones, respondiendo preguntas, enseñando y mejorando destrezas, etc.. Teniendo en cuenta las indicaciones del profesor David Johnson [5], durante esta fase el docente debía animar a los estudiantes a que compartiesen sus conocimientos y sus estrategias de aprendizaje, dentro de un clima de respeto y entendimiento mutuo.

La observación se complementó con un diario de prácticas para reflexionar acerca de todo lo visto, vivido, trabajado. Otras cuestiones no abarcables con la observación y el análisis de documentos escritos elaborados por el alumnado, como captar lo que las personas piensan, perciben, sienten o como interpretan el significado que otorgan a diferentes ámbitos de su experiencia, serían abordadas mediante las conversaciones surgidas durante la experiencia.

2.4. Fase IV: Evaluación

La evaluación se inició con la exposición, análisis y resolución de la actividad por parte de los grupos de 8 miembros. Los representantes expusieron los resultados obtenidos al resto de compañeros. Finalizada la ronda de intervenciones, el profesor abrió un diálogo para confirmar los aciertos y aclarar las dudas que los errores plantaban. El papel del docente en esta fase fue incitar a los estudiantes a escuchar la diversidad de opiniones, a desarrollar un pensamiento crítico y creativo y a participar en diálogos abiertos y significativos mediante la emisión de críticas constructivas que permitan una aceptación positiva.

Al terminar el grupo, y como aconseja Alfie Kohn [6], el profesor incentivó una retroalimentación positiva acerca del trabajo realizado. Al hacerlo, no dijo a los estudiantes si estuvo bien o mal, sino que les hizo preguntas que les ayudasen a verbalizar cómo llegaron a la solución presentada. Con esta evaluación, que estimula la participación del alumnado guiado por el profesor, se pretendía lograr estudiantes más autónomos, auto-reflexivos y responsables. En este sentido y como recogen Patricia Morales y Victoria Landa [7], el rol del tutor se puede entender mejor en términos de comunicación metacognitiva ya que “el tutor plantea preguntas a los estudiantes que les ayude a cuestionarse y encontrar por ellos mismos la mejor ruta de entendimiento y manejo del problema”. Al finalizar la sesión, se entregaron al profesor los trabajos individuales y grupales desarrollados.

Tomando como referencia a Pedro Morales Vallejo [8], docente e investigador en el Departamento de Educación, Métodos de Investigación y Evaluación de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid, en la tercera sesión, tras nueva entrega de los trabajos individuales debidamente corregidos, se procedió a registrar una valoración cualitativa por parte del alumnado. Se pidió que, individualmente y de forma anónima, describiesen sus impresiones sobre la experiencia, tanto en lo relacionado con los contenidos trabajados y los conocimientos adquiridos, como los aspectos cooperativos desarrollados. Paralelamente cada estudiante evaluó cuantitativamente la experiencia según los siguientes criterios de valoración (Tabla 2).

Tabla 2.
Rúbrica de evaluación de la experiencia por parte del alumnado

Criterio	Valoración				
	Sobresaliente (Siempre)	Notable (Casi siempre)	Bien (Con frecuencia)	Suficiente (Aceptable)	Insuficiente (Raramente)
El trabajo ha propiciado la responsabilidad individual					
Los miembros del grupo explicaron unos a otros lo que estaban aprendiendo.					
Los miembros del grupo participaron en igual medida.					
El grupo trabajó con eficacia.					
Se logró la comprensión del problema.					
El alumnado resolvió el problema planteado de manera satisfactoria.					
El trabajo fue concluido en el tiempo estipulado.					

Fuente: Los autores.

3. Resultados

3.1. Con respecto al docente

Frente a la clase magistral, en la experiencia desarrollada, el docente consideró haber ampliado sus competencias. Al convertirse en gestor favorecedor de ambientes de aprendizaje desempeñó dos roles fundamentales. Por un lado, realizó la labor de diseñador instruccional que facilitaba condiciones en el entorno de aprendizaje para que fuese más efectivo y definió las actividades que se necesitaban afianzar o aprender por parte del grupo de estudiantes.

Más concretamente, el profesor, como diseñador instruccional, se encargó de definir las condiciones iniciales del trabajo: planeó los objetivos académicos y los conocimientos a adquirir, planificó y explicó los criterios de éxito, estableció las tareas a realizar, diseñó materiales, definió los mecanismos de evaluación y monitoreó el aprendizaje de los alumnos en clase, en este sentido la hoja de observación fue útil para orientar la valoración final emitida como cierre de la actividad. Pero su función principal como diseñador instruccional fue crear ambientes de aprendizaje, brindando oportunidades para el trabajo colaborativo y ofreciendo a los estudiantes una variedad de tareas de aprendizaje auténticas.

Por otro, y coincidiendo con Howard S. Barrows [9], en esta experiencia el papel del docente no se ciñó a transmitir unos conocimientos, sino que se transformó en mediador cognitivo al intentar que el alumnado desarrollase habilidades de razonamiento (resolución de problemas, metacognición, pensamiento crítico) y fuese autónomo de su propio aprendizaje.

Frente a los resultados obtenidos en una clase magistral de la asignatura Fundamentos de Teoría de Máquinas y Mecanismos, los alcanzados en estas clases activas, donde se aplicó una técnica simple de trabajo cooperativo, resultaron de mayor calidad. Esto se debió a que se produjo una mejora que abarcó, no solo un mayor número de estudiantes que alcanzaron una resolución adecuada de los problemas planteados de análisis cinemático; sino que, también, se incentivó la implicación del alumnado, su entusiasmo, su motivación y la conciencia del nivel de aprendizaje adquirido. Ambos aspectos muestran que el profesor alcanzó los objetivos programados sobre la mejora del nivel de formación de los estudiantes y del rendimiento académico en la asignatura de Fundamentos de Teoría de Máquinas y Mecanismos, y sumó la satisfacción propia por una docencia más integradora, al propiciar aprendizajes más complejos e incentivar la motivación del alumnado por la asignatura.

En definitiva, el profesor valoró muy positivamente la incorporación de estrategias cooperativas porque, debidamente planificadas, son fáciles de aplicar en el aula, son compaginables con la clase magistral, se alcanzan resultados muy positivos, y actualiza al docente permitiéndole trabajar por competencias.

3.2. Con respecto al alumnado

El alumnado emitió una alta valoración sobre la experiencia, recogida en la Tabla 3. De estas aportaciones se destaca que la actividad permitió que todos participasen; posibilitó alcanzar acuerdos al enfocar sus esfuerzos hacia un fin claro; favoreció la retroalimentación, facilitando que el alumnado detectase y resolviese problemas, dudas y alcanzara un alto rendimiento; ayudó a usar estrategias para asumir la responsabilidad de sus propios aprendizajes al generar mayor compromiso individual y guió en el camino de la cooperación, el beneficio mutuo y la cohesión grupal.

En la evaluación emitida por el alumnado se desveló el carácter innovador del trabajo cooperativo desarrollado y la idoneidad con respecto a las competencias que, del alumnado, demanda la asignatura de FTMM. Se evidenció cómo los estudiantes eran conscientes de carecer de habilidades suficientes de trabajo en equipo. La causa se atribuía a la carencia de prácticas similares, que estuviesen organizadas de manera adecuada para un trabajo en grupo que implicase un enriquecimiento mutuo, que permitiese compartir metas claramente definidas con objetivos conocidos, medibles y autoevaluables y, especialmente, una planificación que favoreciera el autoaprendizaje.

Tabla 3.
Valoración de la experiencia por parte del alumnado

Valoración cuantitativa emitida por el alumnado (Rúbrica)	Valoración cualitativa emitida por el alumnado
Sobresaliente: 18 estudiantes	“Mi experiencia es positiva, ya que no tenía muy dominada esta parte de la asignatura y con la colaboración del grupo me ha ayudado bastante a resolver ciertas dudas encontradas en el ejercicio... el alumno se siente más cómodo exponiendo sus dudas ante un compañero que ante un profesor.” “El que un concepto te lo explique un compañero, un igual, puede hacer que lo comprendas mucho más rápido. El aprender a trabajar conjuntamente con personas desconocidas puede ser muy bueno, ya que tienes que adaptarte a las características del grupo.” “Yo tenía algunas dudas de cómo encontrar los CIR y gracias a esta propuesta de trabajo se han solucionado todas.” “Aparte de relacionarnos más con los compañeros, da la oportunidad de que aquellos que sepan hacerlo se lo expliquen a quienes no sepan o estén un poco perdidos en el tema... Personalmente he aprendido bastante en esta sesión ya que no sabía lo que había que hacer y ahora lo he comprendido bastante.” “Es una forma diferente de aprender ya que lo que cada alumno ha aprendido de forma individual lo aporta a los compañeros... esto permite que quienes saben hacerlo afiancen los conocimientos y los que no, de este modo, sí puedan aprenderlos definitivamente.” “Los que saben pueden compartir su experiencia y adquirir más puntos de vista y los que saben menos pueden mejorar.” “Se consigue que la globalidad de la clase acabe sabiendo hacer el ejercicio... en la clase normal te puedes quedar con dudas que, por vergüenza u otra razón, no preguntas. De este modo, eso no pasa... y a la vez mejoras las relaciones con algunos compañeros.” “Personalmente me ha ayudado en tanto que he aclarado la mayor parte de las dudas y de eso se trataba, de aprender.” “Para poder ayudar hace falta comprender muy bien el problema y eso me ha beneficiado.” “Puntuo con un sobresaliente la actividad basándome en que nos ha servido para aprender, compartir conocimientos y cooperar.”
Notable: 12 estudiantes	“Me parece buena forma de enterarte de cómo se trabaja en grupo. Por otro lado te das cuentas de errores que ignorabas gracias a la comparación con otros compañeros.” “Me parece una excelente forma de trabajar. Es una experiencia innovadora ya que es la primera vez que la he realizado y los resultados me han parecido muy buenos... Lo único que yo cambiaría sería la cantidad de movimiento en el aula.” “Esta es una gran forma de aprender. Aunque el tiempo en la última agrupación era escaso.” “Me ha parecido buena forma de trabajar, pero como inconveniente le veo que si te agrupas con alguien que tiene resultados muy diferentes, tal vez no se consiga aclarar el tema.” “Avisar con antelación para traer los conocimientos frescos y aprovechar mejor la experiencia.” “Demasiado tiempo organizando los grupos (la próxima vez como están hechos ya no sucederá).”

Fuente: Los autores.

Unido a las valoraciones emitidas por el alumnado, los resultados objetivos fueron contrastables, esencialmente a

través de las respuestas escritas desarrolladas y de las ideas expuestas durante las interacciones entre el profesor y el alumnado, tanto en grupos como individualmente. Por tanto, la certeza de la profundización del aprendizaje quedó garantizada por la calidad de la participación en el aula y la asimilación de los conceptos ingenieriles expresados. Esto ha sido evidente, especialmente en aquellos alumnos que se perdían en la clase magistral al no expresar sus dudas ya sea por timidez, por falta de fluidez verbal o por lagunas sobre la materia que le impedían seguir el ritmo habitual de la misma.

Además, en las valoraciones del alumnado, tanto cuantitativa como cualitativa, se confirmó que el aprendizaje cooperativo permitía la adquisición de los contenidos, unido al desarrollo de habilidades y estrategias autorreguladoras encaminadas a la resolución de problemas y, especialmente, a “aprender a aprender” y “aprender a pensar”. Igualmente se enfatizó la importancia del sentido personal que los alumnos le daban a lo que aprendían. En sus representaciones y expectativas, el alumnado evidenció el papel que desempeñaba en su propio éxito o fracaso y percibió su conexión entre el mismo y las relaciones que se establecían con el profesor y sus compañeros.

Y, principalmente, las opiniones vertidas reflejaban la posibilidad que ofrecía el aprendizaje cooperativo de atribuirle sentido personal a lo que se aprendía. Mariana Miras, profesora del Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación de la Universidad de Barcelona [10], destaca especialmente este mundo de emociones y representaciones, activado en el aula al aprender, ya que determina el autoconcepto académico, la autoestima, el interés latente, los “yoes” posibles, la motivación y el enfoque que el estudiante adopta y las creencias que activa.

Los resultados de la experiencia de innovación desarrollada se alinean con las perspectivas que cuestionan el papel del docente universitario como mero trasmisor e instructor, sistemático y eficiente, de ideas, conocimientos o doctrinas [11-14]. El estudio desarrollado nos muestra que los docentes necesitan comprender y asumir la relevancia de las maneras en cómo la enseñanza debe facilitar el compartir y apropiar saberes los unos de los otros. Además, los resultados obtenidos avalan la necesidad de ahondar en la potenciación, el desarrollo y la aplicación de las diferentes capacidades del estudiante – mentales, cognitivas, afectivas, socioculturales- ya que su puesta en juego los impulsa a tener, no sólo éxito académico, sino también éxito en su futura vida laboral y en su vida cotidiana.

Los resultados alcanzados nos muestran la importancia de la toma de decisiones que cada profesor hace a diario sobre la definición, planificación y selección de contenidos, tareas, enfoques de enseñanza y sistemas de evaluación. Estas decisiones normalmente se limitan a conseguir que los estudiantes comprendan, analicen y expliquen conceptos. Con ello, se olvida que el docente debe contribuir, también, a que el estudiante realice un aprendizaje significativo facilitando que evalúe contenidos, cree, diseñe y conjeture realidades y utilice, aplique e implemente conocimiento. La práctica de técnicas simples de trabajo cooperativo ha mostrado su eficacia al respecto, siempre que esté sustentada en una adecuada y rigurosa planificación.

Finalmente, contar con una mayor visión educativa ha permitido al docente entender un poco más sus teorías implícitas y las maneras como éstas influyen en su práctica profesional y en el proceso de aprendizaje de sus estudiantes. En consecuencia, se deduce la necesidad que tiene el profesorado de paliar la escasez de conocimientos sobre las dimensiones que facilitan o inhiben el aprendizaje. Esa actualización es necesaria para poder aplicar, en los contextos y prácticas diarias de aula, propuestas adecuadas de aprendizaje que logren formar a los estudiantes en el éxito en y fuera del aula. Y esto solo es posible si esas prácticas responden a las necesidades e intereses de la Educación del siglo XXI, que exige al docente “formar al estudiante para la complejidad y el desconcierto de la contemporaneidad” [12]. En definitiva: “Hay, pues, que prepararse para nuestro mundo incierto y contar con lo inesperado” [13].

4. Conclusión

Se ha descrito una situación en la cual se establecían interacciones que conllevaban a mecanismos de aprendizaje. Las condiciones, según la experiencia desarrollada, que han contribuido a que ese aprendizaje ocurriese efectivamente fueron las siguientes:

- Una adecuada planificación con metas y procedimientos claramente definidos.
- Establecer de manera precisa y asumible las funciones y responsabilidades de los participantes.
- Implicar e incentivar que las funciones y tareas a realizar sean aceptadas por el alumnado.
- El riguroso cumplimiento de los tiempos se traduce en un gran dinamismo controlado y productivo. Ser conscientes del límite de tiempo con el que se cuenta, favorece que el alumnado enfoque sus esfuerzos en la resolución del problema.
- Potenciar un clima de colaboración y ayuda mutua.
- Se ha de conseguir una dependencia genuina derivada de la necesidad de compartir el conocimiento en términos explícitos, llegando al entendimiento y la obtención de conclusiones comunes.

La experiencia desarrollada evidencia las fortalezas y debilidades de los aprendizajes individuales y abre posibilidades de superación y mejora de los mismos a través del trabajo cooperativo. Es importante partir del esfuerzo individual hasta llegar a la suma de todos los esfuerzos. El aprendizaje se expande y se hace extensivo a un mayor número de alumnos que el que se produce en una clase tradicional y meramente expositiva. Las interacciones del grupo generan retroalimentación de los conocimientos, además de motivación y satisfacción por el propio aprendizaje.

Esta enseñanza genera aprendizaje productivo al formar alumnos que, de forma activa y no reproductiva, construyen y transforman sus conocimientos. Necesitamos activar la educación tradicional a través del diseño de estrategias metodológicas activas y participativas. La utilización de metodologías activas de aprendizaje, por parte de los docentes, genera un cambio en la orientación formativa que permite a los estudiantes llegar a ser profesionales integrales, reflexivos,

creativos y, especialmente, les proporciona una sólida base de conocimientos científicos y técnicos, además de capacidades para desenvolverse en escenarios reales.

En definitiva, el cambio docente no ha de ser necesariamente drástico. Estas prácticas son viables y fáciles de abordar, si se realizan con la adecuada planificación y respondan a necesidades reales de aprendizajes. Además, son un complemento adecuado a la clase magistral, que no precisa ser abandonada ni estigmatizada. Lo realmente difícil es cambiar nuestra percepción de qué es y cómo se produce el aprendizaje y nuestro papel como docente.

M.A. Martín-Maraver, recibe el título Diplomada de EGB en 1986 por la Universidad de Córdoba, España; Experta Universitaria en Convivencia Escolar por la Universidad Nacional de Educación a Distancia, España, en 2004; Licenciada en Humanidades por la Universidad Oberta de Cataluña, España, en 2012. Desde 1987 hasta 2006 trabajó en centros educativos, como funcionaria de carrera, impartiendo el área de lengua castellana y lengua inglesa en el nivel de Educación Secundaria Obligatoria. Desde 2006 trabaja en el Centro del Profesorado Sevilla 6 de Lora del Río, España, ejerciendo actualmente la Vicedirección de dicha institución. Centra su labor investigadora en la formación del profesorado relacionada con la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje y la educación inclusiva.
ORCID: 0000-0002-4433-8236

Bibliografía

- [1] Laboratorio de Innovación Educativa José Ramón Otero, Qué – Por qué – Para qué – Cómo. Aprendizaje cooperativo. Propuesta para la implantación de una estructura de cooperación en el aula. Sociedad Cooperativa Madrileña, Colegio Ártica. 2009.
- [2] Dillenbourgh, P., What do you mean by Collaborative Learning? In P.Dillenbourgh (Ed) Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches, pp. 1-19. 1999, Oxford:Elsevier.
- [3] Aprendizaje cooperativo. Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid. 2008.
- [4] Prieto, L., El aprendizaje cooperativo, Madrid: PPC, 2007.
- [5] Johnson, D.W., Johnson, R.T. y Holubec, E.J. El aprendizaje cooperativo en el aula. Buenos Aires, Paidós Ibérica. 1999,
- [6] Kohn, A., Punished by rewards. New York: Houghton Mifflin. 1993,
- [7] Morales, P. y Landa, V., Aprendizaje basado en problemas. Theoria, Vol. 13, 2004, 145 P.
- [8] Morales, P., Aprender a trabajar en equipo evaluando el proceso. En, Prieto, L. (coord.). La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje. Barcelona, Octaedro. Pp. 133-151, 2007.
- [9] Barrows, H.S., The Tutorial Process. Springfield, IL: Southern Illinois University School of Medicine, 1992.
- [10] Miras, M. Afectos, emociones, atribuciones y expectativas: El sentido del aprendizaje escolar, en: Coll, AC., Palacios, J. y Marchesi, A., (Comp.): Desarrollo psicológico y educación, 2. Psicología de la educación escolar. Madrid: Alianza. 2001.
- [11] Alcántara, L. y Bernal, S., El aprendizaje autorregulado y su relación con la motivación en estudiantes universitario. Didac, 59, 2011.
- [12] De Miguel, M. (Coord.) Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior. Madrid, Alianza Editorial, 2006.
- [13] Marcelo, C., Función docente: Nuevas demandas para viejos propósitos, en Marcelo, C. (coord.) La función docente. Madrid, Síntesis. 2001.
- [14] Perrenoud, P., La universidad: Entre transmisión de saberes y desarrollo de competencias. Pedagogía y Saberes, 24, pp. 67-77, 2006.
- [15] Fandiño, Y.J., Una enseñanza e investigación inteligentes de la inteligencia para el éxito escolar y el éxito en la vida cotidiana. Revista Iberoamericana de Educación 46(9). Ed. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). pp. 1-12, 2008.
- [16] Morin, E., La mente bien ordenada. Seix Barral, Los tres Mundos, Ensayo. Barcelona. 2004, 79 P.

J.J. Prieto-Romero, recibió el título de Ing. de Organización Industrial en 2002, y el título de Dr. en Ingeniería en 2009, todos ellos de la Universidad Cádiz, España. Desde 1991 trabaja como Ingeniero Municipal en los Servicios Técnicos Municipales del Excmo. Ayuntamiento de Palos de la Frontera. Se vinculó a la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Huelva en el año 2006 como profesor Dr. asociado. Sus intereses investigativos incluyen: Historia y evolución de las máquinas, mecanismos e ingeniería mecánica y su influencia en los sectores productivos, culturas y especialmente en el descubrimiento de América. Metodologías activas en el aula, trabajo colaborativo y cambios en los modelos educativos como nuevas herramientas de aprendizaje.

ORCID: 0000-0003-0014-1199

Modelo de gestión de servicios ITIL para E-learning

José Ignacio Palacios-Osma, José Luis Rodríguez-Guzmán & Claudia Ximena García-Ramírez

Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. jpalacios@udistrital.edu.co, joslrodriguez@correo.udistrital.edu.co, cxgarcia@correo.udistrital.edu.co

Resumen— Este artículo presenta un modelo de gestión para un sistema de educación con metodología virtual, generado a partir del estudio realizado sobre un programa de educación con metodología virtual de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia. Para la construcción del modelo se realiza una evaluación de los procesos propuestos por la Librería de Infraestructura de Tecnologías de Información (ITIL) frente a 4 componentes propios de un sistema de educación virtual: tecnológico, administrativo, comunicativo y pedagógico, se define el alcance y las responsabilidades de los actores involucrados en el funcionamiento del sistema, y se plantea un listado de actividades a desarrollar para cada etapa del ciclo de vida del servicio.

Palabras Clave— ITIL, Modelo de gestión, E-Learning, Educación virtual, Procesos.

Recibido: 13 de abril de 2016. Revisado: 14 de septiembre de 2016.

Aceptado: 20 de septiembre de 2016.

ITIL services management model for E-learning

Abstract— This paper presents a management model for a virtual methodology education system generated from a Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas virtual education program research in Bogota, Colombia. For the model construction we evaluate the proposal process of the Information Technology Infrastructure Library (ITIL) with four virtual education components, technological, administrative, communicative and educational, then the scope and responsibilities of the actors involved in the operation of the system was define, and a list of activities was propose to be developed for each stage of the service lifecycle.

Keywords— ITIL, management model, E-Learning, virtual education, process.

1. Introducción

La educación virtual hoy en día presenta una serie de desafíos que deben ser resueltos para garantizar su calidad; necesita estándares y buenas prácticas que faciliten y mejoren sustancialmente las condiciones bajo las cuales funciona. Por ésta razón ITIL, que proporciona buenas prácticas que cubren las actividades más importantes de una organización de servicios basada en Tecnologías de Información (TI) [1] se convierte en una excelente alternativa para la gestión de un sistema de educación virtual.

El presente artículo evidencia el uso de las buenas prácticas de ITIL en los procesos de educación virtual y plantea un modelo que apoya la gestión, desarrollo y el correcto

funcionamiento de éste servicio tanto en provisión como en soporte, generando una metodología que pueda guiar el proceso de implementación de cualquier programa académico con metodología virtual y en donde se evidencian relaciones entre los distintos procesos involucrados en la prestación del servicio. Para lograrlo se realizó una búsqueda bibliográfica de información referente tanto a educación virtual, su evolución y sus necesidades, como de casos de aplicación de buenas prácticas ITIL en el mundo, identificando objetivos, metodologías y resultados, que sirvieron como guía para el desarrollo de esta investigación, además se realizó un trabajo de campo en la Universidad Distrital, en donde se encontró el acompañamiento y apoyo de la coordinación de la Maestría en Telecomunicaciones móviles en metodología virtual para la consecución de nuestro objetivo.

2. Marco teórico

2.1. Educación virtual

El modelo de enseñanza tradicional conformado por clases magistrales, en donde el alumno realiza toma apuntes, desarrolla habilidades relativas a la búsqueda de información en distintas fuentes y afronta un proceso de evaluación continua[2] ha caracterizado la educación desde el siglo pasado. Sin embargo necesidades como: educación a lo largo de las distintas etapas de la vida, desaparecer las barreras espacio-temporales y tener horarios académicos flexibles[3] dan pie a una metodología de educación distinta que nace como resultado de la implementación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la creación de sistemas de acceso a la red como un modelo de enseñanza y aprendizaje[4] denominado educación virtual.

La educación virtual posee características particulares en el proceso de enseñanza como la independencia y autonomía[4] ya que son los estudiantes quienes gestionan y disponen de su ritmo de trabajo; además posee herramientas de Tecnologías de la Información (TI) para lograr que la experiencia de los usuarios sea interactiva y dinámica, desplazando el punto focal del docente al estudiante y de la enseñanza al aprendizaje[5]. El entorno de la virtualidad se conforma por cuatro componentes

identificados como: pedagógico, tecnológico, administrativo y comunicativo[6], los cuales demandan a su vez diferentes niveles de servicio y de buenas prácticas.

2.2. ITIL

La biblioteca de infraestructura de tecnologías de información (ITIL) nace por la necesidad de incorporar TI en las organizaciones para alcanzar sus objetivos corporativos, puesto que en un entorno globalizado es indispensable contar con servicios de TI con altos estándares de calidad que soporten el cumplimiento de dichos objetivos.

ITIL es un conjunto de conceptos y prácticas que permiten la gestión del servicio de TI, su desarrollo y el de las operaciones que intervienen en ésta[7]. Para éste fin ITIL describe de manera minuciosa los procedimientos de gestión diseñados para alcanzar niveles de calidad y productividad óptimos en prestación de servicios TI.

La librería ha experimentado una transformación desde su primera versión y en la actualidad se ha constituido como un estándar en cuanto a gestión de servicios de TI[8]. En su última versión describe el ciclo de vida de servicio, como se evidencia en la Fig. 1.

Distintos trabajos de investigación han demostrado notables mejoras en la gestión de servicios TI. La investigación realizada en Hangzhou, China[10] en la cual se implementaron procesos ITIL en una empresa que fabrica prendas de vestir, demuestra una reducción de costos asociados a la solución de problemas e incidentes, debido a los cortos tiempos de respuesta y la adecuada gestión de recursos y conocimiento que propició su aplicación. Latrache, Nfaoui, & Boumhidi,[11] proponen un algoritmo basado en un modelo multi-agente a través del cual busca automatizar el proceso de respuesta a incidentes, para lo cual plantea un listado de actividades a desarrollar en su algoritmo a partir de los lineamientos del proceso de gestión de incidentes de ITIL, y obtiene como resultado una reducción en recursos y tiempos de respuesta a incidentes. Zhang, Wang, Peng ; Zhigang & Zong [12], integran los procesos de ITIL con las técnicas organizacionales de una compañía dedicada a la prestación de servicios web, y evidencia que éstos procesos propios de ITIL no solo se integran con la organización, sino también a través de las fronteras organizativas que facilitan las

operaciones de colaboración y de intercambio de conocimientos en internet.

Aunque la cantidad de investigaciones realizadas basadas en implementación de las buenas prácticas ITIL es numerosa, no es fácil hallar trabajos que aborden la temática de educación virtual; sin embargo para el caso de estudio se escogieron 3 trabajos en donde se implementa ITIL en educación superior en busca del mejoramiento de sus procesos.

Tituaña Davila & Yacchirema Vargas[13] elaboran un modelo de gestión denominado e-SUE el cual integra las buenas prácticas de ITIL en la búsqueda del mejoramiento continuo de la calidad del servicio del sistema Universitario Ecuatoriano bajo la modalidad de E-learning, esto a través de una metodología en donde se definen roles y actividades para el correcto funcionamiento del sistema de educación.

Lagua[14] desarrolla reingeniería de procesos utilizando ITIL en la Dirección de Tecnología de Información y Comunicación (DITIC) de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, para el mejoramiento de la estrategia, diseño y gestión de problemas en búsqueda de minimizar los incidentes en esta Dirección encargada de brindar servicios tecnológicos a toda la comunidad universitaria.

Conza & Medrano[15] realizaron un análisis de riesgos a partir del cual elaboraron el Plan de Continuidad de la Unidad de Educación Virtual de la Escuela Politécnica Nacional de Quito-Ecuador, utilizando el proceso Gestión de Continuidad de la librería ITIL para la asignación de recursos e implementación de su metodología.

3. Metodología

La construcción del modelo de gestión de servicio de educación con metodología virtual, basado en prácticas ITIL, se desarrolló de la siguiente manera:

1. Se estudiaron los procesos de la Maestría en Telecomunicaciones móviles de la Universidad Distrital.
2. Se determinaron los procesos ITIL que contribuyen al desarrollo y la mejora del programa virtual respecto a cada componente estudiado.
3. Se determinó la importancia de cada componente frente a los procesos ITIL para los programas con metodología virtual.
4. Se elaboró un modelo basado en prácticas ITIL que soporta e interrelaciona los 4 componentes de la educación virtual.

Dado el alcance de la propuesta, se abordaron 16 de los 30 procesos del ciclo de vida del servicio, para ello se realizó un examen basado en dos criterios, Urgencia y viabilidad [10], dando así prioridad a los procesos que se enuncian a continuación: Gestión de Portafolio de servicios, Gestión Financiera, Gestión de la Demanda, Gestión de Relaciones de negocios, Gestión del Catálogo de servicios, Gestión de Niveles de servicio, Gestión de Capacidad, Gestión de Disponibilidad y Gestión de Seguridad del servicio (debido a que es un programa nuevo que busca fortalecerse) y los procesos de Gestión del Conocimiento, Gestión de Eventos, Gestión de Incidentes, Gestión de Problemas, Gestión de Acceso a los servicios y Cumplimiento de requerimientos (debido a que es un servicio que debe estar disponible y en operación 24 horas 7 días a la

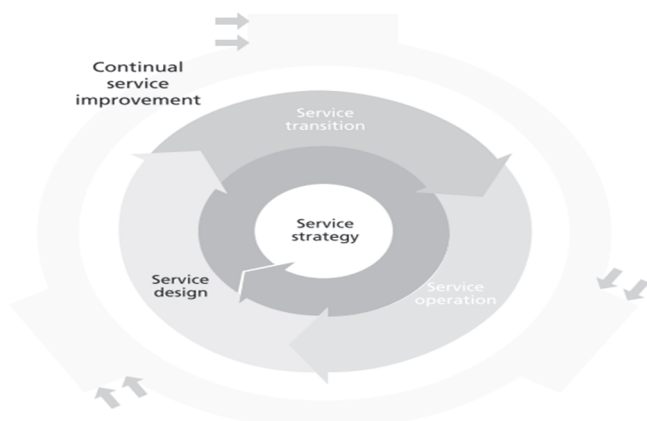


Figura 1 Ciclo de Vida del Servicio ITIL V3.
Fuente: Service Strategy ITIL [9].

Tabla 1

Resumen de interacciones: Procesos ITIL - Componentes educación virtual

	Pedagógico	Comunicativo	Tecnológico	Administrativo
Gestión de portafolio de servicios	X	X	X	X
Gestión Financiera para servicios TI				X
Gestión de la Demanda			X	
Gestión de relaciones de negocios		X	X	X
Gestión del catálogo de servicios	X	X	X	
Gestión de los niveles de servicio	X	X	X	X
Gestión de la capacidad			X	
Gestión de la disponibilidad			X	
Gestión de la seguridad del servicio		X	X	X
Gestión del conocimiento			X	X
Gestión de eventos			X	
Gestión de Incidentes			X	
Cumplimiento de requerimientos			X	
Gestión de problemas			X	
Gestión de acceso a los servicios	X	X	X	X
Sumatoria	4	6	14	7
Porcentaje	13%	19%	45%	23%

Fuente: Elaboración Propia.

semana), además se incluyó la etapa de mejora continua, la cual es transversal a todas las etapas del ciclo de vida del servicio y es la encargada de evaluar y hacer seguimiento a todos los procesos de la organización, recopilando información propia de cada incidente que permite diseñar e implementar contingencias y proponer mejoras en los demás procesos.

Una vez definidos los procesos fundamentales ITIL para el caso de estudio, se analizó su relación con cada componente de la educación virtual y se discriminó con una x las relaciones existentes como se muestra en la Tabla 1.



Figura 2. Ciclo de vida ITIL en relación a los componentes de la Educación virtual.

Fuente: Elaboración propia

Después se realizó un conteo de las relaciones por componente y se calculó el peso de cada uno frente a los procesos ITIL asignando un porcentaje respecto al total de relaciones encontradas. A partir de esto se diseñó la Fig. 2, que muestra que el 45% del ciclo de vida del servicio de educación con metodología virtual está soportado por el componente tecnológico, conformado en su mayoría por los procesos de operación y transición del servicio, mientras los componentes administrativo pedagógico y comunicativo (23%, 13% y 19% respectivamente), se fundamentan en los procesos de estrategia, diseño y transición del servicio.

4. Resultados y Análisis

4.1. Modelo de gestión para la educación virtual (MGEV)

Para la elaboración del modelo de gestión MGEV se relacionaron los procesos ITIL con los actores que intervienen en la prestación del servicio y de quienes depende su correcto funcionamiento.

El modelo que aparece en la Fig. 3 recopila y estructura los procesos a lo largo del ciclo de vida ITIL, como herramienta para la gestión del servicio de educación virtual, aplicado para el caso de estudio en la Maestría en Telecomunicaciones móviles de la Universidad Distrital, en donde las responsabilidades asociadas a cada uno de los actores que intervienen son:

4.1.1. Ministerio de Educación de Colombia

Responsable de exigir a las entidades de educación contenidos, recursos y ambientes de aprendizaje acordes con unos estándares de calidad preestablecidos.

4.1.2. Universidad

Responsable de brindar un servicio de calidad, que responda a las necesidades de los estudiantes y a los requerimientos del Ministerio de Educación.

4.1.3. Estudiantes

Responsables de exigir contenidos académicos de calidad y recursos adecuados para sus actividades de aprendizaje, identificar inconformidades y realizar sugerencias, quejas y peticiones, en primera instancia a la Universidad y en segunda al Ministerio de Educación.

A partir del estudio de los lineamientos institucionales descritos en el Plan Estratégico de Incorporación de Medios y Tecnologías de la Información en los procesos educativos de la Universidad Distrital [16] y las necesidades encontradas a partir de la investigación se establecieron actividades a desarrollar durante cada proceso de cada una de las etapas del ciclo de vida que buscan satisfacer las necesidades propias de cada componente de educación virtual como se muestra en las Tablas 2 - 5.

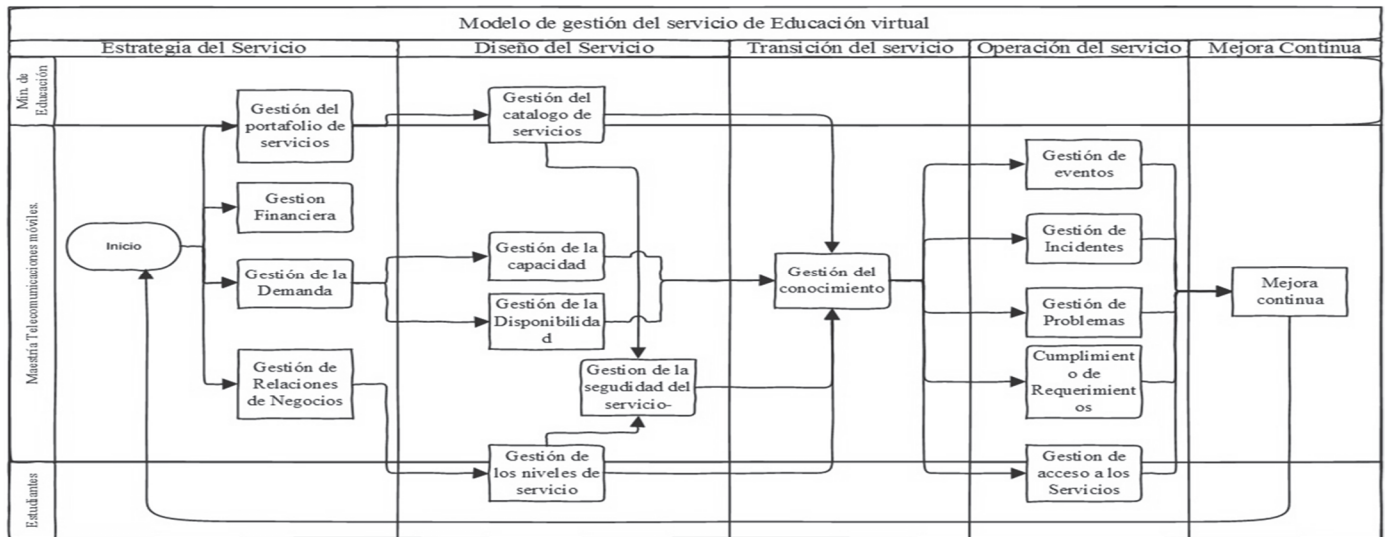


Figura 3. Modelo de Gestión MGEV
Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 2 están enumeradas las actividades planteadas para la etapa de estrategia del servicio, quien debe brindar lineamientos para establecer y dar prioridad a los objetivos del programa virtual, para ello se debe estudiar su mercado y armonizar la relación de oferta/demanda para proponer

Tabla 2
Actividades a desarrollar durante Estrategia del Servicio, Proceso ITIL.

Estrategia del servicio	Actividades
Gestión Financiera	1 Consolidar estrategias para el crecimiento y adecuación de espacios virtuales que garanticen herramientas que generen ambientes de aprendizaje donde el alumno, el tutor y la universidad interactúan y construyen un programa académico de calidad.
	2 Gestionar la adquisición de equipos y plataformas permitiendo viabilidad y competitividad de los programas de educación virtual.
	3 Desarrollar contenidos que involucren las actividades de aprendizaje del alumno y las herramientas colaborativas que faciliten la apropiación del conocimiento.
Gestión Portafolio de servicios	4 Establecer contenidos multimedia y herramientas de interactividad que permitan dinamismo en la plataforma.
	5 Definir la infraestructura TIC que soporte la construcción de procesos enseñanza-aprendizaje y cumplimiento de los estándares establecidos.
	6 Soportar mediante la infraestructura de servidores los servicios concurrentes bajo demanda y asegurar la prestación, alojamiento y almacenamiento en el despliegue de los servicios.
Gestión Demandas	7 Establecer relaciones que se generan en el intercambio comunicativo alumno-docente y alumno-alumno.
	8 Establecer relaciones causales que se generan entre docente-estudiante con los recursos asignados a cada uno de ellos.
	9 Establecer relaciones entre los actores que intervienen en el proceso de planeación, diseño y operación del servicio garantizando la integración de conocimientos.

Fuente: Elaboración Propia.

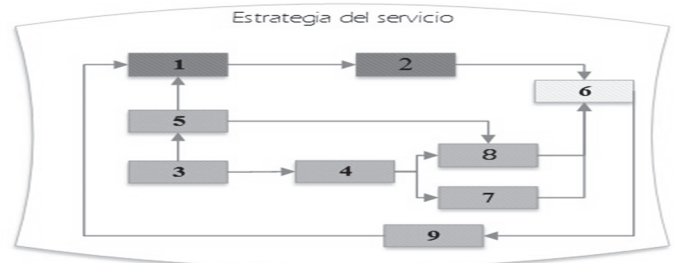


Figura 4. Diagrama de Flujo Estrategia del Servicio.
Fuente: Elaboración Propia

servicios que aporten valor añadido. Es indispensable gestionar los recursos necesarios para prestar los servicios que se ofrecen teniendo en cuenta sus costos y riesgos asociados. Lo más importante durante esta etapa es elaborar planes que permitan un crecimiento sostenible, motivo por el cual se convierte en una etapa de retroalimentación que guía y soporta el programa académico.

Cada actividad de esta etapa se relaciona de manera directa con una o más de ellas, por lo cual se requiere sinergia en la ejecución del conjunto para garantizar un correcto desempeño del modelo planteado, la Fig. 4 evidencia dichas relaciones e invitan a seguir de forma lógica cada una de ellas.

Diseño del servicio es una etapa que depende estrictamente de los objetivos y lineamientos impartidos por la etapa anterior, debe encargarse de adecuar los servicios prestados por el programa académico a las necesidades del mercado y funciona como un evaluador de capacidad, seguridad, disponibilidad y niveles de servicio.

Durante esta etapa se identifican requerimientos que deben ser satisfechos, algo indispensable para la retroalimentación que necesita el ciclo de vida del servicio ITIL, Las actividades establecidas para el Diseño del servicio se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Actividades a desarrollar durante Diseño del Servicio, Proceso ITIL

Diseño del servicio	Actividades
Gestión Catálogo de servicios	10 Revisar y ajustar el portafolio de servicios si resulta pertinente, de acuerdo a las necesidades del estudiante con base en los modelos pedagógicos utilizados en el aprendizaje.
	11 Implementar contenidos digitales de forma idónea para que sea recibido de forma eficiente en el proceso de aprendizaje.
	12 Proponer servicios de modernización y mejoramiento de procesos.
	13 Actualizar permanentemente contenidos estipulados en el plan de desarrollo del curso virtual
	14 Establecer herramientas comunicativas entre alumno-alumno y tutor-alumno, que permitan retroalimentación en los procesos ejecutados.
Gestión Niveles de servicio	15 Diseño y actualización de protocolos en donde se muestre calendario de actividades, horarios de atención y los canales de comunicación que se establecerán ya sean sincrónicos o asincrónicos.
	16 Asesorar el licenciamiento en software y la creación y administración usuarios virtuales.
	17 Definir responsabilidades usuario-servicio en cuanto a seguridad, información, infraestructura tecnológica, de software y conectividad.
	18 Implementar políticas que generen un clima propicio en la comunidad universitaria.
	19 Garantizar el funcionamiento y la actualización del campus virtual y la interoperabilidad SIUD
Gestión Capacidad	20 Soporte CMS (sistemas de administración de contenido) y LMS (sistema de gestión de aprendizaje)
	21 Gestionar acceso a las plataformas 24x7x365.
	22 Establecer horario de Mesa de ayuda L-V 9-5.
Gestión disponibilidad	23 Asegurar confidencialidad en evaluaciones, y el seguimiento en el progreso del curso.
	24 Definir mecanismos que aseguren que los módulos de curso virtual correspondan con la temática indicada.
	25 Asegurar que el contenido cumpla con los estándares establecidos de derechos de autor.
Gestión Seguridad del servicio	26 Proteger la información y regirse bajo normas de nivel de acceso y confidencialidad.
	27 Establecer planes y niveles de seguridad
	28 Definir políticas de seguridad de acuerdo ISO27001
	29 Monitorear el correcto acceso al contenido permitido.
	30 Incluir en la metodología los aspectos legales que intervienen directamente o tiene relaciones con la maestría: estatuto estudiantes, docente, académico, propiedad intelectual

Fuente: Elaboración Propia.

En el diagrama de flujo que se muestra en la Fig. 5. se evidencia la dependencia entre procesos que conforman esta etapa.

La etapa de transición de servicio debe gestionar toda la información relevante para la prestación del servicio con el fin de garantizar que esté disponible para los agentes implicados en el diseño, desarrollo, implementación y operación de cualquier actualización de los espacios virtuales, por lo tanto se vuelve el foco de MGEV; el punto en el cual convergen todas las actividades de gestión planteadas para este modelo, constituye el principal apoyo de la etapa de Mejoramiento continuo, la cual es transversal a todas las demás y requiere de toda la información acumulada para gestionar mejoras en los servicios prestados.

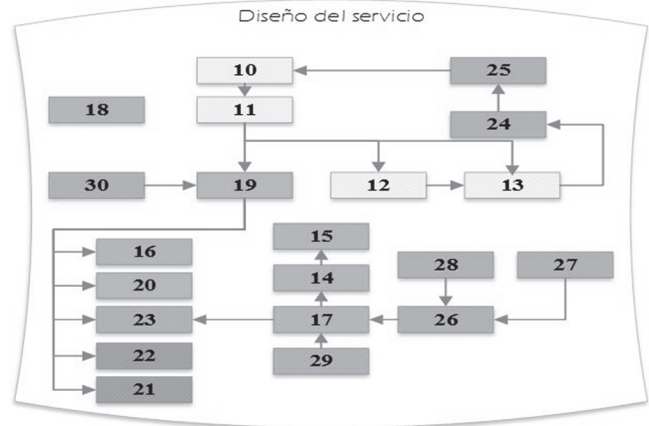


Figura 5. Diagrama de Flujo Diseño del Servicio.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4

Actividades a desarrollar en Transición del Servicio, Proceso ITIL

Transición del servicio	Actividades
Gestión del conocimiento	31 Actualización de las plataformas, software y redes, junto con un plan de implementación y despliegue que garantice un proceso de cambios exitoso.
	32 Gestionar una base de datos de configuraciones, donde se disponga de toda la información relevante para su consulta y uso.

Fuente: Elaboración Propia.

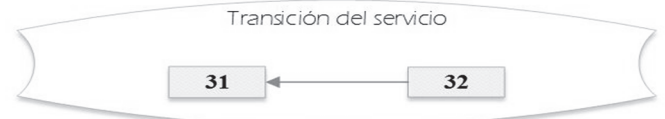


Figura 6. Diagrama de Flujo Transición del Servicio.

Fuente: Elaboración Propia

Aquí no solo se registran los incidentes que se presentan durante la operación y la forma en cómo deben solucionarse, sino que se registran todos los aspectos considerados como problemas en el servicio y se transforman en oportunidades de mejora. Para el proceso de Gestión de conocimiento propio de esta etapa se establecieron las actividades que aparecen en la Tabla 4.

El diagrama de flujo para esta etapa en este modelo inicial es sencillo, puesto que solo involucra dos actividades, sin embargo deben realizarse como se muestra en la Fig. 6.

Operación del servicio, es la última etapa del ciclo de vida y es crítica debido a que de ella depende la percepción del usuario para con el servicio; durante esta etapa se coordinan e implementan todas las actividades necesarias para la prestación de los servicios acordados con los niveles de calidad requeridos. Esta etapa es la encargada de dar soporte a los usuarios mediante la gestión de la infraestructura tecnológica y de proveer el servicio en las condiciones deseadas.

Su objetivo es cumplir con los lineamientos planteados y desarrollados a lo largo de las demás etapas del ciclo de vida; aportando resultados e indicadores a partir de los cuales se

Tabla 5
Actividades a desarrollar en Operación del Servicio, Proceso ITIL.

Operación del servicio	Actividades
Gestión Eventos	33 Reporte por parte de los usuarios del funcionamiento de la plataforma.
	34 Reporte de incidencias.
	35 Diseño de formatos para la gestión de eventos que se convirtieron en incidentes a cargo de la Mesa de Ayuda.
Gestión de Incidentes	36 Las líneas de trabajo a nivel virtual deben ser soportadas por Cloud Computing u otro mecanismo y un servidor alternativo de la Universidad en caso de fallas.
	37 La mesa de ayuda es la encargada de brindar soporte de incidencias al usuario.
Cumplimiento de requerimientos	38 Realizar pruebas periódicas de conectividad de los servidores, atender solicitudes de mejoramiento.
	39 Establecer indicadores de rendimiento del servicio.
Gestión de problemas	40 Monitorear el servicio en búsqueda de incidencias y sus causas.
	41 Realizar control y seguimiento sobre cada incidente generando reportes que permitan trazabilidad.
	42 Disponer de recursos de consulta libre para los usuarios con contenidos pertinentes como cronogramas, materiales de apoyo y procesos de interacción.
Gestión de acceso a los servicios	43 Asegurar capacidad de acceso a los diferentes recursos del curso en cualquier momento teniendo en cuenta configuraciones de visualización, funcionalidad de las herramientas y que se cuente con acceso independientemente del tipo de software a usar.
	44 Gestionar el acceso a software según criterio para todos los usuarios en cualquier escenario.
	45 Garantizar los servicios de aulas virtuales, video-conferencia, Webinars, Weblogs, Bolsa de Empleo, Ecommerce y sistema de asistencia en línea.

Fuente: Elaboración Propia.

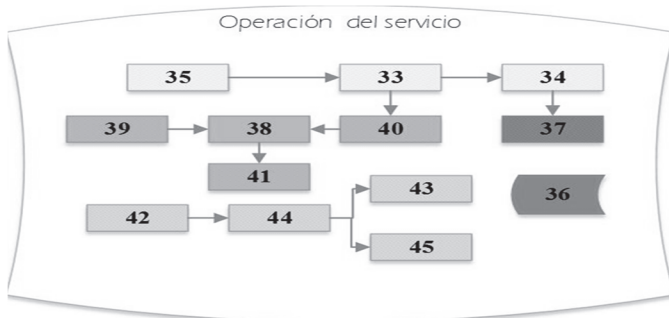


Figura 7. Diagrama de Flujo Operación del Servicio.

Fuente: Elaboración Propia

toman decisiones y se establece un nuevo punto de partida impulsado por el Mejoramiento continuo y gestionado desde el inicio del ciclo de vida por la etapa de Estrategia del servicio. Las actividades que aparecen en la Tabla 5, son vitales para cumplir con el objetivo de esta etapa.

El diagrama de flujo de la Fig. 7, evidencia las relaciones presentes para cada una de las actividades planteadas.

5. Conclusión

El modelo realizado demuestra que las prácticas que componen ITIL se pueden adaptar a los requerimientos de los programas de educación en metodología virtual, facilitando la gestión en la prestación de este tipo de servicios. La experiencia adquirida a través de la Maestría en Telecomunicaciones móviles de la Universidad Distrital permitió comprender la importancia de cada componente estudiado y establecer objetivos, funciones y actividades a desarrollar, formando así la base de un proceso de planeación estratégica al cual le hace falta designar personal que trabaje en pro de los objetivos y ejecute las actividades planteadas por MGEV.

Los casos de éxito en la implementación de prácticas ITIL estudiados previamente demuestran el valor añadido que brindan a un servicio, y aplicar un modelo basado en estas prácticas que busca satisfacer requerimientos pedagógicos, administrativos, comunicativos y tecnológicos, en un sistema de interacción directa e inmediata usuario – servicio, en donde los tiempos de respuesta a incidentes y peticiones se convierten en los indicadores que miden la satisfacción de los clientes, convierte a MGEV en una excelente opción para la consecución de los objetivos de un sistema con estas características.

5.1. Trabajo futuro

Se espera consolidar este modelo como base de un programa académico con metodología virtual exitoso, para ello es necesario realizar el despliegue respectivo de los procesos planteados por MGEV, hacer seguimiento a cada uno y establecer indicadores de rendimiento durante la prestación del servicio y se requiere detectar oportunidades de mejora sobre el modelo e implementar en éste los procesos restantes de la librería ITIL con el fin de completar el ciclo de vida en su totalidad

Bibliografía

- [1] Bayona, S., Evangelista, J. and Uquiche, D., Método para Seleccionar software de gestión de cambios y gestión de incidencias de ITIL, Inf. Syst. Technol. (CISTI), 2015 10th iber. conf., pp. 1-6, 2015. DOI: 10.1109/CISTI.2015.7170399
- [2] Area-Moreira, M. Hablemos más de métodos de enseñanza y menos de máquinas digitales: Los proyectos de trabajo a través de la WWW, Coop. Educ. del MCEP, 79, pp. 26-32, 2005.
- [3] García-Aretio, L., Historia de la educación a distancia, Rev. Iberoam. Educ. a Distancia, 2(1), pp. 8-27, 2001. DOI: 10.5944/ried.2.1.2084
- [4] Durán, R., Estay-Niculcar, C. y Álvarez, H., Adopción de buenas prácticas en la educación virtual en la educación superior, Aula Abierta, 43(2), pp. 77-86, 2015. DOI: 10.1016/j.aula.2015.01.001
- [5] Nagles-García, N. y Yong-Castillo, E., Tendencias en la educación virtual., en: Seminario de modelos innovadores en las aulas: Aprender en la sociedad del conocimiento, escuelas y tecnologías, 2015, pp. 1-19.
- [6] García, A., Fundamento y componentes de la educación a distancia, Univ. Nac. Educ. a Distancia, pp. 28-39, 2006.
- [7] de Terán-Martín, A.G. y Oltra-Badenes, R., Desarrollo del proceso de gestión de capacidad ITIL en una compañía de Outsourcing de TI, 3 c TIC Cuad. Desarro. Apl. a las TIC, 4(1), pp. 43-56, 2015.
- [8] Ahmad, N. and Shamsudin, Z.M., Systematic approach to successful implementation of ITIL, Procedia Comput. Sci., 17, pp. 237-244, 2013. DOI: 10.1016/j.procs.2013.05.032

- [9] Nieves, M. and Iqbal, M., Introduction, in ITIL Service Strategy, 2011th ed. London, England: TSO (The Stationery Office), 2011, pp. 3-4.
- [10] Wang, H., Sun, S., Huang, Y. and Cheng, S., An ITIL-based IT service management model for garment enterprises, Proc. Int. Conf. Inf. Manag. Innov. Manag. Ind. Eng. ICIII 2008, 2, pp. 47-51, 2008. DOI: 10.1109/ICIII.2008.258
- [11] Latrache, A., Nfaoui, E.L.H. and Boumhidi, J., Multi agent based incident management system according to ITIL, Intell. Syst. Comput. Vis., pp. 1-7, 2015. DOI: 10.1109/ISACV.2015.7105552
- [12] Zhang, S., Wang, D., Zhigang, P. and Zong, Y., Organization ITIL process integration based on web services, 2009 WRI World Congr. Softw. Eng., 1, pp. 412-416, 2009. DOI: 10.1109/WCSE.2009.393
- [13] Tituaña-Davila, G. y Yacchirema-Vargas, D., Modelo de gestión de TI para la educación virtual en el Sistema Universitario Ecuatoriano, Escuela Politécnica Nacional, 2009.
- [14] Laguna, A.C., Reingeniería de procesos en la dirección de tecnología de información y comunicación DITIC-UTA en base a la biblioteca ITIL, Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [15] Conza, A. y Medrano, L., Análisis de riesgos informáticos y elaboración de un plan de continuidad para la unidad de educación virtual CEC-EPN, Escuela Politécnica Nacional, 2015. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004
- [16] PlanEsTIC- UD, Lineamientos para la educación en metodología virtual 2015, Primera Ed. Bogota: Policromía Digital S.A.S, 2015.

J.I. Palacios-Osma, recibió el título de Psicólogo en 1987 de la Universidad Santo Tomas de Aquino, el título de Sp. en Administración Hospitalaria en 1993 de la Escuela de Administración de Negocios – EAN, título de MSc. en E-learning en Redes Sociales en 2016 de la Universidad Internacional de la Rioja en España y Diplomado de Estudios Avanzados en Administración y Dirección de Empresas de la Universidad Pablo de Olavide en España. Docente universitario desde el año 1996 tanto de pregrado como postgrado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en la Facultad de Ingeniería en asignatura de Investigación, Administración Informática, TIC y Empresas, integrante del Comité de PlanEsTIC de la Universidad desde 2010, integrante del Grupo de Investigación en Comercio Electrónico en Colombia - GICOECOL. Actualmente es Coordinador del Proyecto Curricular de la Maestría en Telecomunicaciones Móviles, en metodología virtual de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia.

ORCID: 0000-0003-4701-4373

J.L. Rodríguez-Guzmán, estudiante de décimo semestre de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Recibirá el título de Ingeniero Industrial en 2016. Sus intereses de investigación están orientados a: Nuevos sistemas de aprendizaje, E-learning, Optimización de Procesos y Simulación de procesos

ORCID: 0000-0002-0369-1500

C.X. García-Ramírez, estudiante de décimo semestre de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Recibirá el título de Ingeniero Industrial en 2016. Sus intereses de investigación están orientados a tecnologías de la información, optimización de procesos y métodos de enseñanza.

ORCID: 0000-0002-0460-7286

Representaciones sociales de estudiantes de ingeniería sobre seguridad y salud en el trabajo: Investigar desde problemas significativos de aprendizaje

Jesús Ernesto Urbina-Cárdenas ^a & Blanca Johanna Pérez-Fernández ^b

^a Facultad de Educación, Artes y Humanidades, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. jesusurbina@ufps.edu.co

^b Facultad de Ingeniería, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. johannaperez@ufps.edu.co

Resumen— El presente artículo se origina en la investigación orientada a comprender las representaciones sociales de estudiantes universitarios sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, en el marco de la aplicación de una Pedagogía para el desarrollo de Problemas Significativos de Aprendizaje en las asignaturas “Seguridad industrial” (código 1190903) y “Salud ocupacional” (Código 1191805), correspondientes al programa académico de Ingeniería Industrial de la Universidad Francisco de Paula Santander de Cúcuta. Las categorías conceptuales sobre las cuales se centra el proyecto son las siguientes: primera, la teoría de las representaciones sociales (TRS) como marco teórico-epistemológico para la interpretación de los fenómenos socio-educativos; y segunda, el concepto de Seguridad y Salud en el Trabajo. El estudio es de corte cualitativo, toma como referencia el enfoque procesual de la TRS y se apoya en la Teoría Fundamentada para el análisis de los datos. Como resultado, el texto muestra las representaciones sociales de los participantes sobre seguridad y salud en el trabajo (SST), accidente de trabajo (AT), enfermedad laboral (EL) y seguridad industrial (SI).

Palabras Clave— Accidente de trabajo, enfermedad laboral, estudiante universitario, representaciones sociales, seguridad industrial y seguridad y salud en el trabajo.

Recibido: 22 de agosto de 2016. Revisado: 12 de octubre de 2016. Aceptado: 25 de octubre de 2016.

Social representations about workplace health and safety in engineering students: Research based on meaningful learning

Abstract— This article arises from the research aimed at understanding the social representations on Safety and Health at Work from university students, within the framework of the implementation of Education for the development of significant learning problems in the subjects “Industrial safety”(code 1190903) and “Occupational Health”(Code 1191805) for the academic program of Industrial Engineering at the Francisco de Paula Santander University in Cúcuta. The conceptual categories on which the project focuses are: first, the theory of social representations (TSR) as epistemological theory for the interpretation of the socio-educational phenomena; and second, the concept of Safety and Health at Work. The study is qualitative, draws on the procedural approach of the TSR and is based on the grounded theory for analysis of data. As a result, the text shows the social representations from participants on occupational safety and health (OSH), occupational accident (OA), occupational disease (OD) and industrial safety (IS).

Keywords— Occupational accident, occupational disease, university student, social representations, industrial safety and health and safety at work.

1. Introducción

1.1. Sobre los problemas significativos de aprendizaje

El presente artículo muestra las Representaciones Sociales (RS) de un grupo de estudiantes universitarios del programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) sobre seguridad y salud en el trabajo, accidente de trabajo, enfermedad laboral y seguridad industrial, aspectos relevantes para la formación integral de los futuros ingenieros especialistas en esta área. Los resultados del texto corresponden a un trabajo de investigación de los autores, en el marco de una pedagogía orientada al desarrollo de Problemas Significativos de Aprendizaje – PSA [1], en el marco del Macro-proyecto sobre representaciones sociales en educación y pedagogía del Grupo de Investigación en Estudios Sociales y Pedagogía para la Paz de la UFPS (GIESPPAZ).

La pedagogía orientada al desarrollo de Problemas Significativos de Aprendizaje (PSA) se origina en los avances de la aplicación del Modelo Pedagógico Crítico-Dialógico de la Universidad Francisco de Paula Santander, definido en el PEI de la Institución [2]. Se parte del siguiente principio: todo aprendizaje parte de los saberes previos de los estudiantes, por lo tanto, el primer ejercicio pedagógico a la hora de afrontar un nuevo problema de aprendizaje, consiste en indagar las representaciones preliminares que posee el estudiante sobre el tema. Un problema significativo de aprendizaje es aquél que implica y motiva al estudiante a aprender-haciendo, de modo tal que ese nuevo aprendizaje sea útil para resolver problemas personales o profesionales [3-6]

Es importante destacar dos aspectos dinamizadores del proceso investigativo: en primera instancia, el interés y esfuerzo de los autores por superar las limitaciones de la clase tradicional, enfocada a la transmisión de información, y en su lugar introducir una pedagogía centrada en la pregunta [7]; y en segunda instancia, la articulación entre una docente del área de

Como citar este artículo: Urbina-Cárdenas, J. E. & Pérez-Fernández, B J.. Representaciones sociales de estudiantes de ingeniería sobre seguridad y salud en el trabajo: Investigar desde problemas significativos de aprendizaje. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 35-42, Febrero, 2017.

Seguridad y Salud en el Trabajo, y un pedagogo con experiencia en el tema de la Teoría de las Representaciones Sociales –TRS.

Indagar sobre las Representaciones Sociales de las prácticas pedagógicas no constituye una línea de trabajo recurrente para los docentes del área de ingeniería. A nivel local no se encuentra una tradición sobre este asunto problemático y los trabajos de grado de los estudiantes de ingeniería industrial se enfocan hacia el diseño, la documentación e implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Pensar el tema desde una teoría social y en el marco de una pedagogía centrada en la pregunta y en las significaciones de los estudiantes, no ocupa el interés de docentes y discentes. Los resultados constituyen un aporte al problema desde otra mirada, y muestran cómo el acto pedagógico concebido desde la pregunta, puede dinamizar y estimular la producción científica tanto de maestros como de estudiantes en un campo específico del proceso formativo del ingeniero, contribuyendo a la desmitificación que se teje en la relación entre investigación y docencia en las universidades [8]

El texto pretende aproximarse a interrogantes como: ¿Qué tipo de saber presentan los estudiantes de ingeniería industrial sobre el objeto de la asignatura “seguridad industrial” y “salud ocupacional”? ¿Corresponde ese saber con los marcos teóricos del tema en cuestión? ¿Cómo construyen este saber los estudiantes en sus procesos de interacción cotidiana? ¿Cuál es el contenido del que se alimenta?

Con base en estos cuestionamientos se formula la pregunta central de la investigación: ¿Cuáles son las representaciones sociales de estudiantes universitarios de ingeniería industrial sobre seguridad y salud en el trabajo?

1.2. Sobre seguridad y salud en el trabajo

Dentro de los principios que rigen la Seguridad y Salud en el Trabajo está la reducción de los peligros y riesgos en el área o centro de trabajo, a través de las medidas de prevención, promoción y protección formuladas y puestas en marcha de forma eficiente y coherente.

La Organización Internacional del Trabajo – OIT señala:

En todos los ámbitos de la actividad humana, es preciso hallar un equilibrio entre los beneficios y los costos que supone la asunción de riesgos. En el caso de la SST, este complejo equilibrio está influido por muchos factores, como el rápido progreso científico y tecnológico, la gran diversidad del mundo del trabajo y su continua evolución, y por la economía. El hecho de que la aplicación de los principios de SST conlleve la movilización de todas las disciplinas sociales y científicas es una medida clara de la complejidad de este ámbito [9]

A partir del siglo XIX, Colombia desarrolló un componente normativo legal y técnico sobre la Salud Ocupacional (Actualmente denominada Seguridad y Salud en el Trabajo), y esto ha influido en las transformaciones a lo largo de la historia. Algunos autores muestran estas transformaciones [10]-[18]

En 1915 se promulga la Ley 57 conocida como la Ley del General Rafael Uribe Uribe [19], que reglamenta los accidentes de trabajo y las enfermedades laborales y se convierte en la primera ley relacionada con el tema de la salud ocupacional en el país. En 1946 a través de la Ley 90 se crea el Instituto Colombiano de Seguro Social [20], quien tuvo como función prestar los servicios de salud y pensión a los trabajadores colombianos, y luego dio cobertura a los riesgos laborales.

Posteriormente, en 1950 se expide el Código Sustantivo del Trabajo [21], normatividad que se encuentra vigente a la fecha con sus respectivas modificaciones. En Enero de 1979 se promulga la Ley 9 en la cual se dictan normas para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones [22].

En 1979, el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social expide la Resolución 2400, por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Esta resolución tiene como objetivo: “preservar y mantener la salud física y mental, prevenir accidentes y enfermedades profesionales para lograr las mejores condiciones de higiene y bienestar de los trabajadores en sus diferentes actividades” [23].

En 1984 se expide el Decreto 614, por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país, y determina que se entenderá por salud ocupacional el conjunto de actividades que tienen por objeto: “a) Propender por el mejoramiento y mantenimiento de las condiciones de vida y salud de la población trabajadora (...)” [24].

En 1986, los Ministerios de Trabajo y Seguridad Social y de Salud expiden la Resolución 2013, por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial (actualmente denominado como Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo, COPASST) [25]. En Marzo de 1989 se expide la Resolución 1016 que reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los Programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país [26].

Un gran cambio se gestó en materia de salud ocupacional con el origen en 1991 de la Constitución Política de Colombia [27], y a partir de allí se expidieron otras normas que reorientaron la estructura legal, técnica y administrativa de la salud ocupacional y se creó el Sistema General de Riesgos Profesionales. El Congreso de la República promulga la Ley 100 de 1993 por la cual se crea el Sistema de Seguridad Social Integral (SSSI) [28].

Por su parte, el Decreto 1295 de 1994 determinó la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales (hoy denominado Sistema General de Riesgos Laborales) y uno de sus objetivos (*Art. 2 literal a*), consiste en “Establecer las actividades de promoción y prevención tendientes a mejorar las condiciones de trabajo y salud de la población trabajadora” [29].

Una reciente reglamentación fue la expedición de la Ley 1562 de 2012 en la cual el Congreso de Colombia, decretó algunas modificaciones del Sistema General de Riesgos Laborales y se dictaron otras disposiciones en materia de salud ocupacional. Entre lo más relevante se destaca el cambio en la definición de Salud Ocupacional por Seguridad y Salud en el Trabajo:

Se entenderá en adelante como Seguridad y Salud en el Trabajo, definida como aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en sus ocupaciones [30]

Recientemente, se expidió el Decreto 1072 de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo [31] y en el capítulo 6 se encuentra contemplado la Implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

A través de este breve recorrido, se puede concluir de forma general que el Estado Colombiano ha realizado grandes esfuerzos por desarrollar, articular e implementar estrategias, planes y programas para proteger proactivamente a todos los trabajadores de las contingencias derivadas de los accidentes de trabajo y de las enfermedades laborales, garantizando así un bienestar físico, mental y social en los ambientes o centros de trabajo. Para el estudio que nos ocupa, el programa de ingeniería industrial en el pensum académico oferta esta asignatura, y desde allí, los docentes-investigadores autores del presente texto, basados en una pedagogía por problemas significativos de aprendizaje, indagan en las representaciones sociales de los estudiantes sobre el objeto central de la asignatura.

1.3. Sobre las representaciones sociales

Las representaciones sociales constituyen una teoría ampliamente reconocida en el campo de las ciencias sociales y abre un espacio de investigación en el ámbito educativo, que según palabras de [32] ayuda al docente a comprender cuáles son las representaciones que poseen nuestros estudiantes sobre determinado fenómeno y permiten orientar el proceso pedagógico de acuerdo con las posibles distancias entre los saberes previos y los llamados “saberes académicos”. En otras palabras, permite observar y examinar cómo un determinado grupo social percibe, conoce, comprende, interpreta, aprehende, demuestra, da relevancia, y valor a sus experiencias o sobre aquellos acontecimientos denominados como significativos, ya sean individuales o colectivos desde el campo de la comunicación y de la vida misma.

Las representaciones sociales parten del pensamiento, de los conocimientos específicos y los saberes del sentido común que se conciben, subsisten y se transfiguran o evolucionan, por medio de procesos comunicativos cotidianos y de los medios de comunicación actuales. Al abordar el carácter social, está ligada a una teoría de la cultura, pero es necesario señalar que de manera directa no ha sido abordado por los psicólogos sociales, aunque hay algunas cercanías interdisciplinarias como lo señalan [33-40]

Para [34], precursor de esta teoría la representación social es: una modalidad particular del conocimiento, cuya función es la elaboración de los comportamientos y la comunicación entre individuos. La representación es un corpus organizado de conocimientos y una de las actividades psíquicas gracias a las cuales los hombres hacen inteligible la realidad física y social, se integran a un grupo o en una relación cotidiana de intercambios, liberan los poderes de su imaginación.

Una de las figuras continuadoras de esta teoría es [41,42]. Dentro de sus aportaciones teóricas e investigaciones en el campo de la representación social considera las determinaciones sociales de los saberes de sentido común [43], y sus acepciones se plantean según [44], bajo los siguientes rasgos comunes: la manera en que los individuos aprenden los hechos de la vida diaria, las características y la información que circula en el entorno; el sentido común en oposición al

pensamiento científico; el conocimiento constituido a través de la experiencia e información que se recibe y se retroalimenta por medio de la comunicación, las costumbres y la educación; el conocimiento práctico hacia una realidad común a un conjunto social y con aspiraciones de incidir en ese ambiente, analizar y exponer las ideas de la vida.

Finalmente, de acuerdo con [45,46] existen dos enfoques reconocidos en el estudio de las representaciones sociales: el enfoque estructural y el enfoque procesual. El enfoque estructural defendido por [47] propende por estudios sobre el funcionamiento cognitivo de las RS y utiliza métodos experimentales. El enfoque procesual [41-43], privilegia el análisis de lo social, de la cultura y de las interacciones sociales con el uso de métodos de corte hermenéutico. Para el presente texto, los autores toman como referencia el enfoque procesual.

2. Metodología

La metodología utilizada es de carácter cualitativo, a partir de los aportes que ofrece la Teoría de las Representaciones Sociales en el marco del enfoque procesual [41,45,46]. Este enfoque privilegia la aproximación hermenéutica y focaliza el análisis en los significados, las producciones simbólicas y el lenguaje, desde el ámbito del conocimiento cotidiano de los participantes. La estrategia de investigación se enmarca en un trabajo de aula realizado desde el segundo semestre de 2013 a primer semestre de 2015 en las asignaturas de “Seguridad industrial” (código 1190903) y “Salud ocupacional” (Código 1191805), correspondientes al programa académico de Ingeniería Industrial de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Cúcuta. La asignatura la matricularon estudiantes de 7°, 8° y 9° semestre, correspondiente al eje de formación de ingeniería aplicada.

El procedimiento y la técnica de recolección de los datos se realizó en dos fases: se trabajó inicialmente con una población de 372 estudiantes, correspondiente a la totalidad de inscritos en las dos asignaturas entre el segundo semestre de 2013 y el primer semestre de 2015, a los cuales se les pidió responder al inicio del curso (primer día de clase) un cuestionario abierto en el que se indagó sobre las cuatro dimensiones centrales de la investigación: Seguridad y Salud en el Trabajo, Accidente de Trabajo, Enfermedad Laboral y Seguridad Industrial. Del total de esta población se tomó una “muestra intencionada” de 93 informantes [48,49], que consistió en identificar los casos de aquellos participantes cuyas respuestas se aproximaran a los siguientes criterios: a) relación entre las respuestas con las preguntas y los objetivos de la investigación; b) coherencia y consistencia lógica de las argumentaciones; c) voluntad del estudiante para participar en la investigación. Del total de 93 estudiantes, 38 son mujeres y 55 hombres.

Teniendo en cuenta la “lógica del muestreo en investigación cualitativa” [49], y el método constante de análisis, comparación y descripción de datos, fue necesario utilizar una segunda técnica de recolección de información denominada “grupos focales”, con el fin de aclarar, comparar y profundizar algunos datos. Se realizaron con esta misma población cinco grupos focales de seis estudiantes, con los cuales se logró precisar los resultados previos de los cuestionarios.

Los datos obtenidos se analizaron con apoyo de la Teoría Fundamentada [45,46,48,50-52]. A través de este recurso metodológico se realizó el proceso de codificación abierta, axial y selectiva, permitiendo reconocer las categorías, subcategorías, propiedades y dimensiones inherentes al fenómeno investigado: la seguridad y salud en el trabajo; a través de un proceso de descripción, comparación y conceptualización de los datos. De acuerdo con autores como [45,53,52], tanto la teoría de las Representaciones Sociales como la Teoría Fundamentada comparten rasgos comunes en cuanto a la comprensión de contenidos, procesos, categorías nucleares y el empleo de una lógica inductiva. Según [52]:

...se asume que la adopción de los procedimientos metodológicos de la Teoría Fundamentada, resultan pertinentes para la investigación de las Representaciones Sociales, en cuanto posibilitan recoger y organizar sistemáticamente los datos para describir el contenido de las Representaciones y develar la estructura y la jerarquía que se establece entre sus elementos, manteniendo siempre el asiento en los datos.

3. Resultados

A continuación se exponen las Representaciones Sociales de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Francisco de Paula Santander con respecto a la Seguridad y Salud en el Trabajo. Los resultados que se describirán, por su carácter complementario, no separan los hallazgos encontrados en los cuestionarios y en los grupos focales. Se muestran como un todo, fruto de la triangulación de datos y a partir del criterio de la investigación cualitativa denominado “comparación constante” y “saturación de la información” [50], es decir, el momento en la construcción de “la categoría en la cual ya no emergen propiedades, dimensiones, o relaciones nuevas durante el análisis”.

3.1. Las representaciones de la seguridad y salud en el trabajo

La mayor parte de los estudiantes universitarios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander asocian la Seguridad y Salud en el Trabajo como una norma (28%) que deben cumplir los empleadores y los trabajadores para la prevención de riesgos laborales, es decir, como una medida de prevención (27%) para evitar la ocurrencia de incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales y así garantizar un bienestar laboral (21,5%) a su población trabajadora.

De acuerdo con esas categorías, la Seguridad y Salud en el Trabajo es percibida como una disciplina que proporciona: a) Bienestar y salud; b) Condiciones de trabajo seguras y óptimas; c) Seguridad: Prevención y protección al trabajador; d) Prevención de riesgos laborales: Accidentes y enfermedades laborales; todo ello a través de la expedición de e) Normas; y de la cual se debe tener f) Conocimiento y práctica. Ver Tabla 1.

En conclusión, el conocimiento de los factores de riesgo a través de capacitaciones, inducción, formación y entrenamiento conlleva a que el talento humano de una organización se apropie de las medidas y de las reglamentaciones que adopte la empresa, en torno a la seguridad y salud de todos los miembros y partes interesadas de la organización. Además la puesta en marcha de mecanismos o prácticas preventivas, correctivas o de mejora ayudan a minimizar las posibles consecuencias en la salud y en la seguridad de la población trabajadora.

Tabla 1.

Síntesis sobre las RS en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Categorías	Subcategorías	Descripción textual
Seguridad y Salud en el Trabajo	a. Bienestar y salud	“Se encarga de mantener y preservar la salud e integridad de los trabajadores en sus lugares de trabajo, conociendo los factores de riesgo que pueden provocar un incidente o accidente laboral, así como brindar un ambiente adecuado para prevenir dichos factores de riesgo” (EA-15-II-028).
	b. Condiciones de trabajo seguras y óptimas	“La entiendo como una ciencia que se encarga de estudiar, velar por las condiciones laborales y los diferentes riesgos a los que se expone un empleado en su puesto de trabajo, tomando medidas preventivas como señalización, capacitación, información a la mano de los trabajadores para que no ocurran accidentes que para los sectores económicos les cuesta grandes cantidades de dinero corregir los efectos” (EA-15-II-041)
	c. Seguridad: Prevención y protección al trabajador	“Es sentirse y estar seguro de ejecutar sus tareas en su jornada laboral sin correr riesgos que puedan impedir el buen desempeño ni atenten contra su integridad personal” (EA-15-II-002).
	d. Prevención de riesgos laborales: Accidentes y enfermedades laborales	“Debe ser un área de la salud, la cual se encargue de tomar las medidas necesarias (gestionar) para que todas aquellas personas que se encuentren en un ambiente laboral puedan hacer sus trabajos sin tener el peligro de sufrir accidentes, o enfermarse a consecuencia de los riesgos que son inherentes a toda actividad o situación, o por prácticas inadecuadas de sus funciones como posturas del cuerpo que los pueden lesionar o enfermar” (EA-15-II-040).
	e. Normas	“Abarca o tiene como contenido todas aquellas leyes o normas que sirven como guía a cada empresa para optimizarles el lugar o puesto de trabajo a cada uno de los trabajadores, obteniendo como beneficios mayor agilidad y producción, evitando accidentes o riesgos laborales, reduciendo tiempo perdido” (EA-15-II-090).
	f. Conocimiento y práctica	“Es el sistema o reglamento que debe conocer el trabajador para ponerlo en práctica” (EA-15-II-051).

Fuente: Los autores

3.2. La representación de accidente de trabajo

El 34,4% de los estudiantes universitarios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander asocian el Accidente de Trabajo – AT, como aquel que ocurre en el lugar y en el horario laboral y 29% afirman que genera lesión, daño y hasta la muerte. De acuerdo con esas categorías, el accidente de trabajo es percibido como: a) Aquel que ocurre en el lugar y horario de trabajo; debido a unas causas, condiciones o factores de b) Riesgo; tales como c) Factores personales y del trabajo – Actos y condiciones inseguras; y que genera en el trabajador o en el entorno de trabajo d) Lesión, daño y muerte. Ver Tabla 2.

Tabla 2.
RS sobre Accidente de Trabajo

Categorías	Subcategorías	Descripción textual
Accidente de trabajo	a. Aquel que ocurre en el lugar y horario de trabajo	“Un accidente de trabajo es un acontecimiento que le ocurrió a un trabajador en su jornada y puesto de labor dentro de la empresa y afectó la salud de este” (EA-15-II-019) “Un accidente es una situación que se sale de la normalidad o límites de control, cuando nos referimos a accidente de trabajo no enfocamos generalmente en aquellas situaciones negativas que generan riesgos para la integridad física y psicológica del trabajador” (EA-15-II-027)
	b. Riesgo	“Estos se pueden presentar cuando el empleado no tiene conocimiento de los mecanismos y herramientas que se deben cumplir a realizar la labor a la cual está destinada a cumplir, y empleador a no saber o definir la seguridad del empleado y no le proporciona los elementos y herramientas necesarias para el área en el cual el trabajador está manejando” (EA-15-II-026)
	c. Factores personales y del trabajo – Actos y condiciones inseguras	“Es un suceso imprevisto no planeado que conlleva a las pérdidas o afectaciones materiales o humanas” (EA-15-II-052)
	d. Lesión, daño y muerte	

Fuente: Los autores

A partir de este criterio se puede concluir, que todo suceso negativo conlleva a generar un daño o lesión, causando deterioro o pérdida a la infraestructura de la organización o de la capacidad laboral del talento humano involucrado en dicha evento.

3.3. La representación de la enfermedad laboral

El 56% de los estudiantes universitarios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander asocian la Enfermedad Laboral como aquella patología adquirida con el paso del tiempo o generada en el sitio de trabajo. De acuerdo con esas categorías, la enfermedad laboral es comprendida como aquella que se ha a) Adquirido con el tiempo o

Tabla 3.
RS sobre Enfermedad Laboral

Categorías	Subcategorías	Descripción textual
Enfermedad laboral	a. Adquirida con el tiempo o es generada en el sitio de trabajo	“Es cuando la salud de la persona se ve afectada por realizar su trabajo. Enfermedad causada como consecuencia de las tareas que se realizan a diario en su lugar de trabajo” (EA-15-II-062)
	b. Exposición a factores o riesgos laborales	“Enfermedad generada por exposición a agentes contaminantes o actividades propias de sus labores en el lugar de trabajo” (EA-15-II-068)
	c. Síntomas, daño o problemas a la salud.	“Es el síntoma generado a un empleado como consecuencia de su labor, afectando su salud” (EA-15-II-086)

Fuente: Los autores

Tabla 4.
RS sobre Seguridad Industrial

Categorías	Subcategorías	Descripción textual
Seguridad industrial	a) Norma para garantizar condiciones seguras de trabajo	“Entiendo por seguridad industrial, aquellas actividades, normas o seguimientos que se deben llevar en el interior de una compañía para salvaguardar la integridad física de los trabajadores” (EA-15-II-013)
	b) Medida preventiva o de protección para evitar riesgos laborales	“Es la implementación de medidas preventivas ante cualquier riesgo o accidente que un empleado pueda llegar a sufrir durante su jornada laboral” (EA-15-II-002) “Es la disciplina que tiene que ver con todos los pasos y lineamientos para velar por el bienestar del trabajador, entre ellos sus equipos de seguridad, previa capacitación para realizar su labor y un ambiente de trabajo en el cual se minimicen al máximo los riesgos” (EA-15-II-043)
	c) Bienestar laboral	

Fuente: Los autores

es generada en el sitio de trabajo; debido a la b) Exposición a factores de riesgos laborales; y se manifiesta a través de c) Síntomas, daño o problemas a la salud. Ver Tabla 3.

De acuerdo a las representaciones sociales aportadas por los estudiantes universitarios, refieren que la Enfermedad Laboral es el producto o resultado de la exposición a factores de riesgo en el sitio de trabajo, las cuales desencadenan un daño o un problema en la salud de la población trabajadora de la organización.

3.4. La representación de la seguridad industrial

El 50% de los estudiantes universitarios de la Facultad de Ingeniería de la UFPS vinculan la Seguridad Industrial como una Medida Preventiva o de Protección para evitar los riesgos laborales presentes en los contextos laborales.

La seguridad industrial es entendida como aquella a) Norma para garantizar condiciones seguras de trabajo; que es aplicable a través de una b) Medida preventiva o de protección para evitar riesgos laborales; y que propicia c) Bienestar laboral. Ver Tabla 4.

En síntesis, la Seguridad Industrial como representación social de los estudiantes universitarios está enfocada como una disciplina, una ciencia, un aspecto, un conjunto, unas medidas o precauciones, que tiene como horizonte gestionar los recursos necesarios para garantizar a los trabajadores un bienestar laboral en su sitio de trabajo.

4. Conclusiones

Tal como se sugiere en la formulación del problema del presente artículo, algunas de las conclusiones relevantes de la investigación se relacionan con los siguientes hallazgos: en primer lugar, el ejercicio muestra los logros pedagógicos que se obtienen al articular la docencia con la investigación. El hecho de involucrar a los estudiantes en la construcción del

conocimiento de la asignatura, no sólo les permite descubrir las aproximaciones significativas entre sus saberes previos y el objeto del curso, sino la posibilidad de profundizar en el tema a través de su evidente liderazgo como constructores de lo que quieren aprender, y la función mediadora del maestro(a).

Estas imbricaciones en la relación estudiante-maestro-saber, junto con la recuperación de los conocimientos liminares, produce en el plano del diseño curricular de la materia, nuevas posibilidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya no como el énfasis en la asimilación de contenidos, sino como la posibilidad abierta de generar investigación en el aula y favorecer el desarrollo de competencias para indagar, crear, teorizar, reflexionar, resolver, justificar y aplicar. Estos resultados suponen un rediseño de la asignatura a partir de problemas significativos de aprendizaje (PSA), en donde el contenido deja de ser el fin de la clase para ser simplemente el pretexto para el desarrollo integral del sujeto que aprende.

Cuando el estudiante el primer día de clase responde un cuestionario, que luego debe analizar, sistematizar y argumentar con los compañeros, se reconoce a sí mismo como actor principal de su aprendizaje. Y si ese saber que él no sabía que poseía se asume como insumo de lo que puede llegar a aprender, la ecuación pedagógica se transforma, ya no como simple transmisión de información sino como investigación desde el aula. De esta manera, los aprendices descubren a través de los resultados de su auto-indagación, la aproximación a la visión completa de los elementos que integran un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, tal como lo expresan organizaciones internacionales sobre la materia [9].

Del mismo modo, los futuros ingenieros industriales deconstruyen y reconstruyen el fundamento de las representaciones sociales en los términos seguridad y salud en el trabajo, accidente de trabajo, enfermedad laboral y seguridad industrial, en una relación vinculante con la evidencia de otros autores respecto de los conceptos de salud y la enfermedad de la población adulta [54]; riesgo ocupacional de infección por el virus HIV [55]; salud y enfermedad en el trabajo [56]; salud y seguridad en el trabajo [57]; riesgo psicosociales y acoso laboral [58]; riesgo laboral [59].

En segundo lugar, la investigación muestra que los sistemas de significados que cohabitan en el contexto educativo, condicionan las representaciones sociales e influyen en las características particulares de cada individuo, las cuales pueden transformarse a través de procesos formativos, donde no necesariamente su papel se centre como “dictador de clase de salud y riesgos laborales”, sino como el líder de una empresa en la que debe comunicar y velar por el autocuidado y cuidado de sus empleados, desde el ámbito de las funciones y roles que cada trabajador desempeña. Es decir, el maestro que no solo enseña a futuros ingenieros, sino como el profesional y maestro de cualquier empresa, que reconoce en cada sujeto su experiencia y saber previo como posibilidad de aplicar de forma eficiente los protocolos y las normas de seguridad y salud en el trabajo.

Una pregunta clave a la hora de profundizar en las representaciones sociales consiste en indagar en la manera como estas representaciones se han constituido en un sujeto o en un grupo social. En este ejercicio investigativo, y de acuerdo

con los testimonios de varios participantes, las representaciones sobre salud y seguridad en el trabajo no se constituyen en sí como abstracciones o intuiciones de los sujetos, sino como parte de su proceso interactivo con otros sujetos y con el medio social. Es decir, son constituciones [60], que no se dan en el vacío y cuyo centro de interés no es el significado subjetivo de los estudiantes de ingeniería industrial, sino la multiplicidad de formas intersubjetivas y las afectaciones con el mundo de la vida de los jóvenes participantes.

A la pregunta ¿cómo se constituyen estas representaciones tan cercanas a los referentes teóricos y normativos vigentes? La respuesta se expresa en los siguientes aspectos: al interés de muchos jóvenes por este tema, y la permanente interacción de estos términos en la vida cotidiana, “ya que son términos que muchos pueden entender por su uso en el ambiente cotidiano” (EA-15-II-059); los conocimientos previos en su formación de bachillerato, en específico en los colegios con especialidad comercial: “...mis estudios de educación secundaria en un colegio técnico comercial y en el grado 11º, vi la materia de Salud Ocupacional, esto me sirvió de base a la hora de formular los conceptos sobre los aspectos mencionados” (EA-15II-028). Por lo tanto, reconocer las representaciones sociales sobre seguridad y salud en el trabajo, no consiste en abrir una ventana a la subjetividad de los estudiantes de ingeniería industrial en este tema, sino divulgar una posible forma de ver el asunto, no sólo para descubrir el significado de esta representación, sino para ampliar el espectro de lo que el docente de la materia entiende por acto pedagógico. El maestro investigador no es ajeno a esta afectación de sus propias representaciones, por el contrario, se reconoce como protagonista activo del proceso y no simplemente como un espectador objetivo y aséptico, que separa sus preconcepciones y puntos de vista a la hora del análisis del material. Y segundo, el docente afectado por estas representaciones, en el marco de la pedagogía por problemas significativos de aprendizaje, ve en los testimonios de los estudiantes un conjunto de instrucciones, recursos, técnicas y estrategias que lo motivan a ver su rol de profesor de otra manera.

Reconocer que el estudiante sabe lo que él ya sabe, lo ubica en una posición de igualdad frente al saber de su interlocutor, por ello las representaciones constituyen referentes ontológicos y epistemológicos sobre el qué y el cómo aprenden los jóvenes universitarios, que motivan una nueva manera de afrontar el acto pedagógico. Esta investigación muestra que los participantes poseen representaciones sociales sobre seguridad y salud en el trabajo que no se apartan de los contenidos que el maestro debe impartir, y que por tanto, su papel no puede limitarse a transmitir lo que ya sabe el alumno. Surge la pregunta ¿Cuál es ese nuevo papel del maestro cuando descubre que las RS de sus estudiantes se aproximan al saber estándar de la materia? He aquí el reto y las bondades de este ejercicio investigativo de aula.

Referencias

- [1] Urbina, J., La pasión de aprender: El punto de vista de los estudiantes universitarios. Tesis Dr., Universidad de Manizales-CINDE, Manizales, Colombia, 2012.

- [2] Universidad Francisco de Paula Santander UFPS, Proyecto Educativo Institucional PEI, UFPS, Cúcuta, Colombia, 2007.
- [3] Vigotsky, L., El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Madrid, Grijalbo, 1979.
- [4] Coll, C., Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo, En C. Coll, Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento. Barcelona, Paidós Educador, 1990.
- [5] Ausbel, D., Psicología educativa. México, Trillas, 1976.
- [6] Novak, J. and Gowin, D., Aprendiendo a aprender, Barcelona: Martínez Roca, 1988.
- [7] Healey, M., Vínculos entre docencia e investigación: Reflexión en torno a los espacios disciplinares y el papel del aprendizaje basado en la indagación, En R. Barnett, "Para una Transformación de la Universidad", Barcelona, Octaedro, 2008.
- [8] Barnett, R., Hughes, M. y Naidoo, R., Para una transformación de la Universidad: Nuevas relaciones entre investigación, saber y docencia, Barcelona, Octaedro, 2008.
- [9] Organización Internacional del Trabajo, OIT, Sistema de gestión de la SST: una herramienta para la mejora continua, 2011 [En línea]. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_154127.pdf
- [10] Zuleta, J., Marco normativo del sistema general de riesgos laborales en Colombia, en el periodo 1915-2012, Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. 2013 [En línea]. Disponible en: www.bdigital.unal.edu.co/11360/1/05539520.2013.pdf
- [11] Arango, J., Luna, J., Correa, Y. y Campos, A., Marco legal de los riesgos profesionales y la salud ocupacional en Colombia, Siglo XX, Revista de Salud Pública, [En línea]. 15(3), pp.354-365, Mayo-Junio 2013, Disponible en: www.scielo.org/pdf/rsap/v15n3/v15n3a03.pdf
- [12] Instituto Salud y Trabajo ISAT, Diagnóstico situacional en seguridad y la salud en el trabajo Colombia, con la colaboración del Gobierno de Canadá, 2011. [En línea]. Disponible en: http://intranet.oit.org.pe/WDMS/bib/virtual/coleccion_tem/seg_trab/2011/diagnostico_sst_colombia%5B1%5D.pdf
- [13] Moreno, J., Murillo, O. y Rubio, V., Seguridad industrial y salud ocupacional. Trabajo de Grado. Universidad San Buenaventura de Medellín, Colombia. 2011. [En línea]. Disponible en: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/500/1/Trabajo_Grado_Seguridad_Murillo_2011.pdf
- [14] Lizarazo, C., Fajardo, J., Berrio, S. y Quintana, L., Breve historia de la salud ocupacional en Colombia. Departamento de Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2011. [En línea]. Disponible en: http://www.oiss.org/estrategia/IMG/pdf/Breve_historia_sobre_la_salud_ocupacional_en_Colombia1.pdf
- [15] Mojica, M., Salud ocupacional. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2007 (Textos universitarios) ISBN 978-958-8247-96-0.
- [16] Marín, M. y Pico, M., Fundamentos de salud ocupacional. Manizales: Universidad de Caldas, Centro Editorial, 2004, 130 P., ISBN: 958-8231-22-1.
- [17] Cavanzo, S. y Fuentes, R., Evolución histórica de la salud ocupacional y sus principales efectos en el sistema Colombiano. Tesis. Facultad de Derecho. Universidad de la Sabana. Bogotá, D.C., Colombia. 2003. [En línea]. Disponible en: <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/5448/129306.pdf?sequence=1>
- [18] Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Contenido en Línea del curso 102505-Salud Ocupacional, Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial. Pamplona, Norte de Santander, Colombia. 2013. [En línea]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102505/102505_Modulo_Completo.C.pdf
- [19] Colombia. Congreso de Colombia. Ley 57 de 1915 (15, noviembre, 1915). Sobre reparaciones por accidentes de trabajo.
- [20] Colombia. Congreso de Colombia. Ley 90 de 1946 (26, diciembre, 1946). Por la cual se establece el seguro social obligatorio y se crea el Instituto Colombiano de Seguros Sociales.
- [21] Colombia. Decreto 2663 de 1950 (5, agosto, 1950). Diario Oficial No. 27.407, de 9 de septiembre de 1950. Sobre Código Sustantivo del Trabajo
- [22] Colombia. Congreso de Colombia. Ley 9 de 1979 (24, enero, 1979). Por la cual se dictan medidas sanitarias.
- [23] Colombia. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979 (22, mayo, 1979). Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo
- [24] Colombia. Gobierno Nacional. Decreto 614 de 1984 (14, marzo, 1984). Por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país.
- [25] Colombia. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y de Salud. Resolución 2013 de 1986 (6, junio, 1986). Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial en los lugares de Trabajo
- [26] Colombia. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y de Salud. Resolución 1016 de 1989 (31, marzo, 1989). Por la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los Programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país.
- [27] Colombia. Asamblea Nacional Constituyente. Constitución Política de Colombia (20, julio, 1991). Gaceta Constitucional. Bogotá, D.C., 1991.
- [28] Colombia. Congreso de Colombia. Ley 100 de 1993 (23, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Sistema de Seguridad Social Integral y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1993.
- [29] Colombia. Gobierno Nacional. Decreto 1295 de 1994 (22, junio, 1994). Por la cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1994.
- [30] Colombia. Congreso de Colombia. Ley 1562 de 2012 (11, julio, 2012). Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional.
- [31] Colombia. Ministerio del Trabajo. Decreto 1072 de 2015 (26, mayo, 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo.
- [32] Alasino, N., Alcances del concepto de representaciones sociales para la investigación en el campo de la educación. Revista Iberoamericana de Educación, 56(4), pp. 1-11, 2011.
- [33] Durkheim, E., Las reglas del método sociológico. México: Fondo de Cultura Económica, 1895.
- [34] Moscovici, S., El psicoanálisis, su imagen y su público. Buenos Aires: Huemul, 1979.
- [35] Moscovici, S., Notes towards a description of social representations. European Journal of Social Psychology, 18, pp. 211-250, 1988.
- [36] Doise, W., Las representaciones sociales: Presentación de un campo de investigación, en Anthropos. Barcelona, 1991.
- [37] Jodelet, D., Les représentations sociales dans le champ de la culture, Information sur les sciences sociales. Thousands Oaks; Sage, 41(1), 2002.
- [38] Marková, I., Amédée or how to get rid of It: Social representations form a dialogical perspective, Culture & Psychology. Londres: Sage Publication, 6(4), 2000.
- [39] Marková, I., Dialogicality and social representations. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [40] Wagner, W. and Hayes N., Everyday discourse and common sense: The theory of social representations, Nueva York, Palgrave Macmillan, 2005.
- [41] Jodelet, D., La representación social: Fenómeno, concepto y teoría, en Psicología Social, II. Barcelona: Paidós, 1984.
- [42] Jodelet, D., Representaciones sociales un campo en crecimiento, en Las representaciones sociales, Barcelona: Paidós, 1989
- [43] Jodelet, D., Pensamiento social e historicidad, relaciones. Estudios de historia y Sociedad, [En línea]. 24(93), 2003. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13709305>
- [44] Pérez, C., La representación social y la ontología del mundo social: El aporte de otra significación para el diálogo, En: Castorina, J. (Comp), Representaciones sociales. Problemas teóricos y conocimientos infantiles. Barcelona: Gedisa, 2003.
- [45] Banchs, M., Aproximaciones procesuales y estructurales al estudio de las representaciones sociales. Papers on Social Representation. [En línea]. 9, pp 3.1-3.15, 2000. Disponible en: http://www.psr.jku.at/PSR2000/9_3Banch.pdf

- [46] Araya, S., Las representaciones sociales. Ejes teóricos para su discusión. Costa Rica, Flacso-Asdi, 2002.
- [47] Abric, J., Metodología de recolección de las representaciones sociales, En *Pratiques sociales et Représentations*, Traducción al español por José Dacosta y Fátima Flores (2001). Prácticas sociales y Representaciones sociales. Ediciones Coyoacán: México, 1994.
- [48] Flick, U., Introducción a la investigación cualitativa. Madrid, Morata, 2007.
- [49] Flick, U., El diseño de investigación cualitativa, Madrid, Morata, 2015.
- [50] Strauss, A., y Corbin, J., Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada, Medellín, Universidad de Antioquia, 2002.
- [51] Coffey, A. y Atkinson, P., Encontrar sentido a los datos cualitativos, estrategias complementarias de investigación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2003.
- [52] Restrepo, A., La teoría fundamentada como metodología para la integración del análisis procesual y estructural en la investigación de las representaciones sociales, *Revista CES Psicología*, 6(1), pp122-133, 2013.
- [53] Campo, M. y Labarca, C., La teoría fundamentada en el estudio empírico de las representaciones sociales: Un caso sobre el rol orientador del docente, *Revista Opción*, Universidad del Zulia. 25(60), pp. 41-54, septiembre-diciembre, 2009,
- [54] Torres, T., Munguía, J., Pozos, B. y Aguilera, M., Representaciones sociales sobre la salud y la enfermedad de la población adulta de Guadalajara, México, *Rev. Aten Primaria*. [En línea]. 42(3), pp. 154-161, 2010. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3171649>
- [55] Souza, M. y Freitas, M., Representaciones de profesionales de la atención primaria sobre riesgo ocupacional de infección por el virus HIV, *Revista Latino-Am. Enfermagem*, [En línea]. jul-ago. 2010. Disponible en: http://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n4/es_13.pdf
- [56] Herrera, J. y Torres, T., Las representaciones sociales de la salud y enfermedad en el trabajo de jornaleros agrícolas del Municipio de Aguililla, Michoacán, Elementos fundamentales en el diseño de propuestas de educación para la salud, *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, [En línea]. 34(2), Julio-Diciembre de 2012. Disponible en: <http://www.crefal.edu.mx/rieda/images/rieda-2012-2/exploraciones2.pdf>
- [57] Segura, J., Representaciones sociales, salud y seguridad en el trabajo, Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11185/1/julianaandraseguraurrea.2012.pdf>
- [58] Becerra, D. y Guerrero, T., Representaciones sociales que sobre riesgo psicosociales y acoso laboral tienen los trabajadores de una organización pública, *Revista Hacia la Promoción de la Salud*, [En línea]. 17(1), enero-junio 2012, pp. 118-132. Disponible en: [http://promocionsalud.ucaldas.edu.co/downloads/Revista17\(1\)_8.pdf](http://promocionsalud.ucaldas.edu.co/downloads/Revista17(1)_8.pdf)
- [59] Goyeneche, R. y Jiménez Y., Dos miradas sobre el riesgo laboral: cultivadores de papa del Municipio de Toca, Boyacá, *Revista Ciencia Salud*. [En línea]. 13(2), pp. 259-270, 2015. Disponible en: <http://revistas.urosario.edu.co/index.php/revsalud/article/viewFile/3813/2740>
- [60] Packer, M., La ciencia de la investigación cualitativa, Bogotá, Universidad de los Andes, 2013.

en Estudios Sociales y Pedagogía para la Paz – GIESPPAZ Categoría A, Colciencias. Entre Febrero de 2006 a Febrero de 2016 fue Vicerrector Académico de la Universidad Francisco de Paula Santander Sede Cúcuta, Colombia.
ORCID: 0000-0002-5262-9527

B.J. Pérez-Fernández, recibe el título de Profesional en Salud Ocupacional en 2008 de la Universidad del Tolima en Convenio con la Universidad Francisco de Paula Santander Sede Cúcuta, Colombia, el título de Esp. en Gerencia Social en 2012 de la Universidad Simón Bolívar, Sede Cúcuta, Colombia y el título de MSc. en Administración de Empresas con énfasis en Sistemas Integrados de Gestión (Título convalidado ante el Ministerio de Educación) en 2014 de la Universidad Viña del Mar, Chile. Desde el II semestre del 2012 trabaja como docente cátedra en la Universidad Francisco de Paula Santander (Sede Cúcuta, Colombia). En septiembre – Octubre de 2016 se desempeñó como tutora de la Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo de la Corporación Universitaria Minuto de Dios Sede Cúcuta. Ha trabajado en proyectos sociales y de posconflicto. Presta asesorías a empresarios, trabajadores, estudiantes y comunidad en general en materia de riesgos laborales y de seguridad y salud en el trabajo. Actualmente es directora del Semillero de Investigación en Pedagogía para la Prevención de Riesgos Laborales – SIPPRILA.
ORCID: 0000-0003-2366-0952

J.E. Urbina-Cárdenas, recibió el título de Li. en Filosofía y Letras en 1990 de la Universidad Santo Tomás, Sede Bogotá, Colombia, con título de Dr. en Ciencias Sociales en 2012 de la Universidad de Manizales – CINDE, con título de PhD. en Educación en 2014 de la Universidad Santo Tomás Sede Bogotá, Colombia con título de MSc. en Pedagogía en el 2005 en la Universidad Industrial de Santander, Colombia, con título de Esp. en Docencia Universitaria en 1997 de la Universidad de Santo Tomás Sede Bogotá y con título de Esp. en Metodología de la Enseñanza del Español y la Literatura en 1993 de la Universidad de Pamplona. Profesor titular adscrito a la Facultad de Educación, Artes y Humanidades de la Universidad Francisco de Paula Santander Sede Cúcuta, Colombia. Investigador asociado, director del Grupo de Investigación

Aplicación del ciclo de vida y el análisis estructurado en el desarrollo de un laboratorio virtual de transformadores monofásicos

John Milton Ramírez-Romero & Sergio Rivera-Rodríguez

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. jmramirezro@unal.edu.co, srriverar@unal.edu.co

Resumen— El desarrollo de Laboratorios Virtuales es un campo especial dentro del desarrollo de software debido a las relaciones interdisciplinarias que surgen y las características de proyectos de esa naturaleza. En el primer semestre de 2016 se desarrolló, en la Universidad Nacional de Colombia, un Trabajo de Grado titulado Desarrollo de un laboratorio virtual computarizado de un transformador monofásico para el laboratorio de conversión electromagnética dentro del proyecto de investigación formulado: estudio del impacto de la estrategia pedagógica llamada "virtual labs" en el desarrollo de los cursos de laboratorio de máquinas eléctricas e implementación de laboratorio virtual computarizado de transformadores de potencia para la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Para hacer realidad el desarrollo del laboratorio virtual, fue necesario integrar temáticas de Pedagogía, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Eléctrica. En este artículo se busca que los lectores que estén interesados en el desarrollo de un Laboratorio Virtual conozcan las directrices básicas necesarias para realizar las etapas iniciales: la fase de análisis y la fase de diseño. Estas fases son críticas ya que describen el sistema actual y definen las características del Laboratorio Virtual, es tal la importancia de estas fases que, de hacerse de forma errónea, conducirá al fracaso del proyecto.

Palabras Clave— Análisis de Sistemas, Diseño de Sistemas, Laboratorio Virtual.

Recibido: 24 de agosto de 2016. Revisado: 20 de septiembre de 2016.
Aceptado: 28 de septiembre de 2015.

Application of life cycle and structured analysis in the development of a virtual laboratory single phase transformers

Abstract—Development of Virtual Labs is a special field within the software development due to interdisciplinary relationships arising and characteristics of projects of that nature. In the first half of 2016 was developed, at the National University of Colombia, a thesis entitled Development of a computerized virtual laboratory of transformers for the electromagnetic conversion laboratory within the research project formulated: Study of the impact of pedagogical strategy called "virtual laboratories" in the development of electric machines laboratory course and implementation of a computerized virtual laboratory for transformers at the National University of Colombia in Bogotá. To realize the development of the virtual laboratory was necessary integrate different subjects as education, systems engineering and electrical engineering. In this paper, readers who are interested in the development of a Virtual Lab know the basic guidelines necessary to perform the initial stages: the analysis phase and design phase. These are critical phases as they describe actual system and define virtual lab features, such it is the importance of these phases, to become so erroneous, will lead to project failure.

Keywords— Systems Analysis, Systems Design, Virtual Laboratory.

1. Introducción

Para el desarrollo de cualquier proyecto de programación de software es necesario contar con directrices que dirijan el trabajo de forma apropiada, por ello se establecen metodologías que permiten obtener información del sistema actual, se determinen las necesidades a satisfacer con el desarrollo del proyecto y se pueda monitorear su avance.

Si bien se espera que los lectores estén buscando directrices para el desarrollo de sus propios proyectos de Laboratorios Virtuales (de ahora en adelante llamados LV), este documento puede ser consultado por analistas y diseñadores de sistemas y todos aquellos que estén trabajando en proyectos de desarrollo de material pedagógico virtual.

De acuerdo con [1], un LV genera, a través de un ordenador, la combinación de diversas tecnologías para permitir la interactividad en tiempo real de los usuarios con un entorno. En este artículo se muestra como ejemplo el desarrollo del proyecto denominado Laboratorio Virtual de Transformadores Monofásicos (de ahora en adelante llamado LVTM).

Los laboratorios virtuales son una innovación pedagógica en la rama de ingeniería consistente en aplicaciones computarizadas que han revolucionado los ambientes de aprendizaje al poder simular el comportamiento físico de configuraciones experimentales [2]. A través de un computador, un alumno puede recrear las condiciones de una práctica o un experimento contenido en el laboratorio. Esta característica es ideal para recrear el funcionamiento de un sistema cuyo ambiente es potencialmente peligroso antes de que el alumno se enfrente físicamente con las máquinas y equipos reales.

2. El proyecto LVTM

Las máquinas con las que cuenta el Laboratorio de Conversión Electromagnética y el equipo para su alimentación, medición y control son costosas. Por lo tanto, no es recomendable que los alumnos operen las máquinas disponibles en condiciones peligrosas y sin un previo entrenamiento.

Estas máquinas eléctricas manejan niveles de tensión y de corriente que pueden causar lesiones serias. De acuerdo al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas [3], existen

Como citar este artículo: Ramírez-Romero, J. M. & Rivera-Rodríguez, S., Aplicación del ciclo de vida y el análisis estructurado en el desarrollo de un laboratorio virtual de transformadores monofásicos. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 43-48, Febrero, 2017.

estudios que determinan la soportabilidad de los seres humanos y animales que relacionan la corriente eléctrica, el tiempo de exposición a ella y el riesgo fisiológico (asociado a la ocurrencia de fibrilación, rigidez muscular, amputación de algún miembro del cuerpo y la muerte).

Una buena parte de los riesgos mencionados se pueden reducir si los alumnos conocen de antemano qué puede salir mal. Los Laboratorios Virtuales se presentan con una estrategia innovadora pedagógica para hacer frente a las desventajas mencionadas, ya que realizarán la misma práctica que harán en el laboratorio, pero en un ambiente de aprendizaje virtual, y en este ambiente se darán cuenta de los efectos de realizar malas conexiones o condiciones no solo para los equipos sino también los efectos en las personas [4,5].

El proyecto LVTM consistió en el desarrollo de un software que permite recrear las mediciones efectuadas en transformadores monofásicos durante los ensayos de medición de resistencia de devanados, de vacío, de corto circuito, regulación y eficiencia. Fue desarrollado como una aplicación bajo plataforma Windows (ver Fig. 1). En los laboratorios reales, estas actividades se desarrollan empleando un transformador monofásico real, instrumentos de medición (como multímetros y analizadores de redes) y una instalación eléctrica dotada con elementos de alimentación y protección.

Los niveles de corriente eléctrica empleados ponen en riesgo la integridad física de las personas, el equipo y la infraestructura del laboratorio. De acuerdo al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, los niveles de corriente empleados en los ensayos descritos anteriormente pueden producir quemaduras de segundo y tercer grado, tetanización y daños cardíacos. Hay que tener en cuenta que los tiempos de recuperación son extensos y que el dolor físico y emocional que los acompaña es muy elevado.

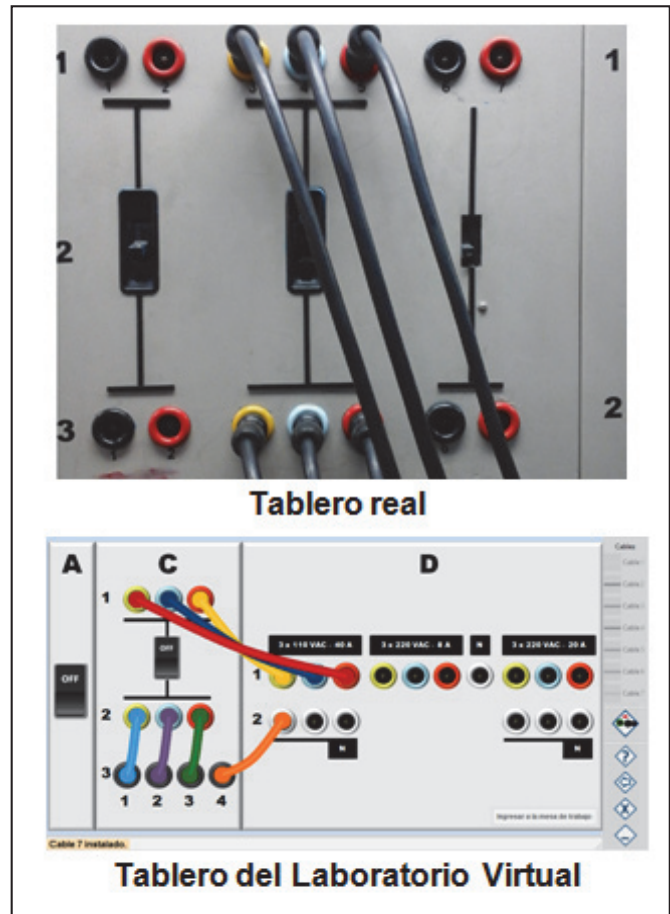


Figura 2. Comparación entre una sección de un tablero de protecciones real y su representación en el Laboratorio Virtual.

Fuente: "Los autores"



Figura 1. DVD del Laboratorio Virtual de Transformadores Monofásicos.
Fuente: Los autores

Dentro del diseño de las pantallas del LVTM se tuvo cuidado de representar los elementos usados en situaciones reales lo más cerca posible de la realidad, algunos elementos pedagógicos se tomaron en cuenta (como, por ejemplo, el uso de colores en los cables para facilitar la visualización de las conexiones). Puede verse el comparativo en la Fig. 2.

A diferencia de los desarrollos de software que suelen realizarse dentro del entorno académico (como simulaciones de campos electromagnéticos mediante software que emplea estados finitos), los LV son proyectos de un tamaño mayor, esto se debe a la cantidad de disciplinas involucradas en el proceso [6,7].

En la parte superior de la Fig. 3 se muestra un montaje de laboratorio empleado para el ensayo de circuito abierto a un transformador monofásico. Los gráficos de los cables del LVTM (parte inferior) pueden parecer desordenados, pero estas conexiones son las que se encuentran en la vida real (se debe aclarar que la representación más ordenada conllevaría al empleo de líneas rectas, pero no se puede lograr con cables reales). También se puede cambiar la proporción de las dimensiones de los instrumentos para hacer énfasis a los usuarios en lo que se estima que es importante (nótese que la pantalla azul, la cual es un Analizador de Redes, es mucho más grande en el LVTM que en el Laboratorio real).

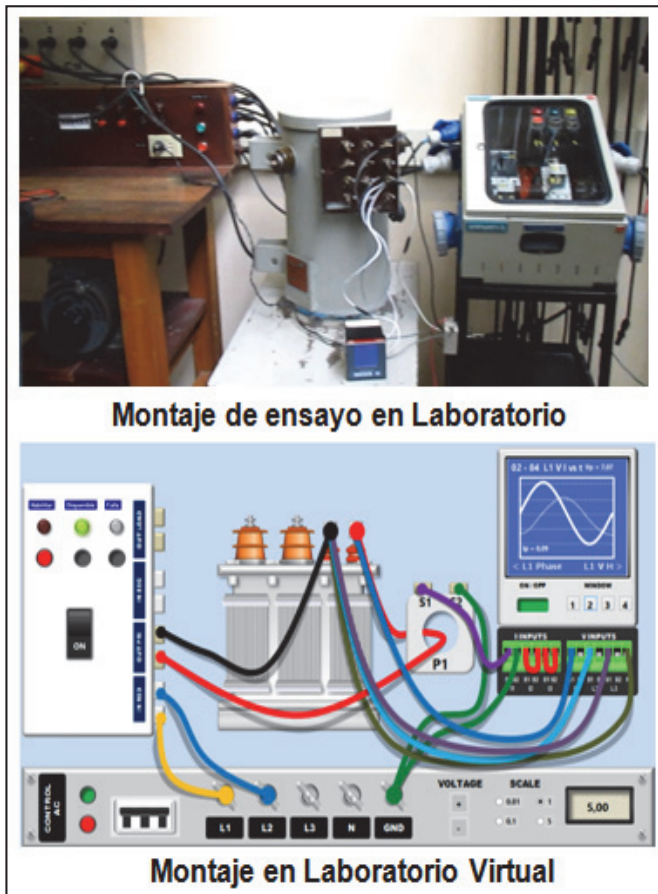


Figura 3. Comparación entre una sección de un tablero de protecciones real y su representación en el Laboratorio Virtual.

Fuente: Los autores

3. Descripción de proyectos de LV usando diagramas de Venn

Como se asume que en los proyectos de LV siempre existirán relaciones interdisciplinarias, estas se describen de una forma apropiada si se usa un diagrama de Venn. Los lectores pueden entender fácilmente la relación entre ellas, y aunque las disciplinas involucradas pueden ser diferentes el producto final es el mismo: un LV.

La Fig. 4 describe las relaciones entre las disciplinas involucradas en el proyecto LVTM. El desarrollo de un software requiere del estudio de las actividades actuales del laboratorio, por lo que se requiere seguir directrices para ese fin, las usadas en el proyecto LVTM son el Ciclo de Vida de Sistemas y el Análisis Estructurado (C.V.S.-A.E.), las cuales son usadas en la Ingeniería de Sistemas desde décadas atrás en el análisis de sistemas corporativos (como los encontrados en los bancos). Así mismo, los modelos matemáticos de circuitos eléctricos permiten describir el comportamiento del transformador y los dispositivos de medición, son empleadas en Ingeniería Eléctrica desde inicios del siglo XX. Como el software se elabora con fines educativos, es necesario recurrir a la pedagogía para establecer directrices de diseño.

Nótese que el diagrama de Venn mostrado en la Fig. 4 tiene intersecciones entre las disciplinas involucradas: la intersección entre el C.V.S.-A.E. con la pedagogía representa las directrices de

diseño de software educativo, cuando estas se cumplen se obtiene un Objeto Virtual de Aprendizaje (O.V.A.). La intersección entre el C.V.S.-A.E. y los modelos matemáticos de transformadores representa las aplicaciones hechas en computador que permiten agilizar y/o automatizar cálculos, a estas se le denominan Algoritmos (tal vez el cálculo de tensiones de entrada y de salida de un transformador sólo requiera la solución de un cociente, pero cuando se necesita recrear la medición de la resistencia de sus devanados se deben involucrar algoritmos gráficos, cálculos matemáticos y máquinas de estado finito simultáneamente).

Cuando en el entorno pedagógico se requiere representar el funcionamiento de un transformador a un auditorio académico es muy probable que se quiera ir más allá de las cifras y las fórmulas y se quiera mostrar un comportamiento en tiempo real y de forma gráfica (por ejemplo, un corto circuito), en ese caso se estará hablando de una Simulación. Cumpliendo con los parámetros de diseño de un O.V.A. y elaborando algoritmos que permitan el funcionamiento de un conjunto de simuladores, se obtiene un LV.

4. Análisis de sistemas en proyectos de desarrollo de LV

James Senn, autor del libro Análisis y Diseño de Sistemas de Información [8] describe el análisis y diseño de sistemas como el examen de la situación actual de una o más áreas de una institución para determinar qué aspectos pueden mejorarse mediante la aplicación de métodos y procedimientos más adecuados que los actuales. El analista de sistemas debe enfocar su atención en el funcionamiento actual del sistema, determinar el origen de la información, su empleo y los motivos por los cuales se deben hacer cambios. De esa manera, podrá indicar los beneficios y los perjuicios que se pueden derivar con el desarrollo e implementación de un Laboratorio Virtual. El análisis de sistemas puede ir más allá de una descripción: también puede ser usado para indicar cómo se puede dirigir la expansión de una corporación.

En el proyecto LVTM, el análisis se centró en las actividades realizadas con los transformadores monofásicos. Durante el pregrado los alumnos deben ver y aprobar la materia Conversión Electromagnética, una de las primeras unidades que se estudian se enfoca en los modelos matemáticos del transformador monofásico. Posteriormente, se emplean modelos similares para describir a los transformadores trifásicos y algunas otras máquinas eléctricas. En esta etapa los alumnos nunca tienen contacto con las máquinas eléctricas involucradas.

Por otro lado, la Universidad Nacional ofrece a los alumnos la materia electiva Laboratorio de Conversión Electromagnética, esta materia se enfoca en la demostración práctica de los principios vistos en Conversión Electromagnética. Allí es donde se detectó una de las necesidades que puede satisfacer el desarrollo del LVTM: puede que todos los estudiantes estén capacitados en el uso de los modelos matemáticos de un transformador monofásico, pero muy pocos son los que llegan a tener la oportunidad de operarlos. Con el desarrollo del LVTM, los docentes y los alumnos pueden comprender de dónde se obtienen los datos con los que se realizan los modelos equivalentes realizando una simulación de los ensayos efectuados en un laboratorio sin el riesgo de sufrir un accidente.

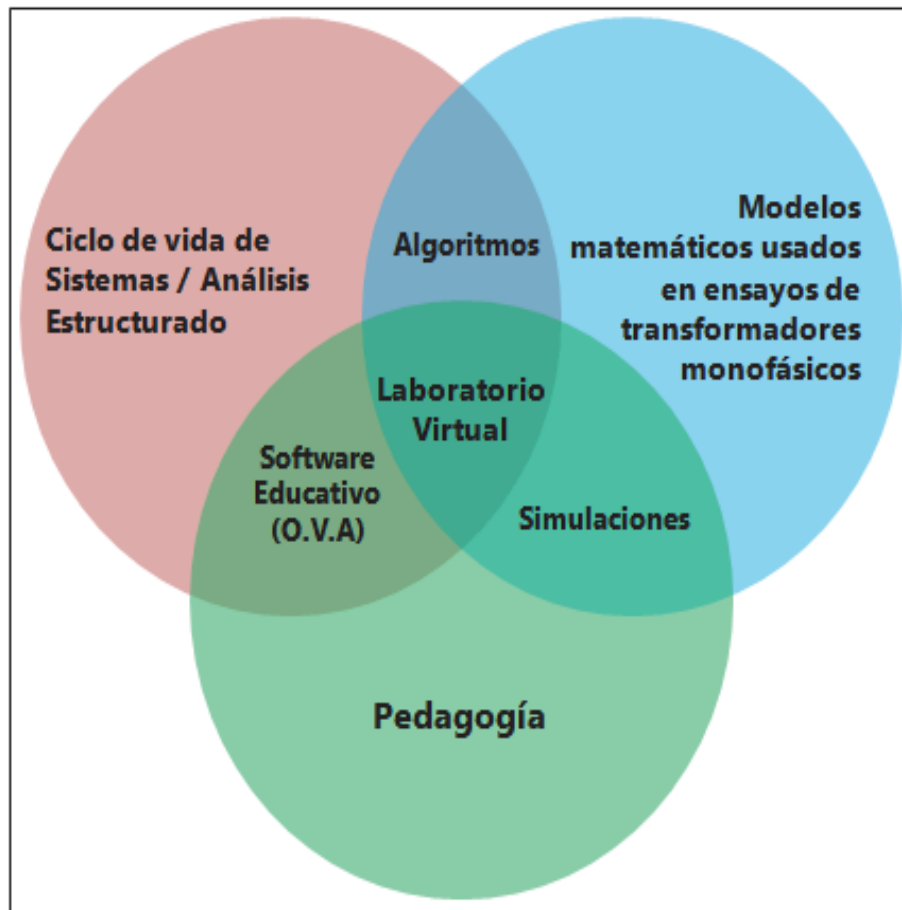


Figura 4. Disciplinas involucradas en el proyecto LVTM.
Fuente: Los autores.

Para la tarea de recolección de datos y descripción del sistema actual, la literatura sugiere el empleo de entrevistas y recolección de datos (sobre todo, los manuales que describen los procesos). El factor crítico en esta fase es la experiencia, en la medida de lo posible es necesario que dentro del proyecto se involucre al personal que realice los montajes de los experimentos en el entorno real. Actualmente es muy sencillo grabar videos, un solo archivo de vídeo puede ser más útil que un manual técnico completo. La observación es muy importante para seguir detectando los beneficios del desarrollo de un LV, durante la fase de análisis del proyecto LVTM se encontró que los estudiantes que apenas empiezan a manejar el transformador real muestran un temor irracional al momento de realizar las conexiones (aunque tengan los planos de conexiones a la mano), sólo puede ser superado por los alumnos que han realizado exitosamente esta tarea. Se espera que al implantar el LVTM en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas, los alumnos manejen el LVTM y puedan superar el temor inicial más rápido [9].

5. Diseño de sistemas en proyectos de desarrollo de LV

Una vez que se conoce el sistema actual y los cambios que pueden realizarse, se debe establecer una metodología para que el LV sea capaz de satisfacer las necesidades detectadas en la Fase de Análisis. Como es de suponerse, no todas las

necesidades se pueden satisfacer y es un error pensar que un LV deba ser diseñado para que describa fielmente la realidad, sólo es necesario que describa el funcionamiento dentro de condiciones controladas.

En el desarrollo del LVTM, se tuvo en cuenta que los ensayos se realizan con instrumentos y conexiones diferentes entre sí, por lo tanto, se decidió hacer una pantalla por cada ensayo. Los errores más frecuentes (y que son más costosos) se deben a la conexión errónea de multímetros en modo de medición amperimétrica con fuentes de tensión (ya que su resistencia es muy pequeña, la corriente presente entre las terminales del multímetro puede exceder su corriente límite, por lo que se quema su fusible). En otros casos, como en el ensayo de vacío y de corto circuito, se optó por impedir que el usuario sea capaz de llevar la fuente de alimentación más allá de la tensión y la corriente nominal del transformador (datos obtenidos a valores más alto no tienen sentido cuando lo único que se quiere es obtener los datos para calcular los parámetros de un circuito equivalente).

En general, para el desarrollo de cualquier LV, se aconseja seguir las directrices descritas por Senn (ver Fig. 5):

- Iniciar con el diseño de las salidas, en el caso de los LV la mayor parte de la atención se centra en la pantalla, por lo que es necesario examinar el aspecto de los elementos involucrados y dibujarlos de tal manera que se parezcan a los reales.

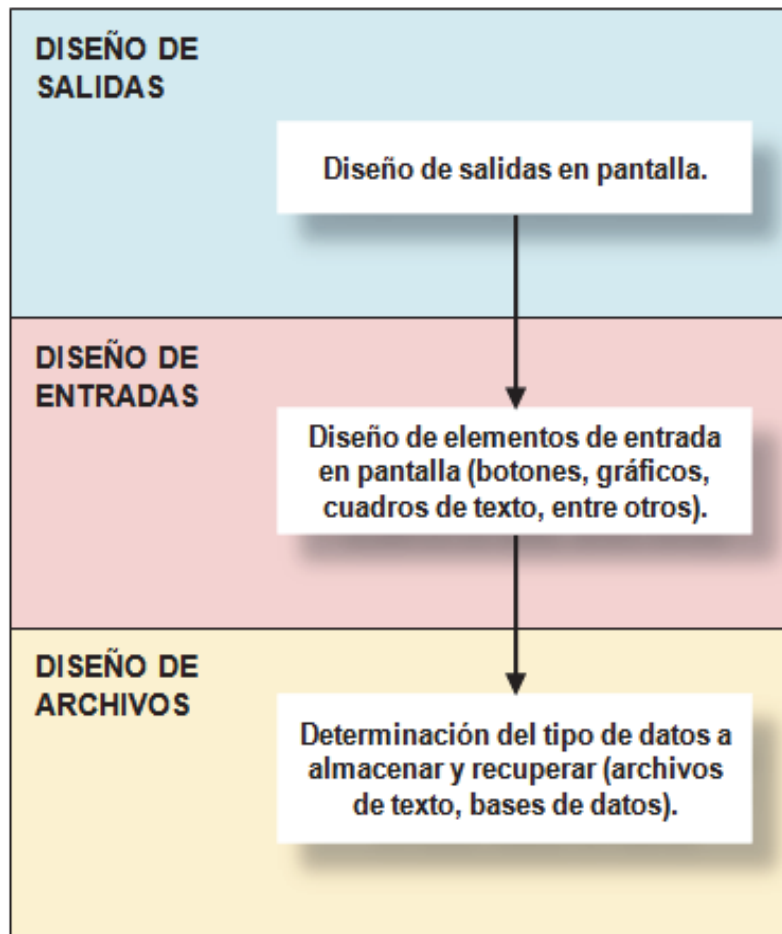


Figura 5. Directrices para el desarrollo de la fase de diseño en un Laboratorio Virtual.
Fuente: Los autores.

- El diseño de las entradas en un LV se centra en la forma en la que el usuario ingresa los datos (como, por ejemplo, dónde van conectados los cables y las escalas del multímetro). Aquí es necesario utilizar un modelo de caja negra donde el software detecta las entradas (por ejemplo, la posición del mouse al hacer clic), y con base a ellas define qué debe hacer (un ejemplo es la conexión de un cable a las terminales de una fuente de tensión encendida, si eso sucede entonces ocurrirá un corto circuito). Aquí es muy útil emplear máquinas de estado finito, para los lectores que no están familiarizados con este término se puede decir que es un software o un hardware que hace sólo una actividad y emite una salida dada sólo si hay un determinado tipo de entrada.

- La siguiente etapa es el diseño de archivos, aquí se define qué es lo que debe almacenar y recuperar el LV. La estrategia más sencilla es emplear archivos de texto, para desarrollos más complejos se aconseja el uso de bases de datos. Es muy importante tener en claro el tipo de datos que se va a almacenar y el tipo de datos que se usará (un error muy frecuente es el almacenamiento directo de variables tipo boolean, por lo que es necesario conocer plenamente como se usa dentro de la plataforma de desarrollo).

6. Conclusiones

El desarrollo de un LV presenta variantes con respecto al desarrollo de software corporativo (en donde el desarrollo se centra en el manejo de información en bases de datos). En un LV, el factor determinante es el manejo de información de posiciones, conexiones y salidas gráficas.

Los proyectos de desarrollo de LV, independientemente del campo al cual será dirigido, siempre tendrá relaciones interdisciplinarias.

El desarrollo apropiado de las fases de análisis y diseño es fundamental para el éxito de un proyecto de desarrollo de un LV. Las habilidades de los programadores y de los dibujantes también deben tenerse en cuenta para fijar los límites que tendrá el LV. Las necesidades de los usuarios dependen del entorno donde se operará el LV.

Ya que la información necesaria para el desarrollo apropiado de la fase de análisis y de diseño de cualquier proyecto de software es extensa, conviene tomar las variantes presentadas en este artículo para el desarrollo de cualquier LV. Por ejemplo, el uso del diagrama de Venn puede parecer trivial, pero sin él puede que no se tenga claro cuál es la contribución

de cada una de las disciplinas involucradas en los proyectos de desarrollo de LV.

Referencias

- [1] Farrerons, O. y Olmedo, N., Las TIC y la ingeniería gráfica, Barcelona: Omnia Science Monographs, 2016. DOI: 10.3926/oms.306.
- [2] iitg.vlab.co.in, Virtual Lab: Magnetic Field Behaviour in single coil, 16 March 2011. [Online]. Available: iitg.vlab.co.in/?sub=61&brch=168&sim=1050&cnt=1918. [Accessed 20 August 2016].
- [3] Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Bogotá D.C.: República de Colombia - Ministerio de Minas y Energía, 2005.
- [4] Milano, F., Vanfretti, L. and Morataya, J., An open source power system virtual laboratory: The PSAT case and experience, IEEE Transactions on Education, 51(1), pp. 17-23, February 2008. DOI: 10.1109/TE.2007.893354
- [5] Benetazzo, L., Bertocco, M., Ferraris, F., Ferrero, A. and Offell, C., A Web-based distributed virtual educational laboratory, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 49(2), pp. 349-356, April 2000. DOI: 10.1.1.467.6756
- [6] Achumba, I., Azzi, D., Dunn, V. and Chukwudebe, G., Intelligent performance assessment of students' laboratory work in a virtual electronic laboratory environment, IEEE Transactions on Learning Technologies, 6(2), pp. 103-116, 2013. DOI: 10.1109/TLT.2013.1
- [7] Castillo, A., Ortegón, J., Vázquez J. and Rivera, J., Virtual laboratory for digital image processing, IEEE Latin America Transactions, 12(6), pp. 1176 - 1181, 2014. DOI: 10.1109/TLA.2014.6894017
- [8] Senn, J., Análisis y diseño de sistemas de información, México D.F.: Mc. Graw Hill, 1998.
- [9] Ramírez, J., Desarrollo de un laboratorio virtual computarizado de un transformador monofásico para el laboratorio de conversión electromagnética, Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2016.

J.M. Ramírez-Romero, es Ing. Electricista de Universidad Nacional de Colombia (2016), Bachiller Técnico en Sistemas y Computación del Instituto Técnico Industrial Piloto; programador aficionado desde 1998.
ORCID: 0000-0002-0982-2284

S. Rivera -Rodríguez, es PhD. Ing. Electricista de Universidad Nacional de Colombia (2001); Esp. en Ingeniería Eléctrica con énfasis en Sistemas de Distribución, PhD en Ingeniería Eléctrica del Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan (2011). PhD. asociado en el MIT – Massachusetts Institute of Technology (2013); profesor en Universidad Nacional de Colombia en el área de sistemas de potencia y máquinas eléctricas (2014).
ORCID: 0000-0002-2995-1147

Enseñanza del álgebra lineal en una facultad de ingeniería: Aspectos metodológicos y didácticos

Viviana Angélica Costa ^a & Raúl Rossignoli ^{a,b}

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. vacosta@ing.unlp.edu.ar

^b Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. raul.rossignoli@ing.unlp.edu.ar

Resumen— En este trabajo describimos el enfoque con que se enseñan los conceptos relativos al Álgebra Lineal en una asignatura del Área de Ciencias Básicas en una Facultad de Ingeniería de la República Argentina. Además exponemos los resultados de un cuestionario realizado a sus estudiantes que tiene el propósito de identificar las causas de los posibles obstáculos en la enseñanza y aprendizaje de esos conceptos, y que contiene también información sobre otros aspectos del curso. Se observa un acuerdo de los estudiantes con la metodología empleada, junto con algunas dificultades en el aprendizaje de ciertos temas y en comprender su vinculación con la Ingeniería. El mismo serviría de base para implementar estrategias didácticas o cambios metodológicos que reviertan las mismas, como así también el de brindar aportes que sirvan de referencia para dar iniciativa a posteriores investigaciones.

Palabras Clave— Álgebra Lineal, educación matemática, ingeniería, metodología de enseñanza.

Recibido: 14 de septiembre de 2016. Revisado: 12 de octubre de 2016.
Aceptado: 21 de octubre de 2016.

Linear algebra teaching in a school of engineering: Methodological and didactic aspects

Abstract— In this paper we describe the approach employed to teach the basic concepts related to linear algebra in a course of the Area of Basic Sciences in an Engineering Faculty of Argentina. Besides, we present the results of a questionnaire made for these students that aims to identify the origins of possible obstacles in the teaching and learning of these concepts, and which also contains information about other aspects of the course. An agreement of the students with the methodology employed is observed, together with some difficulties in the learning of particular topics and in understanding their connection with Engineering. This survey could be used to implement teaching strategies and/or methodological changes that may reverse the previous obstacles, as well as to provide input for further research initiatives.

Keywords— Linear Algebra, mathematics education, engineering, teaching methodology.

1. Introducción

En este trabajo nos enfocamos en la enseñanza del Álgebra Lineal en carreras de ingeniería. Los conceptos vinculados a esta rama de las matemáticas se estudian en los cursos básicos de los primeros años de los planes de estudio en esas carreras. Se estudian conceptos tales como vectores, matrices, sistemas de ecuaciones lineales, espacios vectoriales, transformaciones lineales, valores y

vectores propios, y diagonalización de matrices. Estos conceptos, tienen conexión y utilidad para la resolución de diversos problemas en muchas áreas dentro de la matemática y también en otras ciencias e ingeniería. Por ejemplo, los sistemas de ecuaciones lineales, permiten modelar infinidad de problemas reales. Los valores y vectores propios asociados a una matriz o a una transformación lineal, poseen varias aplicaciones prácticas en la ingeniería. Entre ellas, podemos mencionar el estudio de la estabilidad de una estructura y sus frecuencias y modos naturales de vibración, el análisis de la convergencia de métodos numéricos para resolver sistemas de ecuaciones lineales algebraicas, la determinación de los ejes principales de inercia de un cuerpo rígido, la resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales lineales y el estudio de la estabilidad de sistemas de ecuaciones diferenciales generales [1-3]. También tienen aplicación para el estudio de las formas bilineales y cuadráticas y aplicaciones en el Cálculo Infinitesimal como la optimización de funciones de varias variables. Además los conceptos del Álgebra Lineal son esenciales en la Teoría de Control Moderno [4].

En particular en la ingeniería aeronáutica, algunos conceptos del Álgebra Lineal son de importancia para la resolución de inestabilidades geométricas (pandeo), tensor de deformaciones en sólidos: direcciones principales de deformación, tensor velocidad de deformación en fluidos, inestabilidades aeroelásticas dinámicas (“flutter”), estabilidad dinámica de helicópteros, pararotores y autogiros, diseño de sistemas de control, diseño de circuitos electrónicos, estabilidad dinámica longitudinal del avión (modos “fugoide” y “de periodo corto”), inestabilidades dinámicas laterales del avión (“rolido holandés” y otras), entre otras [5].

El aprendizaje del Álgebra Lineal es conocido como dificultoso. Algunas de las causas que se han identificado, se vinculan con su propia naturaleza epistemológica que generalmente presenta los objetos de estudio en forma abstracta y sin vinculación e interpretación física o geométrica, y con el uso de diferentes tipos de lenguajes [6].

Dada esta problemática, varios investigadores desde hace algunas décadas, han propuesto para una mejora en el aprendizaje, apartarse de la abstracción y acercarse a un primer curso de Álgebra

Lineal más concreto basado en matrices. Proponen enfocarse en el espacio R^n en lugar de espacios vectoriales abstractos [7], enfatizando en su geometría, considerando al producto vector-matriz $A \cdot x$ como una combinación lineal de las columnas de A y vinculando las ideas de espacio vectorial y transformaciones lineales con el estudio de sistemas lineales de ecuaciones. Por ello, se formó en 1990 el Linear Algebra Curriculum Study Group (LACSG), conformado por: David Carlson, Charles R. Johnson, David C. Lay y A. Duane Porter, y por otro lado, se conformó un grupo francés integrado por Jean Luc Dorier, Aline Robert, Jacqueline Robinet, Marc Rogalski, Michele Artigue, Marlene Alves Dias, Ghislaine Chartier, un grupo canadiense con Anna Sierpinski y Joel Hillel, y en EEUU Guershon Harel, Ed Dubinsky.

En la misma línea de trabajo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, en la República Argentina (FI-UNLP), un grupo de investigadores-profesores de una asignatura en la que se estudian los contenidos del Álgebra Lineal se encuentra desde hace una década interesados en mejorar su enseñanza y aprendizaje. Se busca que sus estudiantes logren adquirir el dominio conceptual y práctico de los objetos matemáticos involucrados de forma tal que les permita su correcta aplicación en la resolución de problemas en sus especialidades. Con ese propósito, se han desarrollado e implementado diversas estrategias didácticas y metodológicas [8], [9], con el objetivo de acercarse a las ideas que proponen los grupos de investigadores mencionados: un primer curso de Álgebra Lineal cuyo plan de estudios y presentación respondan a las necesidades e intereses de las disciplinas de los estudiantes, orientado a matrices y que aliente el uso de la tecnología [10].

Esas estrategias implementadas han impactado en un mejor rendimiento académico de los estudiantes a lo largo de los últimos años y mayor participación y motivación en las clases. A pesar de ello, se observan dificultades en el aprendizaje de algunos conceptos.

Con el objetivo de trabajar a futuro sobre ello para revertirlas se instrumentó un cuestionario realizado a los estudiantes en el año 2015 y en 2016. Se exponen en este trabajo los resultados encontrados que además pueden servir de referencia a investigadores que actúan en los mismos escenarios de enseñanza.

2. Marco institucional

La investigación propuesta se lleva a cabo en la Facultad de Ingeniería (FI), una de las 17 que nuclea la Universidad Nacional de La Plata en la Provincia de Buenos Aires en la República Argentina. En la institución FI se dictan 12 carreras de ingeniería: Aeronáutica, Agrimensur, Civil, Computación, Mecánica, Electricista, Electromecánica, Electrónica, Industrial, Química, Hidráulica y Materiales. Los contenidos curriculares se distribuyen en 10 semestres y a su vez en Áreas: Ciclo Básico (CB), conformada por las asignaturas de Física, Matemática y Química, común a todas las especialidades (Tabla 1); el Área Tecnológica Básica (TB), el Área Tecnológica Aplicada (TA) y un Área complementaria (CO) específica para cada carrera.

Los cuatro primeros semestres, corresponden al CB, luego las asignaturas de TB y desde el séptimo semestre las asignaturas del área TA y CO.

Tabla 1
Asignaturas del Ciclo Básico.

Año	Semestre	CB
	1°	Matemática A: Cálculo diferencial en una y varias variables. Química General
1°		Matemática B: Cálculo Integral en una y varias variables. Cálculo Vectorial. Series numéricas.
	2°	Ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden. Física I: Mecánica Clásica. Química Inorgánica
	1°	Matemática C: Series de potencias. Desarrollo de Taylor. Álgebra Lineal. Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales ordinarias. Temas de Cálculo Numérico. Probabilidades
2°		Física II: Electricidad, Magnetismo y Electromagnetismo. Ondas. Química Orgánica I
	2°	Matemática D: Cálculo Avanzado Estadística Física III: Óptica Química Orgánica II

Fuente: Los autores.

La asignatura sobre la que se realiza la investigación es Matemática C (MC) que es obligatoria para todas las carreras del CB. MC corresponde al 1° semestre de 2° año en todas las carreras excepto Ingeniería en Computación, que la ubican en el 2° semestre de 2° año, por lo que la mayor parte de los inscriptos del 2° semestre corresponde a estudiantes que han vuelto a cursar ésta o alguna asignatura previa.

Se inscriben en promedio 550 estudiantes en el primer semestre, y entre 330 y 400 estudiantes en el segundo. Los estudiantes inscriptos se distribuyen en comisiones, con aproximadamente 60 a 70 alumnos según las carreras, a cargo de un equipo docente conformado por un profesor, un jefe de trabajos prácticos y dos auxiliares docentes (ayudante diplomado y ayudante estudiante), coordinados por el Profesor Titular. La carga horaria en MC es de nueve horas semanales, distribuidas en tres clases de tres horas cada una.

Los contenidos mínimos de la asignatura son: Series de potencias. Polinomio de Taylor y Serie de Taylor. Sistemas de ecuaciones lineales. Matrices, operaciones con matrices, matriz inversa, determinante, rango. Espacios Vectoriales, bases, dimensión. Números Complejos. Transformaciones Lineales. Valores y vectores propios de una transformación lineal. Diagonalización de matrices. Ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden y sistemas lineales de ecuaciones diferenciales ordinarias. Álgebra Lineal Numérica: Matrices y operaciones relacionadas sobre un computador. Normas vectoriales y matriciales. Número de condición. Sistemas de ecuaciones lineales. Factorización de matrices: LU y Cholesky. Método de Jacobi y Gauss-Seidel.

3. Estrategias y recursos implementados

El principal recurso educativo que los estudiantes utilizan para el estudio de los contenidos en MC es una Guía de Estudio [11] desarrollada por los profesores de la misma. En la Guía se desarrollan los contenidos distribuidos por temas. Cada uno comienza con una introducción que motiva y vincula los conceptos matemáticos con aplicaciones a la geometría, a la física, o a la ingeniería, luego se presentan los conceptos matemáticos teóricos, problemas resueltos, ejercitación para la práctica, preguntas para debatir, problemas para resolver utilizando software matemático y al final de cada capítulo se resumen los conceptos más importantes. La Guía de Estudio, constituye el eje central del aprendizaje, lo direcciona, lo estructura cronológicamente, delimita los contenidos mínimos, los saberes previos y además promueve un aprendizaje de tipo autónomo. También se sugiere la consulta de bibliografía seleccionada que sigue las recomendaciones dadas por el grupo Linear Algebra Curriculum Study Group [12-14].

El estudio de los contenidos en MC se distribuye en dos módulos de 18 clases cada uno, con una evaluación parcial para cada uno de ellos, de características teórico y práctico. El ambiente físico donde se desarrollan las clases tiene un “estilo de equipo” con mesas rectangulares y sillas dispuestas alrededor de cada una, que permite promover la interacción entre los estudiantes. Además por cada mesa, hay una computadora de escritorio disponible para su uso y una pequeña biblioteca con algunos de los libros de texto recomendados.

La metodología de trabajo en las clases tiene una modalidad llamada teórico-práctico, donde no hay espacios, ni horarios establecidos que separen las clases teóricas y las prácticas. Los docentes de cada equipo trabajan conjuntamente en el aula durante las tres horas de cada clase, distribuyendo el tiempo entre explicaciones en el pizarrón, consultas individuales o grupales, propuestas de problemas complementarios a los de la Guía, puestas en común para cerrar un tema y uso de software matemático como herramienta para la resolución de problemas. El profesor de cada equipo, es el que diseña y planifica las clases en acuerdo con las Guía de Estudio y del cronograma que aporta el profesor titular. Además, guía el trabajo de los estudiantes e interviene en las clases cuando así lo considera para generar espacios de discusión y de participación grupal, adaptándose a las necesidades que van surgiendo en el desarrollo de la clase y rediseñando las actividades si es necesario para permitir un uso eficiente del tiempo y de los recursos humanos. De este modo el profesor propiciaría un estilo de aprendizaje activo y centrado en el estudiante [15]. Además fuera de la clase los estudiantes disponen de un aula virtual en la plataforma educativa Moodle administrada por el mismo profesor en la que se presenta material educativo complementario al de la Guía de Estudio, un foro de novedades, un calendario, auto evaluaciones e información general de interés.

Los objetivos generales de MC son los de proporcionar al estudiante las habilidades algebraicas para resolver problemas que surjan en sus áreas de estudio y complementar el desarrollo analítico con los algoritmos numéricos. Establecer las conexiones entre los conceptos básicos de la teoría de espacios

vectoriales y la teoría de sistemas de ecuaciones lineales. Aplicar la teoría de sistemas de ecuaciones lineales como modelo en la resolución de problemas, establecer las conexiones entre la teoría de matrices y la de transformaciones lineales e introducir los conceptos de valor y vector propio aplicados en la resolución de problemas.

Para la enseñanza de Espacios Vectoriales, se comienza estudiando en R^2 y R^3 tratando de recuperar conceptos y vincularlo con la geometría plana y en tres dimensiones, para luego pasar a R^n en detalle y por último, a espacios más generales. Similarmente, se tratan las Transformaciones Lineales, dando importancia a la conceptualización y a las aplicaciones. Los Sistemas Lineales de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias se estudian utilizando los conceptos de valores y vectores propios, y los de Espacio Vectorial y se complementa con diversas actividades de laboratorio con el objetivo de articular los conceptos matemáticos relativos a las ecuaciones ordinarias de segundo orden lineal con los conceptos del Movimiento Armónico Simple y Amortiguado estudiado en Física I [16].

La acreditación de MC se obtiene mediante: promoción directa o promoción por examen final. Para conseguir la aprobación por promoción directa se requiere que el alumno obtenga en cada evaluación parcial (son dos en total) una calificación mayor o igual a cuatro y que el promedio de las calificaciones obtenidas en dichas evaluaciones, sea mayor o igual que seis. Si un alumno no aprueba por promoción directa, pero obtiene una calificación mayor o igual a cuatro en los aspectos prácticos de todas las evaluaciones, obtendrá la aprobación de los Trabajos Prácticos y la habilitación para rendir el Examen Final de la asignatura. Además, con el fin de garantizar una evaluación uniforme en todos los grupos, los enunciados de los exámenes parciales son los mismos para todos.

El porcentaje de estudiantes, respecto del total de inscriptos durante 2015, que promocionó (y entre paréntesis, que aprobó o promocionó) fue de 60% (65%) en el primer semestre y del 51% (58%) en el segundo, pero los mismos ascienden a 87% (95%) y 83% (94%) si se tiene en cuenta sólo aquellos estudiantes que no abandonaron el curso. La gran mayoría de los que abandonan no rinden ningún parcial. Los porcentajes de promocionados han ido aumentando en los últimos años, aunque la relación entre los semestres se mantiene.

4. Metodología de la investigación

La investigación realizada es un estudio de caso, del tipo descriptiva y su propósito es identificar las causas de los posibles obstáculos durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de los conceptos del Álgebra Lineal. Esto serviría de base para implementar cambios metodológicos o didácticos que permitan revertirlos, como así también el dar iniciativa a posteriores investigaciones.

Para ello se decide obtener datos a partir de la opinión de los estudiantes, utilizando un cuestionario como instrumento para la consulta, que se aplica a los que asisten a rendir el segundo módulo de MC en el primer semestre de 2015, en forma voluntaria y anónima. Se repite el experimento durante el año 2016, ante una mejora realizada en las Guías de Estudio para los temas de Sistemas de Ecuaciones Lineales, Matrices y Determinantes,

Espacios Vectoriales y Transformaciones Lineales, a modo de conocer si hay cambios en las respuestas de los estudiantes respecto del año anterior.

El presente cuestionario se diseña con el fin de ampliar la información pública que obtiene periódicamente el Área Académica de FI UNLP como resultado de una serie de preguntas realizadas a todos los estudiantes, en forma obligatoria al finalizar los cursos, que indaga sobre algunas cuestiones académicas generales para cada materia. En la Tabla 2 se muestran las preguntas y sus resultados de 526 encuestados de 585 inscriptos en los cursos de MC en el primer semestre del 2015.

El cuestionario de esta investigación consta de cinco preguntas cerradas con algunas de selección múltiple. Los resultados obtenidos se cargan en tablas de modo de realizar un análisis cuantitativo, a partir de variables estadísticas.

Primero se pregunta sobre cuál es su carrera, con el objetivo de conocer el perfil de los estudiantes encuestados. Luego, se pregunta sobre su “asistencia a clase” pudiendo seleccionar una respuesta entre: “regularmente”, “algunas veces”, “casi nunca” o “nunca”.

Tabla 2.

Resultados de las Encuestas para MC del Primer Semestre de 2015.

¿Cuántas horas cursó esta asignatura semanalmente en la facultad (en número)?

$h < 3$	$3 \leq h \leq 5$	$6 \leq h \leq 8$	$9 \leq h \leq 12$	$h > 12$
16	53	69	350	9

¿Cuántas horas semanales, adicionales a las de cursada, le dedicó a las prácticas de la asignatura (en número)?

$h < 3$	$3 \leq h \leq 5$	$6 \leq h \leq 8$	$9 \leq h \leq 12$	$h > 12$
88	189	108	73	25

¿Cuántas horas semanales, adicionales a las de cursada, le dedicó al estudio de la asignatura (en número)?

$h < 3$	$3 \leq h \leq 5$	$6 \leq h \leq 8$	$9 \leq h \leq 12$	$h > 12$
154	182	67	51	28

¿Cuántas veces se anotó para cursar esta materia?

1 vez	2 veces	3 o más veces
376	78	72

A su entender, ¿se desarrollaron en clase todos los contenidos de la asignatura?

Sí	No	Ns/Nc
401	45	80

¿Sintió que le faltó conocimiento previo para el cursado de esta asignatura?

Sí	No	Ns/Nc
93	361	72

¿Considera que los contenidos vistos en esta asignatura ya los había estudiado en otra (repetidos)?

Sí	No	Ns/Nc
62	386	78

¿Cómo califica la planificación y organización global de la cátedra?

Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Ns/Nc
92	167	160	30	11	66

¿Cómo considera el nivel de exigencia de las evaluaciones parciales en relación a los contenidos impartidos?

Alto	Razonable	Bajo	Ns/Nc
59	385	11	71

En función del nivel de exigencia, considera que la corrección fue:

Acorde	No Acorde	Ns/Nc
421	25	80

¿Cuál o cuáles de los siguientes medios complementarios de comunicación utiliza la cátedra?

Siu-Guaraní	Web de la Cátedra	Moodle	e-Mail	Otra	Ninguna
130	160	199	133	42	60

Fuente: [17]

Tabla 3.

Pregunta 3.

Aspecto	1(menor) a 5(mayor)
La organización/distribución de los temas durante el curso	
La Guía de Estudio	
La información en la página web de la cátedra	
Cantidad de horas de cursada	
Evaluaciones acordes a los contenidos	

Fuente: Los autores.

Tabla 4.

Pregunta 4.

Actividad dentro del aula	Porcentaje
Exposición del profesor	
Consultas e interacción con los docentes	
Trabajo en grupo con mis compañeros	
Trabajo individual	
Suma	100%

Fuente: Los autores.

La tercera pregunta busca conocer la opinión de los estudiantes sobre algunos aspectos vinculados con la metodología, la organización de los cursos en MC, las Guías de Estudio, las evaluaciones y la cantidad de horas de cursada. Es de respuesta cerrada, y se les solicita que manifiesten su grado de acuerdo en una escala de 1 (menor) a 5 (mayor) (según la escala de Likert) para cada uno de los aspectos que se les presentan en una tabla, según consideran beneficiaron su aprendizaje (Tabla 3).

La cuarta pregunta busca investigar sobre las preferencias de los estudiantes acerca de la organización y distribución de las diversas tareas y actividades desarrolladas en las clases teórico-prácticas por el profesor y su equipo docente. Se les presenta una tabla donde se listan actividades áulicas y se solicita le asignen una parte porcentual de un total de 100% a cada una de ellas (Tabla 4).

Por último, la quinta pregunta indaga sobre la enseñanza y aprendizaje de los contenidos de la asignatura. Para ello se decide agruparlos en ocho temas: Series de Potencias y de Taylor (SPyT); Sistemas de Ecuaciones Lineales (SEL); Matrices, operaciones y determinante (MD); Espacios Vectoriales (EV); Transformaciones Lineales (TL); Valores y Vectores Propios, y Diagonalización (A); Ecuaciones Diferenciales (ED) y Cálculo Numérico (CN), y para cada tema se presenta en una tabla de doble entrada una serie de afirmaciones:

- “Tuve muchas dificultades en su aprendizaje” (Df)
- “Le dediqué poco tiempo a su estudio” (Pt)
- “Comprendí el modo en que el profesor lo enseñó” (Cp)
- “Comprendí el modo en que está desarrollado en la Guía” (Cg)
- “Me faltaron conocimientos previos para su estudio” (Fc)
- “Es muy abstracto” (Ab)
- “Son muchos conceptos nuevos” (Cn)
- “Lo vinculé con la física y la ingeniería y le di un significado” (Fi)
- “Se estudió en poco tiempo” (Et)

en la que se solicita a los estudiantes que seleccionen con un tilde las que consideren, pudiendo elegir más de una para cada tema.

5. Resultados y análisis

El cuestionario fue respondido voluntariamente en forma anónima por 139 estudiantes durante el primer semestre del año 2015, y por 156 durante el primer semestre del año 2016, de entre 19 y 21 años de edad.

En la Fig. 1 se discrimina en porcentaje de cuáles carreras resultaron ser los estudiantes que respondieron el cuestionario. Predominando la cantidad de estudiantes de Ing. Química e Ing. Industrial, y en menor medida los estudiantes de las carreras Ing. en Materiales, Ing. Hidráulica e Ing. en Computación e Ing. Electricista que son las carreras con menor matrícula de ingreso.

En relación a la segunda pregunta, que indaga por la asistencia a las clases teórico-prácticas de carácter no obligatorio, se encontró que más del 75% de los estudiantes asisten regularmente, lo que revela la importancia que le conceden ellos a las mismas. El porcentaje de estudiantes que asistió “nunca” o “casi nunca” no supera el 10% del total (Fig. 2).

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos. Para cada aspecto se expone el porcentaje de estudiantes que seleccionó tal valoración según la escala dada (1 menor - 5 mayor). Se observa que en relación a la “Organización/distribución de los temas durante el curso” el

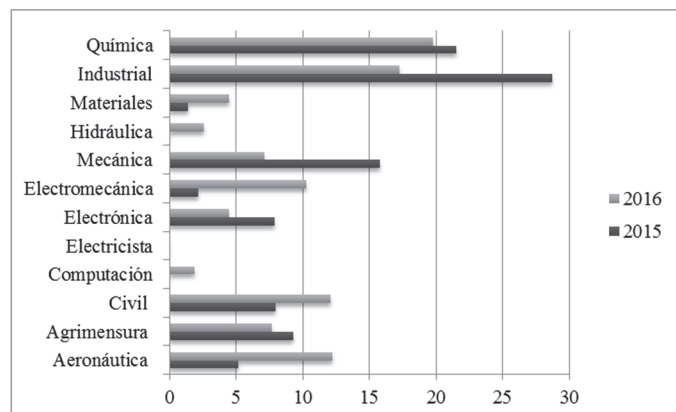


Figura 1. Porcentaje de estudiantes que responden el cuestionario según la carrera.

Fuente: Los autores.

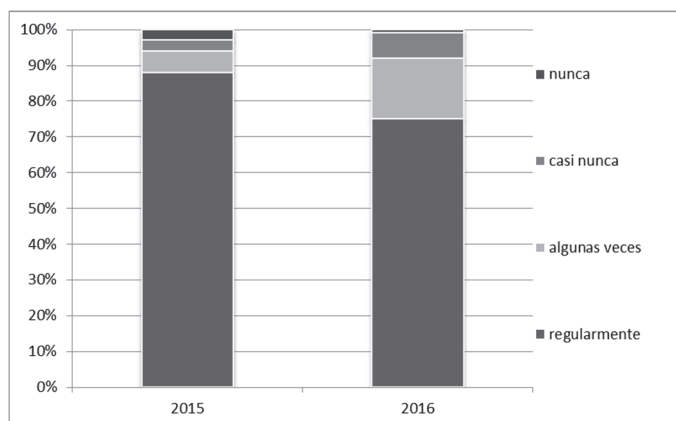


Figura 2. Asistencia a clase. Porcentajes. Años 2015 y 2016.

Fuente: Los autores.

Tabla 5.

Porcentajes de valoración (1 menor – 5 mayor) para cada año.

Aspecto	Escala				
	1 (menor) – 5 (mayor)				
	2015-2016				
	1	2	3	4	5
Organización/distribución de los temas durante el curso	0-1	4-7	10-22	44-36	42-34
La Guía de Estudio	6-8	21-18	32-28	28-31	14-15
La información en la página web de la cátedra	22-12	13-15	15-27	25-20	24-27
Cantidad de horas de cursada	1-3	4-4	14-28	22-22	60-43
Evaluaciones acordes a los contenidos	1-1	2-4	9-10	23-31	65-54

Fuente: Los autores.

Tabla 6.

Porcentajes promedio que otorgan los estudiantes a cada una de las actividades en el aula.

Actividad dentro del aula	2015	2016
Exposición del profesor	34	29
Consultas e interacción con los docentes	29	30
Trabajo en grupo con mis compañeros	21	20
Trabajo individual	16	21
Total (%)	100	100

Fuente: Los autores.

86% lo valoran positivamente (escala 4 y 5) durante el año 2015 y 70% durante el 2016. Esto es comparable con los resultados que se muestran en la Tabla 2, a la pregunta ¿Cómo califica la planificación y organización global de la cátedra? en la que el 79% la valora “Buena” o superior. Así mismo las “Evaluaciones acordes a los contenidos” es bien valorada (escala 4 y 5) por el 88% de los estudiantes durante el 2015 y por el 85% en el 2016, en forma similar al 84% que se observa en la Tabla 2 para “Razonable” y “Alto” a la pregunta ¿Cómo considera el nivel de exigencia de las evaluaciones parciales en relación a los contenidos impartidos? En relación a la “Cantidad de horas de cursada” el 82% lo valoran positivamente (escala 4 y 5) en el 2015, mientras que durante el 2016 sólo el 67%. En relación a la valoración asignada por los estudiantes al aspecto la “Guía de Estudio” se concentra entre las valoraciones 3 y 4. Menos valorado es “La información en la página web de la cátedra”.

En relación a la cuarta pregunta que indaga sobre la preferencia de los estudiantes en relación a la organización y distribución de las actividades vinculadas al proceso de estudio en una clase se encuentran los resultados que se muestran en la Tabla 6. Se observa que los estudiantes prefieren (en promedio) destinar cerca del 60% del tiempo total de una clase repartido entre las exposiciones del profesor y las consultas e interacción con los docentes, y el resto, entre el trabajo en grupo con sus compañeros y el trabajo individual.

En relación a la última pregunta, en la que se indaga sobre algunos aspectos en relación a la enseñanza y aprendizaje de los contenidos de MC se realizaron las siguientes consideraciones a los efectos de realizar un análisis y comparar el fenómeno de estudio entre los años 2015 y 2016. Dado que la cantidad de estudiantes

Tabla 7.
Frecuencias marginales para cada tema.

	2015 - 2016							
	SPyT	SEL	MD	EV	TL	A	ED	CN
Df	10-20	1-2	1-4	1-13	10-17	3-6	10-10	5-5
Pt	7-10	11-4	9-7	9-11	11-11	8-8	8-7	15-21
Cp	20-21	32-43	31-36	31-22	23-21	29-35	23-29	21-26
Cg	10-12	26-33	26-32	26-16	15-17	23-28	15-23	15-22
Fc	4-6	3-0	3-2	3-2	6-2	3-1	4-3	5-1
Ab	12-13	3-3	7-6	7-19	12-12	12-7	7-6	12-7
Cn	10-4	2-1	7-5	7-7	11-8	9-7	6-8	8-4
Fi	20-2	14-10	11-4	11-3	6-3	8-3	19-8	6-2
Et	7-12	7-4	5-4	5-7	7-9	5-5	8-6	13-12
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Los autores.

que respondieron el cuestionario en ambos años no es la misma y además cada estudiante tenía la posibilidad de seleccionar más de una afirmación para cada tema, se decide organizar los resultados en una tabla de contingencia en las que se calcularon las frecuencias relativas marginales por temas (Tabla 7).

Se observa que para todos los temas, las afirmaciones “Comprendí el modo en que el profesor lo enseñó” (Cp) y “Comprendí el modo en que está desarrollado en la Guía” (Cg) fueron las más seleccionadas por los estudiantes (presentan las mayores frecuencias). En particular para la afirmación Cg, comparando los valores para el 2015 y el 2016, se observa un leve aumento en los porcentajes para los temas SEL, MD y TL. Esto indicaría que las mejoras realizadas en la Guía de Estudio para esos temas son positivas.

La afirmación “Tuve muchas dificultades en su aprendizaje” (Df) encuentra sus mayores porcentajes de selección para los temas SPyT, EV, TL y ED. Los temas SEL, MD y A son los que presentarían menos dificultades a los estudiantes. En relación a “Le dediqué poco tiempo a su estudio” (Pt) se observa que el tema CN es el más seleccionado. Esto podría deberse a que es el que se estudia al final del curso.

Para la afirmación “Me faltaron conocimientos previos para su estudio” las frecuencias observadas son muy bajas en ambos años, y además menores al 17% que se observa en la Tabla 2, que contestaron “sí” a la pregunta (del mismo tenor): ¿Sintió que le faltó conocimiento previo para el cursado de esta asignatura?

En referencia a la afirmación “Es muy abstracto”, para ambos años se destacan los temas SPyT, EV, TL y ED. El tema TL es el más seleccionado en ambos años para la afirmación “Son muchos conceptos nuevos”. Para la afirmación “Lo vinculé con la física y la ingeniería y le di un significado”, los temas de SPyT, SEL y ED fueron los más seleccionados durante 2015, y durante el 2016, los temas SEL y ED. Los temas CN, SPyT y TL son los más seleccionados en relación a “Se estudió en poco tiempo”.

6. Conclusiones

En este trabajo se describieron aspectos metodológicos y didácticos con que se desarrollan los cursos en los que se estudian los conceptos del Álgebra Lineal en una Facultad de Ingeniería y se mencionó la importancia de los contenidos de

esa rama de la Matemática para estudiantes en esas carreras como así también las dificultades que presentan su enseñanza y aprendizaje. Además se presentaron los resultados de un cuestionario realizado a los estudiantes que cursaron durante el primer semestre del 2015 y el primer semestre del 2016, que tenía como propósito identificar las causas de los posibles obstáculos durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de los conceptos del Álgebra Lineal. Por un lado, se obtuvo que los estudiantes concuerdan en varios aspectos metodológicos, didácticos y de organización de los cursos, como son las evaluaciones, la cantidad de horas de cátedra, la buena comprensión de la Guía de Estudio y de los profesores para el estudio de los temas. Estas cuestiones en conjunto, sumado al alto índice de asistencia a las clases, se reflejan en el alto rendimiento académico de los estudiantes, con un gran porcentaje de aprobación, que se conserva en los últimos años. También los estudiantes manifestaron acerca de las actividades en el aula, prefiriendo repartirlas entre explicaciones del profesor e interacción con sus compañeros y docentes del equipo, lo que indicaría una actitud activa de los estudiantes que es propiciada por el modo de enseñanza de estilo teórico-práctico que tienen los cursos de Matemática C. En relación a la enseñanza y aprendizaje de los conceptos del Álgebra Lineal los estudiantes manifiestan que tuvieron dificultades con algunos temas, que algunos son “muy abstractos” y que necesitarían “más tiempo para su estudio”, sobre todo para los temas de Series de Potencias y Taylor, Espacios Vectoriales y Transformaciones Lineales. Estas dificultades no se deberían a la falta de “conocimientos previos”, sino que radicarían principalmente en que tienen “muchos conceptos nuevos”. Por último cabe mencionar que si bien la Guía de Estudio presenta múltiples ejemplos y aplicaciones del Álgebra Lineal a la Ingeniería y a la Física, igualmente los estudiantes muestran dificultades en vincular los conceptos estudiados con esas disciplinas, siendo este uno de los puntos a mejorar en el futuro.

Referencias

- [1] Thomson, W., Theory of vibration with applications. New Jersey: Prentice Hall, 1993.
- [2] Henry, R., Ecuaciones diferenciales: Una introducción moderna. Editorial: Reverte, 2008.
- [3] Penney, D.E., Edwards, C.H., Ecuaciones diferenciales. Pearson Educación, 2008.
- [4] Amato, F., Robust control of linear systems subject to uncertain time-varying parameters. Berlín: Springer, vol. 325, 2006.
- [5] Costa, V.A., et al., Enseñanza del álgebra lineal para alumnos de ingeniería aeronáutica: Experiencia motivadora, en Congreso Mundial y Exposición, Ingeniería 2010. Buenos Aires, 2010.
- [6] Oktaç, A. y Trigueros, M., ¿Cómo se aprenden los conceptos de álgebra lineal?, Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 13, pp. 4-11, 2010.
- [7] Carlson, D., Johnson, C.R., Lay, D.C. and Porter, A.D., The linear algebra curriculum study group recommendations for the first course in linear algebra, The College Mathematics Journal, 24(1), pp. 41-46, 1993.
- [8] Costa, V.A. y Vacchino, M.C., La enseñanza y aprendizaje del Álgebra lineal en la Facultad de Ingeniería, UNLP, en Congreso Chileno de Educación en Ingeniería, Chile, 2007.
- [9] Costa, V.A. y Justo, C.E., El álgebra lineal en la resolución de problemas altimétricos de topografía, en Encuentro Educación Matemática en Carreras de Ingeniería, Argentina, 2015.

- [10] Harel, G., The linear algebra curriculum study group recommendations: Moving beyond concept definition, MAA NOTES, pp. 107-126, 1997.
 - [11] Guía de Estudio. (2015). [Online]. Disponible: <http://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/F0304/>
 - [12] Grossman, S.I., Algebra Lineal. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
 - [13] Poole, D., Álgebra lineal: Una introducción moderna. México D.F.: Cengage Learning, 2011.
 - [14] Lay, D.C., Algebra lineal y sus aplicaciones. México: Pearson Educación, 2007.
 - [15] Silberman, M., Aprendizaje activo: 101 estrategias para enseñar cualquier tema. México: Editorial Pax., 2005.
 - [16] Costa, V.A., Torroba P. y Devece. E., Articulación en la enseñanza en carreras de ingeniería: el movimiento armónico simple y las ecuaciones diferenciales de segundo orden lineal, Latin-American Journal of Physics Education, 7(3), septiembre, 2013.
 - [17] Encuestas de la Facultad de Ingeniería. (2015). [Online] Disponible: <http://www.ing.unlp.edu.ar/sitio/encuestas/02sem15/default.php>
- V.A. Costa**, recibió el título de Lic. en Matemática en 1989 por la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, MSc. en Simulación Numérica y Control en 2002 por la Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina y el título de Dr. en Enseñanza de las Ciencias en 2013 por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Desde el año 1986 se ha desempeñado como docente en diversos cursos de Matemática en Facultades de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Sus intereses investigativos incluyen: control de sistemas dinámicos y educación en ciencias. Actualmente es profesor con dedicación exclusiva en la Facultad de Ingeniería de la UNLP en la cátedra de Matemática C y Coordinador de la Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia: "Investigación en Metodologías Alternativas para la enseñanza de las Ciencias" (IMApEC).
ORCID: 0000-0003-1782-5378
- R. Rossignoli**, recibió el título de Lic. en Física en 1983 y el de Dr. en Física en 1987, ambos por la Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Sus temas de investigación son: Mecánica Cuántica Teórica e Información Cuántica. Actualmente es profesor titular de Matemática C en la Facultad de Ingeniería, profesor del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas, ambas de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, e Investigador Científico de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).
ORCID: 0000-0003-3827-2274

Aplicación de force concept inventory en América Latina para la evaluación de la comprensión de los conceptos básicos de mecánica a nivel universitario

Irina Artamónova ^a, Julio César Mosquera-Mosquera ^a & José Daniel Mosquera-Artamónov ^b

a Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia, artiri@gmail.com, jcmosquera@uniquindio.edu.co

b Posgrado en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, xoce15@ingenieros.com

Resumen— La baja comprensión de los conceptos básicos de la mecánica newtoniana dificulta el desempeño de los estudiantes universitarios, tanto en cursos de mecánica como en los cursos subsiguientes que exigen el uso de tales conceptos fundamentales. En este artículo se utiliza la información de varias investigaciones realizadas en América Latina, Estados Unidos y España en ambientes universitarios en los cuales se utilizó el test Force Concept Inventory para la evaluación de la comprensión de los conceptos básicos de la mecánica newtoniana. Se muestra una forma fácil de comparar los resultados promedios de varios grupos en pre-test, post-test y la eficiencia didáctica del curso con otros grupos incluso con otras universidades de otros países. Este artículo ofrece, a la comunidad de educadores latinoamericanos, un marco teórico propio para hacer comparaciones entre diferentes propuestas pedagógicas, lo que permite el mejoramiento de planes de estudio y la evaluación de necesidad de cambios curriculares.

Palabras Clave— enseñanza de la física, técnicas de evaluación, test FCI, test conceptuales, mecánica newtoniana.

Recibido: 16 agosto de 2016. Revisado: 20 de septiembre de 2016. Aceptado: 6 de octubre de 2016.

Application of force concept inventory in Latin America for evaluation the understanding of the basic concepts of mechanics at the university level

Abstract—The low understanding of these issues hinders the students' performance in mechanics university's courses as well in subsequent courses that require the use of such fundamental concepts. Using information from various investigations in Latin America, USA and Spain in university environments in which the test Force Concept Inventory for assessment of understanding of the basic concepts of Newtonian mechanics were used. This article offers to Latin American educator's community, its own theoretical framework to evaluate the efficiency of the methodology used in Physics teaching - learning process and to make comparisons between different teaching methodologies, enabling the curricula improvement and assessment of the needs of curricular changes. This theoretical framework based on research conducted in Latin America university environments. On these researches the Force Concept Inventory test were used, which allows not only knowing the scores achieved by students in pre-test and post-test but the course teaching efficiency.

Keywords— research in physics education, techniques of testing; test FCI, conceptual test, Newtonian mechanics

1. Introducción

El proceso enseñanza – aprendizaje de la física a nivel universitario está acompañado de serias dificultades conceptuales. Los estudios realizados evidencian que conceptos físicos como masa [1], fuerza [2-6], inercia [7] y en general conceptos ligados a la concepción de las leyes de Newton, que son el fundamento de la física mecánica, no son bien asimilados por los estudiantes. La baja comprensión de estos temas dificulta el desempeño de los estudiantes de diferentes carreras de ciencias o de ingenierías [1,8-10]. Las dificultades se presentan tanto en cursos de mecánica como en los cursos subsiguientes que exigen el uso de tales conceptos fundamentales. Existen pruebas surgidas de investigaciones que los alumnos que han hecho la experiencia de la resolución de problemas cualitativos resuelven con más facilidad los problemas cuantitativos, que aquellos que han pasado más tiempo resolviendo los problemas tradicionales [11,12]. Los errores conceptuales son persistentes en todos los niveles de formación y son difíciles de erradicar [13]. En muchos casos no es posible continuar la formación de los estudiantes en una carrera determinada, lo cual conduce a problemas de deserción estudiantil. Muchos docentes se dedican a buscar que los estudiantes desarrollen habilidades matemáticas en la resolución de problemas extraídos de fenómenos físicos de la mecánica, y poco enfatizan en el desarrollo conceptual del alumno. El estudio de Aguilar y Durán [14] en diferentes carreras de ingenierías de la Universidad Industrial de Santander de Colombia *corrobora los resultados encontrados en contextos diferentes al de educación en ingeniería, pero relacionados con el aprendizaje de la física, donde se sugiere la existencia de una relación de dependencia entre el contenido (dominio conceptual) y el nivel cognitivo (competencia) desarrollado por los estudiantes*". El análisis multidimensional realizado en la investigación de Kahan [15] ha demostrado que los resultados de los parciales del segundo semestre están fuertemente correlacionados con el aprendizaje de los

Como citar este artículo: Artamónova, I., Mosquera-Mosquera, J. C. & Mosquera-Artamónov, J. D.. Aplicación de force concept inventory en América Latina para la evaluación de la comprensión de los conceptos básicos de mecánica a nivel universitario. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 56-63, Febrero, 2017.

conceptos básicos de mecánica involucrados, demostrando la importancia del aprendizaje conceptual de la física. Pese a la importancia de aprendizaje conceptual las evaluaciones típicas en los cursos de mecánica en algunas universidades no miden el desarrollo conceptual de los estudiantes si no su capacidad en resolver problemas, lo que genera un vacío en el proceso enseñanza – aprendizaje.

En Estados Unidos en los años 90 fueron diseñadas varias pruebas para evaluar el manejo de los conceptos básicos de mecánica newtoniana por los estudiantes universitarios. Una de estas pruebas es el test denominado Force Concept Inventory (FCI) – que es un Cuestionario Sobre el Concepto de Fuerza publicado en 1992 por David Hestenes, Malcolm Wells y Gregg Swackhamer [16]. Este test tuvo un gran reconocimiento en el ámbito de la investigación educativa relacionada con la enseñanza de la Física y en particular de la Mecánica en Estados Unidos. Versiones del FCI (1995) fueron traducidas a diversas lenguas con la intención de facilitar su difusión en otras culturas y países. Con la estimación de Hestenes y Halloun [17] el test FCI fue aplicado a 10000 alumnos y por más de 100 profesores. Hake [18] en su artículo habla de una aplicación del test a 6542 estudiantes. Cronch y Mazur [19] aplicaron este test a una población de 1624 alumnos con una metodología de enseñanza denominada *Peer Instruction*. En las investigaciones de Henderson [20] el test se aplicó a una población de 2178 alumnos. Cabalero y otros [21] aplicaron FCI a 5000 estudiantes. Fagen, Crouch y Mazur [22] dicen que más de 500 profesores que aplicaron la metodología *Peer Instruction* administraron FCI en sus cursos para evaluar los resultados de los estudiantes.

Para el año 2008 Covián y Celemin hacen un análisis de la utilización del test FCI en España [23], donde se aplicó la versión del test FCI traducida al español por Celemin y que contenía 29 preguntas en total en años anteriores. En esta investigación fueron encuestados 1300 alumnos en el periodo comprendido entre los cursos 1992-1993 y 2000-2001 en 7 distintas universidades de España. De esta forma el test FCI se convirtió en la herramienta más utilizada para determinar los conocimientos de los estudiantes y para evaluación de la eficiencia didáctica de diferentes cursos y metodologías en temas de Mecánica Newtoniana. Actualmente se pueden encontrar versiones del test FCI en la página web de American Modeling Teachers Association en inglés, español, alemán, francés, italiano, y en total en 21 idiomas (<http://modelinginstruction.org/researchers/evaluation-instruments/fci-and-mbt>). Gracias a estas numerosas investigaciones es posible evaluar simultáneamente diferentes propuestas académicas tomando como base el desarrollo conceptual de los educandos.

2. Aplicaciones del test FCI

2.1. Determinar el nivel de conocimientos de Mecánica

En este caso el porcentaje de respuestas correctas del test FCI que se calcula para cada estudiante constituye una medida válida del nivel de conocimientos de Mecánica (Hestenes et al., [16]; Hake, [18]; Henderson, [20]). Este porcentaje se calcula

tanto al principio (% <pre >), como al final del curso de mecánica (% <post >). Para Hestenes y Halloun [17] un nivel mínimo de conocimientos y de comprensión de la Mecánica válido se sitúa en el 60% de respuestas correctas del FCI (18 respuestas correctas de 30 preguntas); el nivel exigido en el contexto español se considera situado en el 50% (15 respuestas correctas de 30 preguntas) (Covián y Celemin, [23]). Hestenes y Halloun [17] proponen que el límite a partir del cual se da un nivel de conocimientos y de comprensión de la Mecánica comparable a la concepción newtoniana (nivel de master) se sitúa en el 85% de respuestas correctas del FCI (25,5 en promedio de respuestas correctas de 30 preguntas).

2.2. Calcular la ganancia individual de aprendizaje (factor g de Hake)

Es usual que el grupo de entrada a un determinado curso sea muy heterogéneo y en general así mismo son los resultados finales. Si se realizan dos pruebas, una antes de dictar el tema y otra después que el tema ya ha sido presentado a los estudiantes, sus resultados se reportan como un valor de g de Hake que es un número denominado “ganancia normalizada” y que es la razón del aumento entre una prueba preliminar (pre) y un prueba final (post) respecto del máximo aumento posible (ec. (1)):

$$g = \frac{\% < \text{post} > - \% < \text{pre} >}{100\% - \% < \text{pre} >} \quad (1)$$

Utilizar la ganancia normalizada permite evaluar el progreso de cada estudiante evitando el problema de comparar entre estudiantes que empiezan un curso mejor preparados que otros. Tal información sirve para elaborar planes de complemento didáctico para aquellos estudiantes que aunque no han alcanzado un alto nivel de conocimientos, si están mejor motivados para continuar la profundización en la temática estudiada.

Hake [18] considera tres rangos de *ganancia normalizada*:

- g alto – Cuando el resultado obtenido para g es $g > 0,7$;
- g medio – Cuando el resultado obtenido para g está en el rango $0,3 < g < 0,7$;
- g bajo – Cuando el resultado obtenido para g es $g < 0,3$.

2.3. Calcular la eficiencia didáctica del curso

La Eficiencia didáctica (ec. (2)) es definida por Covián y Celemin [23] como “el incremento relativo de respuestas correctas entre la primera y la segunda aplicaciones del FCI, respecto de la mayor mejora posible, o eficiencia didáctica, que representa la influencia del proceso enseñanza-aprendizaje en el nivel de conocimiento de la percepción newtoniana.

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia didáctica} &= \bar{\Delta}_{rel} B = \\ &= \frac{\bar{B}_2^{\text{aplic del FCI}} - \bar{B}_1^{\text{aplic del FCI}}}{100 - \bar{B}_1^{\text{aplic del FCI}}}, \% \end{aligned} \quad (2)$$

El valor B aquí es la media del porcentaje de respuestas correctas del FCI para todo el grupo en Pre-test o Post-test.

La eficiencia didáctica promedia en poblaciones estadounidenses para cursos con metodología tradicional de aprendizaje fue de 23% y para los cursos con metodología interactiva de aprendizaje fue de 48% (Hake, [18]). Es claro que este factor no busca evaluar al alumno mismo, sino más bien el proceso enseñanza – aprendizaje y las estrategias didácticas del docente.

3. El objetivo y la metodología de investigación

El objetivo de la presente investigación fue recolectar los resultados de aplicación del test FCI en diferentes grupos de estudiantes de ingenierías o de ciencias, incluso en diferentes países y hacer una hipótesis sobre la relación entre los resultados promedios de pre-test FCI y los resultados promedios de post-test FCI para un grupo de estudiantes en un caso concreto. Ya que el test FCI es ampliamente utilizado, incluso en diferentes países durante los últimos 30 años, esto permite hacer una sola gráfica para muestras de diferentes países donde el test FCI fue aplicado a nivel universitario y hacer ciertas inferencias sobre la información de los Pre-Test, Post-Test y la eficiencia didáctica al mismo tiempo. Se hace énfasis en la propuesta pedagógica que fue empleada en cada grupo de estudiantes con el propósito de resaltar las metodologías más exitosas desarrolladas por los docentes. Todo esto con el propósito a ayudar a cada docente, después de aplicar el test FCI, evaluar qué tan bien resultó el proceso de aprendizaje de los conceptos básicos de mecánica, ya que simultáneamente con el análisis de los resultados de Post –Test FCI se puede revisar la eficiencia didáctica del curso y comparar con los resultados obtenidos en otros grupos en otros lugares.

3. Análisis de resultados de investigaciones en América Latina

En la Fig. 1 se presenta gráficamente la relación existente entre los promedios de Post-test FCI para diferentes grupos de estudiantes de diferentes países, respecto a los promedios del Pre-test FCI. Mayor información sobre cada grupo se puede obtener de la Tabla 1, y de las referencias bibliográficas que están en la primera columna de esta misma tabla. La información relacionada con Estados Unidos fue tomada de la tabla 3 de Covián y Celemin ([23], p.28).

Se puede observar que todos los grupos pueden ser divididos en sub-grupos de acuerdo al promedio del Pre-test que se obtuvo. Cada sub-grupo está encerrado en una elipse. La línea roja representa casos cuando el promedio en Post- test es estadísticamente el mismo que en Pre-test, lo que indica que no hubo aprendizaje conceptual y lo cual se refleja en valores g de Hake iguales a cero. Línea verde corresponde a la ec. (3):

$$\text{Post-test} = 0,7 * \text{Pre-test FCI} + 30 \quad (3)$$

Esta línea verde representa los casos cuando la eficiencia didáctica es igual a 30%, con lo cual los puntos que están en

medio de las líneas roja y verde con eficiencia didáctica $0\% < g < 30\%$, son casos considerados como de eficiencia didáctica baja. Línea azul representa la eficiencia didáctica igual a 70% y corresponde a la ec. (4):

$$\text{Post-test} = 0,3 * \text{Pre-test FCI} + 70 \quad (4)$$

Los puntos que están entre la línea azul y verde son grupos con la eficiencia didáctica media. Y los grupos de eficiencia didáctica alta estarían por encima de la línea azul (Fig.1).

En el primer grupo señalado en la gráfica con la elipse de la izquierda (Fig. 1), los promedios de Pre-test FCI varían entre 18,8% y 27,7%. En este grupo la mayoría de los estudiantes no tienen conocimientos de mecánica newtoniana o respondieron el test FCI de forma aleatoria. En muchas universidades no hay elección de los estudiantes que ingresan a una carrera por sus conocimientos en física, si no que tienen otros criterios de ingreso. En este primer grupo en Post-test FCI los promedios que alcanzan los estudiantes varían desde 26,5% hasta 59,7%. En total la variación es alrededor de 33,2%. Los promedios más bajos en Post-test FCI corresponden a los grupos de control donde fue aplicada la metodología tradicional de aprendizaje por recepción- transmisión de conocimientos en Argentina, Colombia y México. Muchos cuadrados rojos corresponden a una sola universidad en Colombia pero a diferentes programas y metodologías aplicadas en la Universidad del Quindío. Solo un grupo de Colombia de esta categoría de “novatos” está por encima de la línea verde que significa que obtuvo la eficiencia didáctica mayor de 30%, este fue el grupo donde fue aplicada la metodología 4MAT (Artamónova, [24]).

Igualmente se observan dos círculos para Argentina (Mercado, [25]), uno corresponde a metodología tradicional y otro con el promedio 51,0% de Post-test FCI a metodología experimental que alcanzaron los estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis de Argentina [25]. La metodología experimental aplicada en esta universidad fue nombrada IDEA (Beichner, [26]) y consiste en los siguientes pasos: Informarse / Desarrollar un Plan / Ejecutar el plan / Aprender de sus esfuerzos. La estrategia IDEA se implementó en un marco de aprendizaje colaborativo (Panitz, [27]) donde se desarrolló la interacción entre los compañeros de clase. Esta es una herramienta de gran valor pedagógico basada en discusiones grupales que aceleran el intercambio de argumentos y razonamientos hasta alcanzar el consenso necesario. Los problemas para resolver en el grupo con IDEA eran de los problemas “ricos en contexto”.

Los problemas ricos en contexto (Heller, [28,29]) presentan algunos rasgos particulares: son fundamentalmente relacionados con las situaciones cotidianas; no son fáciles de resolver de manera individual. Por lo general, tienen o exceso o insuficiencia de información, así como pasa con los problemas reales. Adicionalmente éstos contienen palabras como “usted” para que el estudiante pueda sentirse implicado en el problema. El resultado de esta metodología es que los estudiantes puedan resolver más problemas difíciles que los estudiantes con el enfoque tradicional y parecen mejorar las habilidades de razonamiento y desarrollar una profunda comprensión de los conceptos y principios (Leonard, [30]).

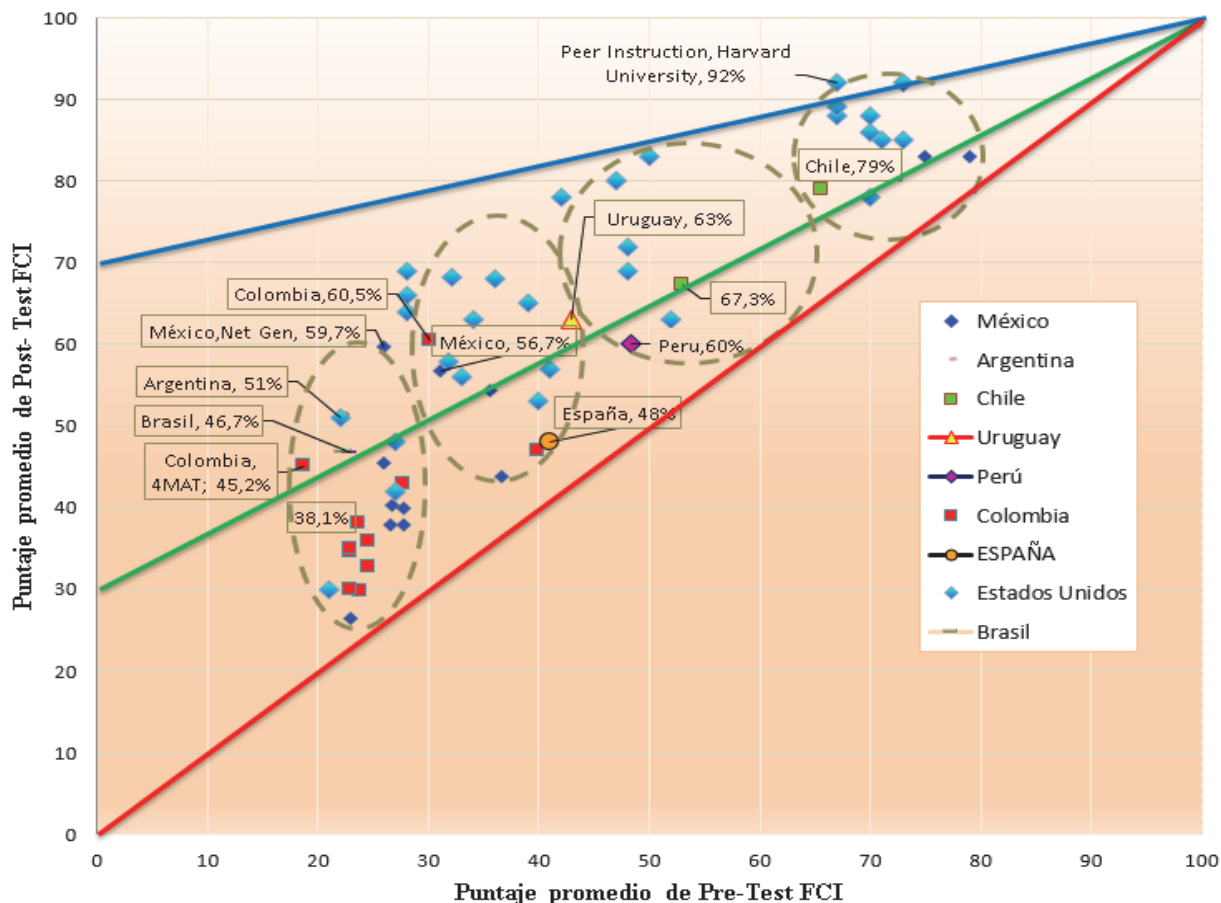


Figura 1. Relación Pre-test FCI - Post-test FCI para diferentes grupos de estudiantes de diferentes países.

Fuente: Los autores.

Los estudiantes de licenciatura en Química de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná de Brasil (Goya y Laburú, [31]) lograron llegar a 46,9% en Post-test FCI. La metodología utilizada en esta universidad fue – actividad de investigación multimodal representacional – AIM. En la práctica de la enseñanza de las ciencias, esto equivale a someter a los estudiantes a modos diferentes de representación, ya sea oral, gráficos, tablas, figurativa, esquemática, fotográfica, analógica, metafóricas, kinestésica como experimentos (3-D), modelos (3-D) y los gestos, representaciones matemáticas, filmicas, entre otros. Para desarrollar una actividad de investigación multimodal (AIM) podrían unirse la autonomía de la metodología de la investigación con el aprendizaje a profundización multimodal y múltiples representaciones (Laburú, [32]). Los procedimientos consistieron en momentos o pasos flexibles de la siguiente presentación: I) Fenómeno; II) Problema; III) Hipótesis; IV) Plan de Trabajo; V) Análisis; Vi) Conclusión; VII) Comunicación de los resultados a través de forma multimodal y de múltiples representaciones. Entendiendo la comunicación de los resultados como un paso adicional a la “Conclusión”, de modo que el grupo de estudiantes después de resolver un problema complementa la fijación del aprendizaje a través de la comunicación de los resultados a otros grupos. La mayoría de los estudiantes con los cuales se utilizó AIM considera la actividad de investigación

multimodal (AIM) mejor que la enseñanza tradicional, sobre todo en la motivación y comprensión de los contenidos [31].

Otro grupo de los estudiantes de Programa de Química de la Universidad del Quindío de Colombia logró llegar a 45,2% en Post test FCI empezando con apenas 18,8% de respuestas correctas en Pre-test [24]. La metodología utilizada en este grupo fue 4MAT que toma en cuenta los 4 estilos de aprendizaje de los estudiantes. El grupo de Ciencias Básicas e Ingenierías de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa de México alcanzó resultados similares a la Universidad del Quindío con 45,4% en promedio de Post-test FCI, pero tiene una eficiencia didáctica baja puesto que sus estudiantes en Pre-test FCI obtuvieron un promedio de 26%. Esto último es un buen ejemplo del poderío comparativo del FCI. Gómez [33] propone en dos universidades mexicanas un modelo de enseñanza-aprendizaje que parte de una conceptualización rigurosa de las leyes de Newton y se fundamenta en aportaciones de la neurociencia aplicadas a la educación. Aunado a ello se toman en consideración las características de la llamada Generación Net o, simplemente *Net Gen* en el diseño de un nuevo modelo de la enseñanza-aprendizaje donde se aprovecharon las TICs con fines educativos llegando a los resultados de 59,6% de respuestas correctas en el Post test FCI. Este fue el mejor resultado en primer grupo de “novatos” donde se alcanzó más alta eficiencia didáctica de 48%.

En la segunda elipse de la Fig. 1 están los grupos que tienen mejores criterios de selección de los estudiantes para entrar a la universidad. Los promedios de Pre-test en este grupo varían desde 30,2% hasta 41,0%. En Post-test los promedios varían desde 43,9% hasta 68,2%. El círculo color naranja corresponde a la población de estudiantes universitarios de España con Pre-test de 41% y Post-test de 48%, con una eficiencia didáctica de 12%. El grupo de los estudiantes del Programa de Física de la Universidad del Quindío se comporta casi como la población universitaria española [23]. Las poblaciones universitarias de Estados Unidos están en la segunda elipse y son los que sacaron el mayor promedio en Post-test - 68,2%. El grupo de estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad de Antioquia de Colombia, que sacó 60,5% en Post-test (López, [34]), logró resultados un poco mejores que la población de los estudiantes de Estados Unidos que obtuvieron un promedio en Post- test FCI de 57,9% [23]. Casi los mismos resultados - 56,7% se alcanzaron en dos universidades de Guadalajara, Jalisco, México con estudiantes de carreras de ingeniería y ciencias en el grupo experimental (Gómez, [8]). El grupo de la Universidad de Antioquia [34] presenta hasta ahora los mejores resultados reportados en literatura para Colombia.

En la tercera y cuarta elipses de la Fig.1 están los grupos avanzados. Son grupos de las universidades de alto prestigio cada uno en su país, así como por ejemplo, Harvard University de Estados Unidos. De todas las universidades latinoamericanas que se encontraron en la literatura, los mejores resultados en Post-test FCI son de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile del grupo de solo hombres, que alcanzaron 79% en Post-test FCI con promedios en la prueba de entrada del FCI similares a Harvard University. Para las mujeres de esta universidad el promedio fue de 67,3% (Zamorano y Meza, [35,36]). En el caso de la Universidad de Chile, en las clases de cátedra se incorporaron las preguntas conceptuales del método de “Instrucción entre pares” (*Peer Instruction*; Mazur, [37]). Típicamente, se utilizaron dos preguntas de este tipo por clase para incentivar la discusión entre alumnos. Con esta misma finalidad, se mostraron alrededor de 40 videos cuidadosamente seleccionados de la “Video enciclopedia de demostraciones de Física” para ilustrar diversos experimentos de mecánica. Las clases fueron dictadas usando PowerPoint® y los apuntes de materia fueron publicados con anticipación para que los alumnos pudieran revisarlos antes de la clase. En las clases auxiliares se utilizó un esquema de trabajo cooperativo con problemas de contexto amplio [28,29]. Durante la última parte de la clase, los alumnos trabajaron en grupos, bajo la supervisión de los ayudantes, en la solución de uno o dos problemas de contexto amplio tomados del grupo de PER de la Universidad de Minnesota (<http://groups.physics.umn.edu/physed>). Meza y Zamorano [36] consideran que este esquema es ideal para los cursos grandes y produce, como se puede observar de la Fig.1, unos resultados excelentes. Aunque en algunos de los grupos de esta universidad a la eficiencia didáctica llegó a casi 48%, los autores dicen que el desafío de ellos es llegar a 65% de la eficiencia didáctica del curso como se obtuvo en Harvard University.

Entre los años 2009 y 2011, de la Pontificia Universidad Católica de Perú han sido evaluados 4.535 alumnos con la prueba FCI (Castillo, [38]). Este grupo también se encuentra ubicado en la tercera elipse de la Figura 1 de los estudiantes con mejores puntajes de entrada, pero presenta una la eficiencia didáctica no mayor a 30%. Los resultados indican que los conocimientos de fuerza y movimiento se implantan entre los cursos de Física 1 y Física 2, y no se encuentra una mejora significativa después. El concepto con mayor dificultad de aprendizaje es la segunda ley de Newton. Además, existe un importante número de alumnos para los cuales no hay relación entre la ganancia de conceptos y la aprobación del curso.

En Uruguay en la Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, también fue utilizada el método que combina las estrategias de aprendizaje cooperativo con la resolución de problemas ricos en contexto [15] logrando porcentajes de Post-test FCI de 63% en promedio.

Finalmente, los puntos azules de Post-test 83% que están en la cuarta elipse de la Figura 1 son los resultados del Post-test de los estudiantes de Harvard University de Estados Unidos y de los profesores del Tecnológico de Monterrey de México, que participaron en los Cursos de Formación Profesional (Benegas, [39]). Aquí se dejaron estos datos como puntos de referencia de la meta a la cual deben llegar los estudiantes universitarios.

5 Conclusiones

En este artículo se presentaron los resultados del test FCI y sus aplicaciones para diferentes poblaciones universitarias de Estados Unidos, España y algunos países de América Latina. El análisis gráfico permitió crear 4 grupos de universidades de acuerdo al nivel de conocimientos previos de los estudiantes que ingresan a la universidad: grupo “novatos”, intermedio (donde existe la selección de los estudiantes), y dos grupos de nivel avanzados y “master” que son grupos de universidades de alto prestigio o de profesores de física. Al mismo tiempo se mostró como se puede, con los datos de pre-test y post-test FCI y la eficiencia didáctica, evaluar la efectividad de la enseñanza en contexto de las investigaciones actuales en América Latina. En especial, las mediciones realizadas con el FCI permiten decidir sobre la pertinencia del uso de una u otra estrategia didáctica al realizar una medición no sólo del nivel de maduración conceptual de cada alumno y por ende su preparación para afrontar retos superiores en sus carreras, sino que también permite medir la eficiencia didáctica que en últimas resulta ser una evaluación no tanto del alumno en sí, sino de la estrategia utilizada durante el desarrollo del curso para el desarrollo conceptual de los involucrados. La utilidad de este método puede ser extendida a otros campos conceptuales de la física u de otras ciencias exactas, ya que existen los test conceptuales de opción múltiple o cuestionarios con problemas para muchos temas de física, química y otras áreas del saber.

Con esta investigación la comunidad de educadores latinoamericanos tendrá un marco teórico propio para hacer las comparaciones entre las metodologías de enseñanza, entender la necesidad de mejoramiento de los planes de estudio y evaluar las necesidades de cambios curriculares.

Tabla 1

Pre-test FCI, Post-test FCI y la eficiencia didáctica para diferentes grupos de estudiantes de diferentes países

Fuente	Tamaño	Población	Media de porcentaje de respuestas correctas		Eficiencia didáctica
			pre-test	post-test	
[8] - Gómez, A. L. B. (2008)	52	Dos universidades de Guadalajara, Jalisco, México con estudiantes de carreras de ingeniería y ciencias (grupo-control)	27,7	38,0	14,3
	49	(grupo experimental)	31,0	56,7	37,2
[33] - Gómez A. L. B. (2011)	29	Dos universidades de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México (grupo-control)	26,7	40,3	19
	45	(grupo experimental)	26	59,7	46
[40] - Sandoval et al., (2014)	32	Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, Tabasco, México, Ingeniería Industrial (grupo de control: aprendizaje por transmisión-recepción)	22,9	26,8	4,5
	30	(grupo experimental: tutoriales para Física Introductoria)	26,5	37,9	14,4
[41] - Opazo et al., (2009)	94	Universidad Tecnológico de Monterrey, México, estudiantes de ingeniería (grupo de control)	36,6	43,9	11,5
	57	(grupo experimental: metodología de modelación)	35,6	54,3	29,1
[42] - Picquart, et al., (2010)	137/80	Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, Ciencias Básicas e Ingenierías (grupo de control)	27,7	40,0	12,9
	175/129	(grupo experimental)	26,0	45,4	26,2
[39] - Benegas, J. et al., (2015)		Tecnológico de Monterrey, México, profesores que participaron en los Cursos de Formación Profesional (grupo 1)	79	83	20,0
		(grupo 2)	75	83	31,0
[15] - Kahan, S. et al., (2014)	55	Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, Montevideo, Uruguay. El método combina las estrategias de aprendizaje cooperativo con la resolución de problemas ricos en contexto	43	63	34,0
[38]- Castillo, H. et al.,(2013)	539	Pontifical Catholic University of Perú (PUCP)	48,3	60,0	22,6
[34] - López Ríos et al., (2011)	23	Universidad de Antioquia, Colombia, Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (Adaptación del diagrama V de Gowin a la Modelación Computacional)	30,2	60,5	43,4
[24] - Artamónova et al., (2014)	11/14	Universidad del Quindío, Colombia, estudiantes de Programa de Química (grupo experimental: 4MAT)	18,8	45,2	32,6
[43] - Artamónova, I. (2015)	52/45	Universidad del Quindío, Colombia, Ingeniería Civil, Ing. Electrónica (grupo de control)	23,8	29,8	8,0
	52/58	Ingeniería Civil (grupo experimental: metodología de enseñanza -4MAT)	23,7	38,1	18,9
	35/38	Programa de Química (grupo de control)	24,6	32,7	10,8
	12/17	Estudiantes de Programa de Física	40,0	46,9	11,5
[43] - Artamónova, I. (2015)	180/193	Universidad del Quindío, Colombia, estudiantes de Programas de Química, Física, Ingeniería Civil e Ingeniería Electrónica	24,6	35,9	15,0
[44]- Charry Sánchez D.Y. (2015)	38	Universidad del Quindío, Colombia, Ingeniería de Sistemas	27,8	42,9	21
[45] – Gómez López, J.F. (2011)		Universidad Politécnica Colombiano Jorge Isaza Cadavid (grupo de control)	23	30	9,1
		(grupo experimental)	23	35	15,6
[23] - Covián Regales, E., y Celemin M., M. C. (2008)		Poblaciones españolas de estudiantes universitarios	41	48	12,0
[19] -Crouch y Mazur, (2001)		Harvard University, Peer instruction, 2000	47	80	63,0
[23] - Covián Regales, E., y Celemin M., M. C. (2008)		Muestra global de las poblaciones estadounidenses	31,8	57,9	38,2
[23] -Covián y Celemin, (2008)		Poblaciones estadounidenses universitarios	32,1	68,2	53,1
[25] - Mercado, V. M et al., (2014)	30	Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de San Luis, Argentina (grupo de control)	21	30	11,4
	30	(grupo experimental: metodología de enseñanza - IDEA)	22	51	37,2
[35] - Zamorano y Meza, (2007)	285	Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, sección mujeres	53	67,3	30,5
	285	Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, sección hombres	65,7	79,0	38,8
[31]- Goya, A., y Laburú, (2014)	41/26	Estudiantes de licenciatura en Química de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná (Metodología: actividad de investigación multimodal representacional - AIM), Brasil	22,3	46,9	31,7

Fuente: Los autores

Referencias

- [1] Furió, C. y Ortiz, E., Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. Enseñanza de las Ciencias, 1(1), pp.15-20, 1983.
- [2] Hestenes, D. and Wells, M., A mechanics baseline test. The Physics Teacher, 30(3), pp. 159-166, 1992. DOI: 10.1119/1.2343498
- [3] Hart, G.E. and Cottle, P.D., Academic backgrounds and achievement in college physics. The Physics Teacher, 31(8), pp. 470-475, 1993.
- [4] Roeder, J.L. Physics appreciation versus Physics knowledge. The Physics Teacher, 36(6), pp.379-385, 1998. DOI: 10.1119/1.1527615
- [5] Rodríguez-Martín, M.D., Mena-Romero, D.A. y Rubio-Atoche, C.M., Superación de errores conceptuales de estudiantes de ingeniería química

- industrial cuando estudian la asignatura de Física. *Tecnología, Ciencia, Educación*, pp. 40-46, ene.-jun. 2008.
- [6] Mora, C. y Herrera, D., Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 3(1), pp.72-86, 2013.
- [7] Cruz, M.I., Martínez, J.M.O., Sánchez, J.L. y Barbero, L.R., Detección de las ideas previas en cinemática utilizando la composición de movimientos. *Investigación en la Escuela*, 19, pp.105-118, 1993.
- [8] Gómez, A.L.B., Acerca de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de fuerza y trabajo, *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(3), pp.18, 2008.
- [9] McDermott, L.C. Concepciones de los alumnos y resolución de problemas en mecánica. [en línea]. 2009. Disponible en http://icar.univlyon2.fr/gric3/ressources/ICPE/espagnol/PartC/C1_chap_p1-11.pdf,
- [10] García, F.N.J., Calle, J.D.J.A. y Sánchez, J.J.V. Incidencia de la intervención didáctica en el aprendizaje de conceptos cinemáticos en estudiantes de Ingeniería de la UAM analizada desde sus ideas previas. *Revista Educación en Ingeniería*, 10(19), pp.26-38, 2015.
- [11] Shaffer, P.S. and L.C. McDermott. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of an instructional strategy. *American Journal of Physics*, 60, pp. 1003-1013, 1992. DOI: 10.1119/1.16979
- [12] Thacker, B., Eunsook K., Kelvin, T. and Lea, S.M., Comparing problem solving performance of physics students in inquiry-based and traditional introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 62, pp. 627-633, 1994. DOI: 10.1119/1.17480
- [13] Driver, R., Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp.3-15, 1986.
- [14] Aguilar, G.M. y Durán, D.M.F. Influencia de los dominios conceptuales en las competencias académicas: Área de física para ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(21), pp. 32-38, 2016.
- [15] Kahan, S., Auyuanet, A., Davoine, F. y Stari, C., Física 1++: Aulas de aprendizaje cooperativo para estudiantes que recursan. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 8(2), pp.335-336, 2014.
- [16] Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G., Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30, pp.141-158, 1992. DOI:10.1119/1.2343497
- [17] Hestenes, D. and Halloun, I., Interpreting the force concept inventory. A response to Huffman and Heller. *The Physics Teacher*, 33, pp. 502-506, 1995. DOI: 10.1119/1.2344278
- [18] Hake, R., Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.*, 66, pp. 64-74, 1998. DOI: 10.1119/1.18809
- [19] Crouch, H. and Mazur, E., Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), pp. 970-977, 2001. DOI: 10.1119/1.1374249
- [20] Henderson, C., Common concerns about the Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 40, pp. 542-547, 2002. DOI: 10.1119/1.1534822
- [21] Caballero, M.D., Greco, E.F., Murray, E.R., Bujak, K.R., Marr, M.J., Catrambone, R. and Schatz, M.F., Comparing large lecture mechanics curricula using the Force Concept Inventory: A five thousand-student study. *American Journal of Physics*, 80(7), pp.638-644, 2012. DOI: 10.1119/1.3703517
- [22] Fagen, A.P., Crouch, C.H., and Mazur, E., Peer instruction: Results from a range of classrooms. *The Physics Teacher*, 40(4), pp.206-209, 2002. DOI: 10.1119/1.1474140
- [23] Covián, R.E. y Celemin, M.M.C. Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de Newton en escuelas de ingeniería españolas. *Rendimiento académico y presencia de preconceptos. Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), pp. 23-42, 2008.
- [24] Artamónova, I., Mosquera, J.C., Ramírez, M.H. y Mosquera, J.D. Resultados cuantitativos de la aplicación del Sistema 4MAT en Mecánica en la Universidad del Quindío. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 8(4), pp. 4511-1-4511-8, 2014.
- [25] Mercado, V.M., Alarcón, H., Benegas, J., Monasterolo, R.R., Rosales, F. and Ribotta, M.I.P.S.L., IDEA: An alternative for learning problem solving in the course of mechanics for engineering students at FICA. *Journal of Education and Human Development*, 3(4), pp.171-180, 2014, DOI: 10.15640/jehd.v3n4a16.
- [26] Beichner, J.D.D., GOAL-Oriented Problem Solving, [Online]. 2014. Available: <https://lost-contact.mit.edu/afs/unity.ncsu.edu/lockers/ftp/beichner/RB/GOALPaper.pdf>
- [27] Panitz, E., Collaborative vs Cooperative learning: A comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning. [Online]. Available: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED448443.pdf>
- [28] Heller, P., Keith, R. and Anderson, S., Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving, *Am. J. Phys.*, 60, pp.627-636, 1992.
- [29] Heller, P. and Hollabaugh, M., Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups, *Am. J. Phys.*, 60, pp. 637-644, 1992.
- [30] Leonard, W.J. y Dufresne, R.J., Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), pp. 387-400, 2002.
- [31] Goya, A. and Laburú, C.E., An experimental activity of physics by means of representational multimodal research. *Experiências em Ensino de Ciências*, 9(29), pp. 32-44, 2014.
- [32] Laburú, C.E., De Freitas-Zompero, A. and Barros, M.A., Vygotsky e múltiplas representações: Leituras convergentes para o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(1), pp.7-24, 2013. DOI: 10.5007/2175-7941.2013v30n1p7
- [33] Gómez, A.L.B., Un modelo de enseñanza neuropedagógico de las leyes de Newton para la Net Gen. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(2), pp. 33, 2011.
- [34] López R.S., Veit, E.A. y Araujo, I.S., Modelación computacional apoyada en el uso del diagrama V de Gowin para el aprendizaje de conceptos de dinámica newtoniana. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 10(1), pp. 202-226, 2011.
- [35] Zamorano, N. y Meza, A., Usando el cuestionario sobre conceptos de fuerza (FCI) como instrumento de diagnóstico y evaluación de aprendizajes, 2007. [Online]. Available: <http://www.ici.ubiobio.cl/ccei2007/papers/43.pdf>
- [36] Meza, A. y Zamorano, N., El desafío de innovar en la enseñanza de la física: Ejemplo de una implementación exitosa basada en PER, 2008. [Online]. Available: <http://www.ici.ubiobio.cl/ccei2007/papers/116.pdf>
- [37] Mazur, E., Peer instruction: A user's Manual, Universidad de Harvard, PEARSON, 1997, pp. 1-253.
- [38] Castillo, H., Moscoso, R., Phan, J.L. y Quiroz, J., Impacto de la enseñanza de conceptos de fuerza y movimiento en los cursos de Física general. *En Blanco y Negro*, 4(1), 2013.
- [39] Benegas, J., Alarcón, H. y Zavala, G., Formación de profesorado en metodologías de aprendizaje activo de la física, 2015. [Online]. Available at: http://www.researchgate.net/profile/Genaro_Zavala/publication/264768097_Formacin_de_Profesorado_en_Metodologas_de_Aprendizaje_Activo_de_la_Fsica/links/53ee586d0cf26b9b7dc86a93.pdf
- [40] Sandoval, M., Mora, C., Ramírez, M.H., Ricárdez, C. y De los Santos, U., Análisis del razonamiento conceptual en movimiento acelerado de estudiantes universitarios utilizando tutoriales de física introductoria. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 8(3), pp.573, 2014.
- [41] Opazo, H.R.A., Eugenio, J. y Becerra, G., Influencia del razonamiento científico en el aprendizaje de conceptos en física universitaria: Comparación entre instrucción tradicional e instrucción por modelación, 2009. [Online]. Available at: http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area_tematica_05/ponencias/1189 - E.pdf
- [42] Picquart, M., Guzmán, O. y Sosa, R., Razonamiento científico e ideas previas en alumnos de ciencias básicas de la UAM-Iztapalapa. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(1), pp. 38, 2010.
- [43] Artamónova, I., Aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la mecánica: Caso particular de los estudiantes de programas de ingeniería civil y química en la Universidad del Quindío, Colombia, Ph.D. dissertation, CICATA-IPN, México D.F., México, 2015.

- [44] Charry-Sánchez, D.Y., Determinación de errores conceptuales de estudiantes de pregrado de la Universidad del Quindío que cursa el espacio académico Física I o Mecánica. Trabajo de Grado, Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia, 2015.
- [45] Gómez, L.J.F., Una propuesta de intervención didáctica que promueve el aprendizaje activo de la física universitaria y la utilización de un ambiente virtual interactivo de aprendizaje: Un estudio comparativo en el caso de la dinámica, MSc. Tesis, Dpto de Ciencias Sociales y Humanas, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, 2011. [Online]. Available at: <http://cdigital.udem.edu.co/TESIS/CDROM61652011/11.Capitulo5.pdf>

I. Artamónova, recibió el título de Físico y MSc. en Ciencias Físicas y Matemáticas en la Universidad Estatal de Moscú nombrada Lomonosov en 1991, Unión Soviética, título de MSc. en Enseñanza de las Matemáticas en 2004 en la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, título de PhD en Física Educativa en 2015 en el Instituto Politécnico Nacional, CICATA, México. De 1992 hasta 2004 trabajo como contratista para la empresa privada, desde 2004 trabaja en el sector educativo. Desde 2008 es docente del Programa de Física de la Universidad del Quindío. Participó en proyectos internacionales y nacionales de investigaciones para: Organización Internacional de Migraciones, Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia, UN- INSTRAW - International Research and Training Institute for the Advancement of Women de las Naciones Unidas, ASCUN – Asociación Colombiana de Universidades. Sus intereses investigativos incluyen temas de educación universitaria, migraciones internacionales, genero, aplicaciones estadísticas en diferentes áreas de las ciencias.

ORCID: 0000-0003-4584-4832

J.C. Mosquera-Mosquera, recibió el título de Físico, de MSc. en Ciencias Físicas y Matemáticas en 1991 y PhD en Física en 2008, todos en la Universidad Estatal de Moscú nombrada Lomonosov. Jefe de departamento de Aseguramiento de Calidad en 1993-1999, gerente de producción de una empresa en 1999- 2001. Desde 2001 docente de Física de la Universidad Tecnológica de Pereira, docente e investigador de la Universidad del Quindío desde 2003, actualmente director del Programa de Física de la Universidad del Quindío. Sus intereses investigativos incluyen temas de educación universitaria, procesamiento de imágenes por métodos acústico - ópticos, estadística aplicada

Scopus Author ID: 7006006502

ORCID: 0000-0001-7874-0736

J.D. Mosquera-Artamonov, recibió el título de Ing. Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira (2010), MSc. en Ingeniería de Calidad por la Universidad Autónoma de Querétaro (2014). Green Belt por la ASQ (2015). Magister en Ciencias en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Autónoma de Nuevo León (2016). Estudiante doctoral en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

ORCID: 0000-0001-5419-6561

Evaluación de la apropiación de las TIC, en la práctica docente del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña

Claudia Marcela Duran-Chinchilla ^a & Alveiro Alonso Rosado-Gómez ^b

^a Facultad de Educación Artes y Humanidades, Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia. cmduranc@ufpso.edu.co

^b Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia. aarosadog@ufpso.edu.co

Resumen— Este artículo evaluó la apropiación de las TIC en la práctica docente dentro del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander. La investigación se abordó desde el enfoque cualitativo ya que a partir de él se podía conocer la apropiación de las TIC por parte de los docentes; para ello se aplicó una entrevista en profundidad; los informantes clave fueron docentes de las áreas que fundamentan el currículo, las cuales son: ciencias básicas, ciencia básica de ingenierías, formación profesional y formación complementaria. Los resultados de la investigación permitieron determinar que los docentes no se han apropiado de las TIC y están en un periodo de transición en cuanto al uso de las mismas; factores como edad, formación disciplinar, tipo de contratación, nivel de escolaridad y su propia percepciones acerca de las TIC, influyen notoriamente en la apropiación de la tecnología dentro de la práctica docente.

Palabras Clave— TIC; apropiación de TIC; práctica docente.

Recibido: 11 de Julio de 2016. Revisado: 12 de octubre de 2016. Aceptado: 27 de octubre de 2016.

Evaluation of the appropriation of ICT in the teacher practice in engineering systems program of the Francisco de Paula Santander University, Ocaña

Abstract— This paper was evaluated the appropriation of ICT in teaching practice in the Systems Engineering program at the University Francisco de Paula Santander. The research was engaged from a qualitative approach, because from there you can interpret the teaching methods of teachers. For the research was applied an interview in depth; the key informants were teachers in the areas underlying the curriculum, which are the following: basic science, basic science of engineering, vocational training and further training. The research results allowed to determine that teachers do not have appropriated ICT yet, and the teachers are in a transition period for their use. Factors such as age, disciplinary training, kind of contract, education level and their own perceptions about ICT, has a remarkable impact on the appropriation of technology in teaching methods used.

Keywords— ICT; ICT appropriation; teaching practice.

1. Introducción

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), es un término comúnmente usado y ampliamente conocido que está cada vez más inmerso en la sociedad. Las TIC juegan un papel fundamental en la transformación de la sociedad, tanta es su

importancia que se considera como uno de los pilares de la economía global. Eugenia [1,2] de los aspectos económicos, las TIC, juegan un papel fundamental en la formación de los profesionales, ya que son ellas, las que dan soporte a la información y a la vez se convierten en canales de comunicación. De tal manera que [3] indica que existe una relación simbólica entre las TIC y los flujos de información, comunicación y conocimiento que empleado con fines pedagógicos, como lo señala [4], pueden validar la correcta aplicación de las TIC, en el ambiente de aprendizaje; dado que la tecnología por sí sola no garantiza que pueda ser aplicada a la educación, lo que produce la necesidad de tener referentes que indiquen las posibles aplicaciones de una tecnología, es por esta razón que documentos como el informe *Horizon*, se convierten en fuentes de consulta para conocer el impacto de tecnologías actuales y futuras en el ámbito educativo [5].

El sistema educativo pasa una época de cambios generados por la introducción tecnológica y sobre todo por el desarrollo de las TIC, que han reformado las relaciones sociales y que a su vez intervienen en la relación tecnología – educación. Pese a que las tecnologías no son del todo nuevas, siguen siendo una innovación en las aulas de clase y su incorporación a la educación se convierte en un reto para los docentes [6]. Uno de los cambios mencionados afecta la práctica docente centrada en el docente, en cómo él trabaja, se expresa, se comporta, se relaciona, la metodología empleada en sus clases; en pocas palabras el uso de las tecnologías en el aula, está relacionada con la disposición y la habilidad del docente para usar las herramientas TIC. La forma en que se muestre, se desarrolle y se evalúen los contenidos, puede o no agradar al estudiante, quien es aquel que puede considerarse como el beneficiario o el afectado, por una buena o mala práctica académica [7].

Los procesos de enseñanza y aprendizaje han estado influidos por la incorporación de TIC como una forma de alcanzar los propósitos pedagógicos planteados y para estar a la par con las exigencias de la sociedad presente, la cual cada día demanda que en la formación de los profesionales se incluya el uso de las nuevas tecnologías, toda vez que estas se han convertido en un medio de comunicación dentro y fuera de las

Como citar este artículo: Duran-Chinchilla, C. M. & Rosado-Gómez, A. A.. Evaluación de la apropiación de las TIC, en la práctica docente del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 64-68, Febrero, 2017.

empresa [8]. En tal sentido, éste paso ha generado cambios relevantes en los roles de cada uno de los individuos y organizaciones implicados en este proceso: los alumnos, los docentes y el personal administrativo. En el caso de los docentes, estos deben enfrentarse a retos que implican tener la mente abierta para adaptarse y acomodarse a los cambios en la nueva sociedad del conocimiento y a la era de la globalización económica y tecnológica, por lo que la educación universitaria está llamada a formar profesionales capaces de adaptarse a los rápidos cambios sociales [9,10].

Se puede percibir, entonces las TIC no solo como herramienta técnica, sino también como instrumento cultural que permite reconocer el funcionamiento de la sociedad, generando cambios en el conocimiento, la enseñanza y el aprendizaje. Los docentes entonces, están llamados a aportar y desarrollar competencias en el uso de las TIC, para que la educación universitaria mejore debe estar en sintonía con las novedades en el proceso pedagógico en tres componentes: política educativa, administración de la institución y desarrollo profesoral [11].

Así mismo, el Plan Nacional Decenal de Educación en su interés por cubrir estas necesidades de la implementación de tecnologías en la educación, propone enmarcar los procesos pedagógicos con el uso de las TIC, independientemente del contenido curricular que se esté impartiendo, con el ánimo de centrar la enseñanza en el estudiante [12]. Para lograr la integración de las TIC con el currículo, se crea la necesidad de un análisis conceptual que justifique esta inmersión; porque de nada sirve integrar las TIC en la práctica pedagógica de los docentes, si ésta no se enriquece desde la misma didáctica de la enseñanza [13]. Para integrar curricularmente a las TIC, se debe engranar su aplicación en función de estimular el aprendizaje de los estudiantes en un determinado contexto; una buena práctica pedagógica mediada por el uso de las TIC, implica incorporar estos dos elementos como un todo y no como elementos complementarios. Para lograr este propósito se propone que los docentes deben dominar aspectos tecnológicos que aborden nuevos escenarios didácticos, que estimulen al estudiante en su aprendizaje, por encima de la tecnología como tal; es decir los docentes deben preocuparse menos por los aspectos propios de la ofimática y centrar su atención en los recursos robustos que faciliten y medien la enseñanza [4].

Este contexto indica la relevancia que tiene en la aplicación de las TIC en la educación, el dominio y la sensibilidad que los docentes tengan sobre ella; por esta razón éste estudio tuvo como propósito establecer las apropiaciones que los docentes de ingeniería de sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña tienen de las TIC en su práctica pedagógica; el estudio partió de un investigación anterior, en cuanto a la incorporación de las TIC por parte de los docentes de la Facultad de Ingeniería como medio para mejorar la calidad educativa, en el cual se determinó que los docentes de ingeniería si usan las TIC en sus clases, pero la concepción que se tiene de ellas es más como una herramienta de apoyo en las clases y no como verdaderamente una herramienta de acercamiento al mundo cultural, social, económico y político que exige el medio globalizante en el cual estamos inmersos; igualmente se reconoció que integran las TIC esporádicamente en los

currículos; también se pudo establecer que los docentes de Ingeniería de Sistemas hacen mayor uso de las TIC en relación a los docentes de Ingeniería Civil y Mecánica.

Desde esa mirada es importante detallar la apropiación de las TIC por parte de los docentes de ingeniería de sistemas. En primer lugar es una política institucional la inmersión de las TIC en los currículos y en las prácticas educativas, y en segundo lugar porque el plan de estudios de ingeniería de sistemas en su proceso de autoevaluación, determinó utilizar el *b-learning*, como estrategia de fomento al trabajo independiente por parte de los estudiantes; esto produce como consecuencia que los docentes que orientan las asignaturas del programa, deban tener competencias en el manejo de las TIC, para construir e interactuar con los recursos y actividades que están disponibles dentro de la plataforma de aprendizaje de la universidad y que deben estar enmarcadas dentro de los lineamientos pedagógicos, comunicacionales y tecnológicos establecidos por la universidad. Esto produjo adelantar esfuerzos para identificar el grado de apropiación que tienen los docentes en la aplicación de las TIC, con fines educativos y de esta forma comenzar un proceso de capacitación en donde el docente con pueda mejorar sus competencias en cuanto a apropiación de TIC, hasta estar en la capacidad de proponer sus propios recursos y actividades.

2. Metodología

Para el desarrollo del estudio se tuvo en cuenta el enfoque cualitativo, ya que éste, tal y como lo plantea [14], trata de hacer un análisis como un todo e identificar las razones del comportamiento manifestado. En lo que relacionado con el nivel de investigación se abordó la investigación descriptiva, ya que ésta busca identificar características relevantes de grupos o comunidades a partir de un objeto de estudio, en este caso las TIC [15].

En lo que respecta a la recolección de información se diseñó una entrevista en profundidad, dado que este tipo de instrumento permite interactuar y ahondar a través del diálogo con cada uno de los informantes; en el diseño del instrumento se tuvo en cuenta dos categorías: la primera categoría apropiación de TIC, y la segunda uso de TIC, cada una de ellas compuesta por subcategorías de estudio como aprestamiento de TIC, integración curricular TIC, herramientas TIC, incorporación TIC. La validación del instrumento se llevó a cabo a través del juicio de expertos el cual es entendido como una validación que hace personas que dominan y tienen reconocimiento en el tema, para que estos a su vez emitan un juicio sobre las respuestas suministradas en las entrevistas [16].

Los informantes clave, estuvieron conformados por docentes del programa de Ingeniería de Sistemas, se tomó un docente por cada área establecida en el currículo del programa: ciencias básicas, ciencia básica de ingenierías, formación profesional y formación complementaria, el criterio para la selección de los informantes fue el de docentes de género femenino y masculino, distintas edades y que fuesen ingenieros en sistemas, además se tuvo en cuenta el tipo de vinculación docente, es decir catedráticos, ocasionales y tiempo completo.

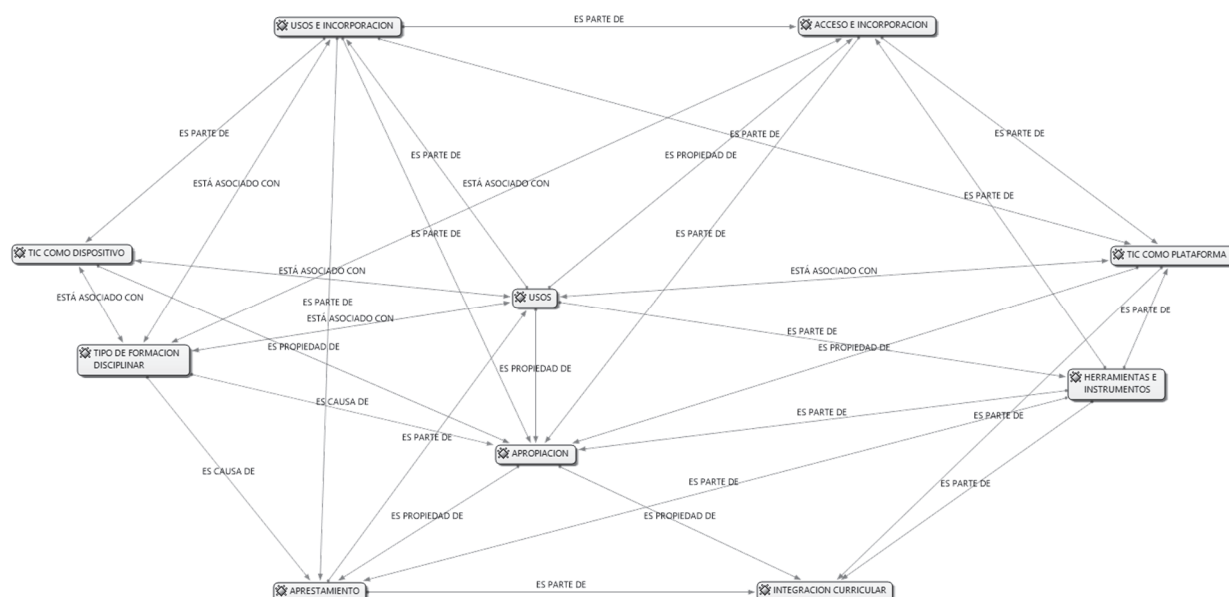


Figura 1. Gráfica de relaciones
Fuente: Autores del proyecto

La información socavada se analizó aplicando el *software* Atlas TI, esta herramienta permitió establecer unidades hermenéuticas y relaciones entre categorías y subcategorías.

3. Resultados

La apropiación de TIC, se fundamenta en el uso positivo y acertado de las TIC con respecto a la construcción de conocimiento, valores, innovación y toda relación estructural del conocimiento [17], esto involucra incluir no sólo el conocimiento de estas herramientas y de su potencialidad, sino también su uso normal en los distintos campos pedagógicos, culturales y sociales de cada individuo [18]. Por ello, se realizó una exploración en torno a la apropiación que los docentes del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña tienen en cuanto a las TIC.

Para establecer las relaciones en cuanto a apropiación TIC, en la Tabla 1, se muestran las categorías y subcategorías establecidas para evaluar la apropiación de las TIC en los docentes del plan de estudios de ingeniería de sistemas.

Cuanto a las categorías uso y apropiación de TIC. Se puede establecer que las herramientas de mayor afinidad de algunos docentes entrevistados, es el computador y el internet como medio de consulta, las dos herramientas, manifiestan los docentes, son necesarios en su vida cotidiana para comunicarse con sus alumnos, familiares y compañeros de trabajo. Por ejemplo, el uso del internet ha beneficiado en ellos el uso de canales comunicativos como *Facebook*, *Twitter* y *Skype* en donde mantienen una constante comunicación con todo su entorno académico de forma online, esto en el caso de los docentes del área de ciencias básicas de ingeniería y formación profesional.

Partiendo de la realización de las entrevistas, la investigación arrojó los siguientes resultados, los cuales están soportados a través de la Fig. 1, se indica las relaciones en

Tabla 1
Categorías

Objetivo	Categoría	Subcategoría
Evaluar los procesos de apropiación de las TIC que evidencian los docentes del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña en sus prácticas docente	Apropiación de TIC Uso significativos de las tecnologías de informáticas y de comunicación, en el cual se ejerce un grado de control y elección sobre la tecnología y los contenidos, pudiéndose considerar al uso útil, fructífero, valioso e importante para el usuario	Aspectos demográficos Aprestamiento de TIC en la práctica docente Integración curricular de TIC en las practica docente Incorporación TIC en el aula Herramientas TIC utilizada por los docentes en el aula y fuera de ella como apoyo pedagógico
Evaluar el nivel de uso que evidencian los docentes del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña	Uso TIC Variación notable en la sociedad y a la larga un cambio en la educación, en las relaciones interpersonales y en la forma de difundir y generar conocimientos	Uso de TIC como dispositivo Uso de TIC como plataforma

Fuente. Autores del proyecto

También, se logró evidenciar que los docentes recurren al correo electrónico para la administración y distribución de información institucional y personal. Igualmente utilizan el *Video Beam* para la proyección multimedia de contenidos de las asignaturas, sin embargo, manifiestan que la falta de recursos en la Institución es notable y que usar este tipo de herramientas es un proceso complejo.

Como se ve, se le concede un alto grado de importancia a las herramientas TIC para el proceso enseñanza - aprendizaje, pues según las opiniones de los docentes, a través del uso de las herramientas como *software* interactivo, diapositivas, plataforma *Moodle*, etc., han conseguido reducir los índices de atención

dispersa de algunos estudiantes, falta de escucha y falta de comprensión de temas álgidos en las asignaturas.

Otros docentes, especialmente los del área de ciencias básicas y formación complementaria manifiestan que no encuentran la manera práctica y metodológica de incorporar las herramientas en sus clases, debido a que pocas veces han necesitado de ellas para llevar a cabo el desarrollo de su asignatura. Se puede afirmar entonces que algunos docentes prestan poca atención a la inclusión de las TIC en su labor pedagógica, mostrando así, temores y dificultades para lograr integrarlas en el aula. Este mismo grupo de docentes asegura que pese a que tienen, por ejemplo, celulares de última tecnología, emplean aplicaciones de mensajería instantánea en sus dispositivos móviles como son *WhatsApp* e *Instagram*, pero solo como uso personal y que no ven la utilidad de los mismos como recurso pedagógico.

Para los dos grupos de docentes: los que ven en las TIC una herramienta importante en el proceso de aprendizaje y los que no ven en ellas un instrumento indispensable en la práctica docente, se puede asumir que el concepto que se tiene de las TIC es como dispositivo (*Video Beam*, computador, celular, etc.) y como plataforma (Internet, *Moodle*, base de datos o *software*), en los dos casos se entendería que en lugar de apropiación sólo se indica aprestamiento dado que algunos docentes usan algunos recursos las TIC en sus clases y fuera de ellas, sin tener claro la utilidad que ellas prestan dentro del aula; es decir, el valor de las TIC como recurso y herramienta pedagógica, didáctica, curricular y metodológico no es preciso y clara.

En lo que respecta a la edad, los resultados dejan percibir que la brecha entre edad y uso de TIC resulta ser notable; dado que a mayor sea la edad del docente menos familiaridad tiene con la tecnología [19]. Esto quiere decir, que a mayor edad menos posibilidad de integrar las TIC a los procesos de enseñanza aprendizaje [20].

En lo que respecta a la relación tipo de vinculación docente (catedrático, ocasional y tiempo completo), la apropiación de TIC, está asociada con el tiempo de dedicación docente en este caso los docentes catedráticos solo acuden a las clases asignadas y el tiempo de dedicación es restringida y está sujeta a múltiples situaciones dado que algunos docentes tienen labores que atender fuera de la adquirida con la institución, mientras que los docentes de planta su dedicación es exclusiva a la universidad y por su puesto a la academia, lo cual produce que su interés por integrar más elementos a sus clases que benefician el aprendizaje.

En cuanto a la integración curricular de las TIC, es evidente que se debe tener una intención claro para integrar las TIC en los procesos académicos y curriculares pues no se trata en la utilización de las TIC como un instrumento más dentro del aula [13,21]. Desde esa mirada, se puede indicar que, aunque algunos docentes integran de alguna forma curricularmente las TIC en sus clases; no lo hacen con apropiación, pues la integración curricular de TIC se entiende como el proceso de hacerlas completamente parte del currículo, permeándolas con los principios educativos y la didáctica que conforman el mecanismo del aprender. Ello esencialmente exige un uso integral y eficaz para un propósito del aprender específico en un dominio o una disciplina curricular.

En lo relacionado con la formación disciplinar de los docentes, se puede afirmar que en cierta medida que sí existe relación en cuanto al uso de TIC y el área disciplinar, pues los entrevistados manifiestan que la incorporación de las TIC depende en gran medida de la disciplina, pues creen que los ingenieros en sistemas deben tener

mayor manejo de las herramientas TIC que los docentes que asumen asignaturas como ética, matemáticas o todas las relacionadas con el área complementaria, factor que lleva a pensar que las percepciones que se tiene de las TIC no es abierta, y equivoca, pareciera que se asumen las TIC solo como dispositivos o como el simple manejo de algunas herramientas que ayudan a realizar clases más amenas y no como verdaderamente un medio de acercamiento y de reconocimiento cultural, social, político y económico del contexto.

4. Discusión

Entre los elementos que afectan el uso de las TIC en la práctica docente está las representaciones que algunos docentes han constituido acerca de estas herramientas, las cuales son los elementos que presentan como argumentos para no utilizarlas dentro de su práctica educativa.

En el caso particular de esta investigación, a través de las entrevistas a los docentes del programa de Ingeniería de Sistemas, se puede apreciar que la incorporación de las TIC, en el desarrollo curricular obedece a una necesidad de estar en sintonía con lo que el medio o los estudiantes solicitan, más que a un empoderamiento o apropiación de las mismas; pareciera que simplemente se queda en el uso de algunas herramientas y no como un proceso cognitivo que explote toda su potencial en el beneficio del estudiante con elementos y recursos didácticos adecuados a la temática expuesta dentro del curso [22].

Desde las apreciaciones de los informantes, se puede inferir que los docentes no han implementado las TIC en sus currículos y solo las usan de acuerdo a la necesidad; hay que tener en cuenta que el uso de las TIC no se puede hacer como un medio para desarrollar una clase dinámica e “innovadora” [13], sino más bien se debe tratar de producir nuevas formas de producción de conocimiento a través del uso de las mismas.

Es posible también repensar en cuanto a las aptitudes de los docentes, especialmente en el campo de la formación universitaria, ya que las TIC deben incorporarse, como se ha venido planteando, en la programación curricular y al quehacer docente, con el fin de que el uso de las herramientas tecnológicas favorezcan el proceso de enseñanza/aprendizaje [4].

De tal manera, las capacidades docentes deben incluir la capacidad para determinar, reflexionar y debatir, tomar decisiones, intervenir y evaluar la práctica, así como poseer un conocimiento técnico sobre recursos tecnológicos [8], y no que se quede en solo el uso de las mismas sin un propósito claro, únicamente con la intención de apoyarse de algunas herramientas, lo que queda en apresamiento, sin ir más allá de lo que exige la apropiación de las herramientas tecnológicas de información y comunicación [4].

Por otro lado, quizás que los docentes manifiesten interés y motivación por educarse en las TIC, pero su uso como herramienta educativa es restringido y con poco rango de aplicaciones. Su uso se focaliza sustancialmente a proyectos personales, la mayoría utiliza las computadoras para tareas de bajo nivel tales como registro de notas, bases de datos, buscar información en Internet y casualmente para proyectar una clase en *Power Point* con proyector de multimedia. Sin embargo y pese a cualquier obstáculo que se presente para hacer efectivo el uso y apropiación de las TIC, se hace indispensable que el docente entienda sus potencialidades y restricciones, utilizando los recursos adecuados con fines pedagógicos [21].

5. Conclusión

La apropiación de las TIC, está reducido en este caso por los niveles o grados de uso que los docentes tengan de las mismas. La apropiación permite a los docentes, en este caso, hacer suyas las herramientas tecnológicas para emplearlas en su relación con los escenarios educativos, socioculturales y contextos de actividad en los que se desenvuelve. La apropiación tecnológica es la manera en que los sujetos asumen las herramientas, basados en la interpretación y proximidad que tiene cada uno con éstas, construyendo así una realidad subjetiva. De tal forma que es importante tener en cuenta que la formación de los docentes debe comprender tanto el conocimiento de las posibilidades que las TIC les brindan como las distintas metodologías y didácticas que se implemente en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Así mismo, fue común encontrar en esta investigación que, aunque unos docentes hacen un esfuerzo por ajustarse a las TIC, prefieren las prácticas tradicionales, por lo cual siguen prefiriendo la interacción directa con los estudiantes. Algunos profesores encuentran una explicación de este fenómeno en lo acelerado que se ha dado el cambio que han generado estas herramientas y la necesidad de aplicación en el espacio universitario.

La utilización de las TIC por parte de los docentes del plan de estudios de ingeniería de sistemas, está sujeta a un cambio progresivo en la medida en que la persona conciba positivamente los beneficios que ofrecen las distintas herramientas y va interactuando con ellas hasta apropiárselas, para luego hacer partícipes a los demás actores sociales de las posibilidades que éstas pueden ofrecer.

A pesar que la utilización de las TIC dentro del programa de Ingeniería de Sistemas, en el área de formación profesional hace parte del currículo y por ende se tiene que aplicar la tecnología dentro de los cursos; esta no se aplica con fines didácticos ni pedagógicos, solo como un complemento a los conceptos teóricos que especifica el currículo, motivo por el cual se puede decir que dentro del programa existe un uso significativo, pero poca apropiación.

Referencias

- [1] Eugeni, K., Tecnología de la información y comunicación en la formación docente, UNESCO Guía de Planificación. [En línea]. Paris, 2004. [Consultado: junio 27 de 2016]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129533s.pdf>
- [2] The World Bank, Measuring knowledge in the world's economies, knowledge for development program, World Bank Institute, Washington, 2008.
- [3] Torrent, J. y Ficapal, P., TIC, conocimiento, redes y trabajo, Barcelona: Editorial OUC, 2009.
- [4] Cabero, J., Incidentes críticos en la incorporación de la TIC en las universidades, de Congreso Nacional EDUTEC. Gestión de las Tecnologías de la Comunicación e Información, 2002.
- [5] Johnson, L., Adams-Becker, S., Estrada, V. and Freeman, A., Horizon Report: 2014 Higher Education Edition, Austin, 2014.
- [6] Gros-Salvat, B., Sancho-Vinuesa, T., Borges-Sáiz, F., Bautista, G., García-González, I., López-Pérez, C., Mas-García X. y Lara-Navarra, P., Evolución y retos de la educación virtual construyendo el e-learning del siglo XXI, Barcelona: UOC, 2011.
- [7] Briones, G., Hacia una pedagogía del conocimiento, Bogotá: Mac Graw Hill, 1999.
- [8] Ferreiro, R. y de Napoli, A., Más allá del salón de clases: Los nuevos ambientes de aprendizajes, Revista Complutense de Educación, pp. 333-346, 2008.
- [9] Cobo-Román, J.C., El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento, Zer, 14(27), pp. 295-318, 2009.

- [10] Chupitaz, L., García M. y Sánchez, D., Informática aplicada a los procesos de enseñanza aprendizaje, Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica de Perú, 2005.
- [11] UNESCO, Estándares para competencias en TIC para docentes, Londres: UNESCO, 2008.
- [12] MEN, Compendio General PNDE, Bogotá: Ministerio de Educación Nacional, 2006.
- [13] Sanchez-LLabaca, J., Integración curricular de las TICs: Conceptos e ideas, pp. 2-29, 2012.
- [14] Martínez-Miguel, M., La investigación cualitativa, Revista IIPS. 9, pp. 123-146, 2009.
- [15] Cazau, P., Introducción a la investigación en ciencias sociales, Buenos Aires: Tercera Edición, 2006.
- [16] Escobar-Pérez J. y Cuervo-Martínez, A., Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización, Avances en Medición. 6. [en línea]. Tomado de: http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf junio 28 de 2016, pp. 27-36, 2008.
- [17] Afanador-Castañeda, H.A., Estado actual de las competencias TIC en docentes, Puente, Revista Científica 2, 2015. [en línea]. Tomado de: puente.upbbga.edu.co/index.php/revistapuente/article/view/201/151, pp. 23 - 32, 2015.
- [18] Sunkel, G., Trucco, D. y Möller, S., Aprender a enseñar con las tecnologías de la información y de la comunicación en América Latina: Potenciales beneficios, CEPAL. Proyecto financiado por la Unión Europea, Santiago de Chile, 2011.
- [19] Acuña, A., Línea de investigación en tecnologías de la educación, Pontificia Universidad. [en línea]. 2016. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Educacion/08/encuentroEB/documentos/ponencia-1.pdf> citado octubre de 2016, Bucaramanga, 2015.
- [20] Hernández, Pausada, Gómez y Zúñiga, TIC y las personas de edad: Más allá de la usabilidad gerontología educativa, España, 2009.
- [21] Sánchez-Llabana, J., Integración curricular de las TIC conceptos e ideas, Chile: Universidad de Chile, 2002.
- [22] Sanchez, J., Integración curricular de TIC's conceptos y modelos, Enfoques Educativos, pp. 51-70, 2003.
- [23] Gusman-Acuña, J., Estudiantes universitarios: Entre la brecha digital y el aprendizaje. Apertura, [en línea]. 8(8), pp. 21-33, 2008. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68811215002>.
- [24] Cabero-Almenara, J., Las necesidades de las TIC en el ámbito educativo: Oportunidades, riesgos y necesidades, Tecnología y Comunicación Educativas, pp. 1-16, 2007.

C.M. Duran-Chinchilla, recibe el título de Lic. en Lingüística y Literatura en 1997, en la Universidad de Pamplona, Colombia, el título de Esp. en Práctica Docente Universitaria en 2010, en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia; MSc. en Pedagogía, Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, Colombia; Dr. en Ciencias de la Educación Universidad Pedagógica los Libertadores Venezuela (defensa de tesis septiembre de 2106 grado marzo de 2017). Sus intereses investigativos están direccionados a el área pedagógica y educativa, procesos de comunicación y TIC en procesos pedagógicos. Actualmente es docente ocasional del Departamento de Humanidades, Facultad de Educación Artes y Humanidades de la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia.
ORCID: 0000-0001-9291-7841

A.A. Rosado-Gomez, recibe el título Ing. de Sistemas en 2002, en la Univrsidad Francisco de Paula Santander, Cucuta, Colombia, el título de Esp. en Gestión de Proyectos Informáticos en 1998, en la Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia, el título de MSc. en Gestión Aplicación y Desarrollo de Software en 2013, en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. Sus intereses investigativos incluyen: la ingeniería de software, la minería de datos y elementos innovadores en la educación. Actualmente es el director de Departamento de Sistemas e Informatica de la Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia.
ORCID: 0000-0003-2932-3383

Metodología para aprender programación funcional en ingeniería de sistemas aplicando teoría de aprendizaje por descubrimiento

Omar Iván Trejos-Buritica

Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. omartrejos@utp.edu.co

Resumen-- En el presente artículo se examinan las posibles ventajas que se incorporan en un curso de programación de computadores de Ingeniería de Sistemas de primer semestre cuando se implementa una metodología basada en la teoría por descubrimiento y se sirve durante las sesiones prácticas. La metodología se enmarcó en la investigación educativa de carácter cualitativa, articulada con un estudio de casos instrumental y múltiple. Los datos se obtuvieron en las sesiones prácticas durante las cuales se recolectó tanto la opinión de los estudiantes como la observación de sus avances individuales en el desarrollo y solución de los ejercicios propuestos. Los resultados evidencian aprendizajes más significativos cuando se permite que el estudiante, partiendo de los conocimientos previos, pueda inferir el nuevo conocimiento de la mano de explicaciones magistrales que les brinden las semillas necesarias para poder avanzar de manera autónoma. De la misma manera, esta metodología posibilita independencia académica y motivación a los estudiantes para otros aprendizajes en su proceso de formación como ingenieros.

Palabras clave-- Aprendizaje por descubrimiento; ingeniería de sistemas; metodología; paradigma de programación; programación de computadores; programación funcional

Recibido: 6 de septiembre de 2015. Revisado: 1 de noviembre de 2015.
Aceptado: 25 de noviembre de 2015

Methodology to learn functional programming in systems engineering using discovery learning theory

Abstract-- In this article we examine possible advantages to apply Discovery Learning in the first programming computer course in Systems Engineering during the practical sessions. The methodology was framed in educational research with qualitative character based in multiple cases study. The data were collected during the practical sessions from the opinion of the students and the observation of their advances in the resolution of computational problems. The results show more significant and meaningful learning taking the previous knowledge and with the possibility to inferring new knowledge. In the same way, this methodology brings academic independence and motivation for students to access another learnings in the courses of their studies.

Keywords-- Learning for discovering, systems engineering, methodology, programming paradigm, computer programming, functional programming

1. Introducción

El conocimiento, apropiación, asimilación y aplicación de las teorías de aprendizaje han sido una de las preocupaciones que se tienen en los programas de Ingeniería [1] toda vez que un docente ingeniero está capacitado, por su formación disciplinar, para ser ingeniero y pocas veces, por ese mismo camino, está capacitado para ser docente. De allí que ha de

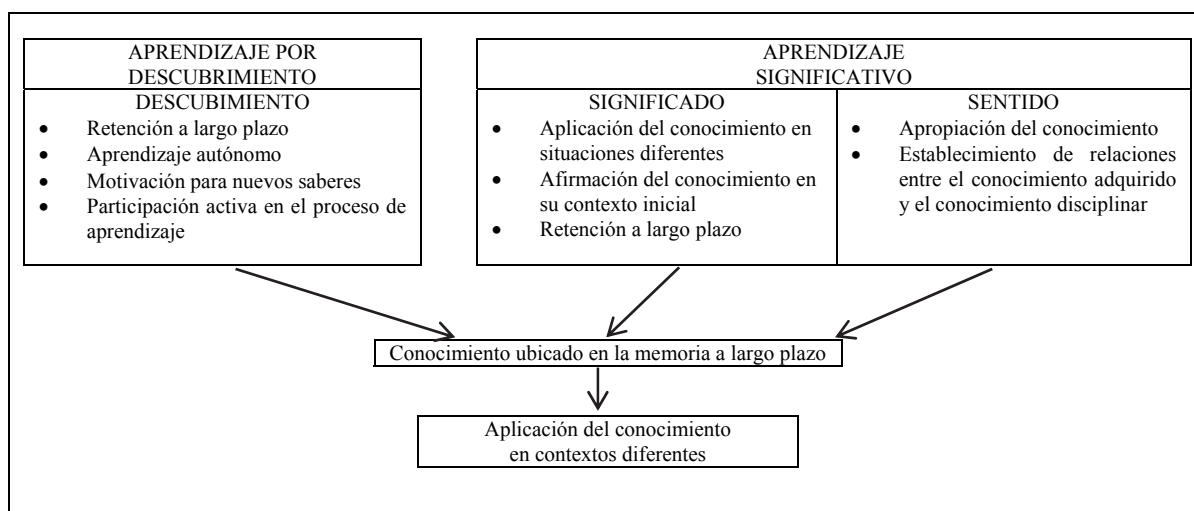
acceder a conocimientos teóricos que si bien no son de su competencia profesional si lo son de su necesidad como docente de ingeniería [2]. Del conocimiento de estas teorías se desprenden las estrategias de enseñanza para que los estudiantes retengan y apliquen los conocimientos que se les quiere servir.

Normalmente el profesor acude a las metodologías tradicionales como son la exposición magistral para intentar llevar al cerebro de los estudiantes un conocimiento de orden tecnológico. Sin embargo, cuando se trata de cursos de programación de computadores, en los cuales el uso de tecnologías computacionales es imprescindible, la necesidad de dinamizar la exposición magistral lleva a que el docente ingeniero deba acudir a teorías de aprendizaje para poder alcanzar los logros y objetivos establecidos en un curso de programación de computadores [3] esperando que la retención y aplicación de los conocimientos se pueda ubicar en la memoria a largo plazo de manera que sirva de soporte para los posteriores usos que la formación disciplinar exija. Una de ellas es la teoría del aprendizaje por descubrimiento [4] íntimamente atada a la teoría de aprendizaje significativo [5].

La aplicación de las mejores estrategias que se extraigan de estas teorías constituye el día a día de los docentes ingenieros en la búsqueda de poder llegar con su conocimiento al estudiante de forma que éste lo asimile, lo apropie, lo aplique y lo evalúe. Esto lleva a que se justifique en un programa de ingeniería la búsqueda de todas las estrategias posibles acudiendo a las teorías de aprendizaje de que se dispongan para buscar caminos que propendan por un aprendizaje sólido tal que el estudiante, al resolver un problema, tenga la suficiente conciencia de la lógica que los sustenta [7]. Algunas veces demuestran poca habilidad para aprender de manera autónoma y menos habilidad para descubrir el conocimiento que subyace a una nueva temática que debe abordarse como parte de la formación disciplinar como ingeniero [7]. Proponer caminos para subsanar estas dificultades es el propósito de este artículo y de su investigación asociada.

De alguna forma, es tradición que el estudiante aprenda de forma memorística los nuevos conocimientos que debe adquirir. El problema se presenta cuando este conocimiento recientemente adquirido se ubica en la memoria a corto plazo y se convierte en un conocimiento tan volátil y tan frágil que

Como citar este artículo: Trejos-Buritica, O. I. Metodología para aprender programación funcional en Ingeniería de Sistemas aplicando teoría de aprendizaje por descubrimiento. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 69-75, Febrero, 2017.



Gráfica 1. Relación Descubrimiento – Significado – Sentido
Fuente: Elaboración propia

prontamente se olvida [3]. Es allí en donde la teoría del aprendizaje por descubrimiento aporta elementos de juicio que posibilitan que, precisamente por la vía del descubrimiento realizado por el mismo estudiante, éste se pueda ubicar en la memoria a largo plazo confiriéndole significado y sentido de manera que no solo el estudiante comprenda y asimile la situación en donde lo aplicó sino que, además, pueda encontrar nuevas situaciones en donde este conocimiento llegue a ser solución de diferentes situaciones tal como lo sugiere la formación por competencias y como se muestra en la Gráfica 1.

Otro aporte que posibilita la teoría del aprendizaje por descubrimiento es la facilidad de abrir caminos para el aprendizaje autónomo y para que el mismo estudiante, de manera voluntaria, tome parte activa de su proceso de aprendizaje como lo indican las estrategias *active learning*. En este contexto existe la posibilidad de que el aprendizaje por descubrimiento proporcione en gran medida elementos de juicio requeridos para que el aprendizaje de la programación funcional encuentre un camino más expedito entre el acompañamiento del docente y el conocimiento adquirido por el estudiante.

La pregunta de investigación que se plantea es la siguiente: ¿es posible encontrar estrategias que posibiliten mejorar el aprendizaje de la programación funcional a partir de la aplicación de la teoría del aprendizaje por descubrimiento en un programa de ingeniería de sistemas siendo este paradigma el corpus que constituye el primer curso de programación? La respuesta a esta investigación es el contenido del presente artículo en el cual se exploran esos caminos, se ponen en la escena académica y se evalúan a partir de diferentes pruebas realizadas con los estudiantes en las cuales se acude no sólo a su valoración cuantitativa sino también a su opinión cualitativa.

En cuanto a la posición epistemológica de la investigación planteada puede decirse que se acude a la necesidad que tiene el ser humano de DESCUBRIR [8] como un posible mecanismo para afianzar los conocimientos en la memoria a largo plazo y poder llegar a aplicarlos con suficiencia en situaciones similares o diferentes a aquellas en las cuales se contextualizó

inicialmente dicho conocimiento sin desconocer que cada estudiante tiene un conjunto de vivencias y situaciones que, desde los tres contextos escolares, le permiten crear un marco de referencia que puede ser diferente a los demás para asimilar conocimientos disciplinares. Además no ha de desconocerse que la organización de cada cerebro es diferente incluso así tenga las mismas vivencias [9].

Este artículo es uno de los productos asociados al proyecto de investigación “Desarrollo de un modelo metodológico para el aprendizaje de la programación imperativa en Ingeniería de Sistemas basado en aprendizaje significativo, aprendizaje por descubrimiento y el modelo 4Q de preferencias de pensamiento” aprobado por la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira bajo el código 6-16-13.

2. Teoría

Como metodología se puede definir el camino o, también, el conjunto de procesos y procedimientos que, siendo altamente racionales, son usados para lograr un determinado objetivo y un conjunto de objetivos y que propende por fortalecer las leyes o conclusiones hasta las cuales llegue la investigación científica, los conocimientos que requieran determinadas habilidades y determinados cuidados [10]. La palabra *metodología* hace referencia a un término demasiado amplio dado que acude a un concepto que, mayormente, puede ser reemplazado por la palabra *método*.

Etimológicamente la palabra metodología significa “el estudio del camino que lleva más allá” y es por esto que esta palabra acude a un concepto propio de la investigación científica que busca cumplir los objetivos que se han planteado en la ciencia. Todo esto lleva a pensar que la metodología, como concepto, puede aproximarse a un conjunto de procedimientos que establece el conocimiento que se deriva de una investigación científica o que determina un específico rumbo doctrinal.

Por su parte, la programación funcional se puede definir como un paradigma de la programación declarativa que se basa en la definición y uso de las funciones matemáticas en contraposición (no necesariamente antagónica) a la programación imperativa. En la programación funcional priman las funciones como núcleos básicos de trabajo que posibilitan obtener resultados a partir de determinados procesos, operaciones y estructuras [11]. En la programación imperativa su esencia está fundamentada en el concepto de estados asociado a la utilización de variables que son las que almacenan la información y cuya interacción se logra a partir de la buena utilización de instrucciones de lenguajes de programación que buscan alterar los contenidos de las variables, interactuar con ellos y operarlos de forma que, en un momento dado, se obtenga el resultado que se espera [12].

Es de anotarse que la utilización de variables (y de su concepto de “estado” asociado) implica efectos colaterales en el desarrollo y aplicación de un algoritmo en términos de lenguajes de programación [13]. En el caso de la programación funcional, éstas se alimentan de argumentos que son los que nutren una función para que esta funcione –valga esta redundancia. La eliminación de los efectos colaterales secundarios que involucra la programación imperativa permite entender y, en determinados casos, llegar a predecir el comportamiento de un programa específico.

Los lenguajes funcionales han tenido un gran uso en lo académico ya que permiten fortalecer el concepto de función y sus características, fomentar la notación formal y establecer un nexo íntimo entre las matemáticas y la programación de computadores [14]. Algunos de los lenguajes funcionales (o que soportan programas puramente funcionales) son Scheme, Caml, Scala y Haskell. La programación funcional también ha tenido grandes aplicaciones en campos como la estadística, las matemáticas y el análisis financiero. Es de anotar que la filosofía de la programación funcional (estructuración de una solución algorítmica a través de funciones, construcción de funciones sin incluir el concepto de “estados”, aprovechamiento de las características de las funciones – llamados, recursividad, operatividad) puede implementarse también en lenguajes de programación imperativos e, incluso, a partir del concepto de métodos en la Programación Orientada a Objetos llegan a ser de gran utilidad en este otro paradigma [15].

En referencia con la teoría de aprendizaje por descubrimiento se puede decir que fue desarrollada por psicólogo norteamericano Jerome Seymour Bruner bajo la óptica constructivista también conocida como aprendizaje heurístico. En esta teoría se busca promover en el alumno una buena capacidad de adquirir los conocimientos por sí solo. La forma como se empezó a concebir la educación, desde esta teoría, representó un cambio significativo en la aplicación de métodos de enseñanza tradicionales pues los contenidos se comenzaron a mostrar de forma parcial y no de manera final y definitiva, como era la costumbre. La teoría sugiere que él debe DESCUBRIR progresivamente lo que falta o lo que sigue tomando como punto de partida lo que proponga el profesor y a partir de sus descubrimientos, el conocimiento

quedará enraizado en la memoria a largo plazo con significado y sentido.

Según Bruner, los estudiantes aprenden más si el proceso de aprendizaje es producto de un descubrimiento guiado que implique exploración promovida por la curiosidad y la fascinación, dos partes consideradas de gran importancia para generar motivación y así poder aproximarse al aprendizaje autónomo. Bruner también plantea que el profesor no tiene como función, en el aula, la presentación de contenidos desde el principio hasta el final sino que debería aplicar estrategias que posibiliten estimular a sus estudiantes en relación con la observación, comparación, el desarrollo del análisis, el hallazgo de semejanzas y diferencias y otros elementos que son los que, a la postre, permitirán descubrir.

El aprendizaje por descubrimiento posibilita la superación de las limitantes que implican las estrategias de aprendizaje tradicional (memorístico o mecanicista), facilita la promoción en los alumnos para pensar por sí solos formulando hipótesis e intentando verificarlas a través de métodos establecidos y aumenta la autoestima y sensación de seguridad en los estudiantes a partir del hallazgo y planteamiento de soluciones creativas en relación con problemas planteados.

Se le critica a la teoría de aprendizaje por descubrimiento la falsa visión sobre los beneficios de esta teoría dado que, según Ausubel no necesariamente cuando se aprende por descubrimiento se involucra significado ni tampoco es totalmente cierto que aprender memorísticamente sea necesariamente mecánico. Todo dependerá de la forma como la información es captada por los sentidos y de cómo los procesa el cerebro así como los almacene.

3. Metodología y Resultados

La metodología utilizada en el desarrollo de esta investigación se explica en la Tabla 1 en donde se explican las fases planteadas con su correspondiente descripción.

Tabla 1.
Descripción de fases de la metodología

Fase	Descripción
1	Lo primero que se hizo fue explicar a los estudiantes el proceso que se iba a realizar, sus objetivos y sus características y la manera como ellos iban a participar de manera activa
2	Se diseñaron instrumentos que permitieran caracterizar a los estudiantes en tres niveles: muy talentosos, mediano talentosos y bajo talentosos, en relación con la programación de computadores
3	Se dividió el grupo de estudiantes en dos subgrupos de a 9 estudiantes. En ambos grupos quedaron un número equivalente de estudiantes de acuerdo con la caracterización de la fase 2. Un grupo se atenderá con metodología tradicional (1) y el otro grupo con metodología basada en aprendizaje por descubrimiento (2)
4	Se establecieron horarios paralelos en ambos grupos de forma que se pudieran explicar en tres sesiones los tres temas a abordar estando el docente con un grupo en la 1ª hora y con el otro grupo en la 2ª hora.
5	Finalizadas las tres sesiones, se realizó la misma evaluación acerca de los temas vistos en ambos grupos
6	Se consultó la opinión de cada uno de los estudiantes en relación con la metodología utilizada en cada grupo
7	Se entregaron los resultados de las evaluaciones y se socializó la experiencia con los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.
Temas y metodologías abordadas

Tema	Nombre General	Tema Explicado	Tema por Descubrir
1	Resolución de problemas	Se plantea una metodología para que, a partir de la formulación de un problema, extender sus fronteras de efectos negativos	Cómo resolver sistemáticamente un problema de acuerdo a unos pasos establecidos
2	Notación Computacional	Se presenta la notación en posfijo (operandos – operador) y se hacen conversiones y operaciones con las expresiones finales	Notación polaca o notación en prefijo que es la que se utiliza en la programación funcional
3	Operadores	Se plantea el uso de los operadores aritméticos, su ubicación dentro de las expresiones en prefijo y su efecto computacional	Operadores relacionales, su uso y el efecto de sus resultados lógicos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.
Evaluación realizada

Sem	Grp	Descrip	Evaluación	PromedioGrupo
I Sem 2015	1	Metod Tradic	Resolución de problemas (3 preg) Notación en prefijo (4 ejerc) Operadores relacionales (3 ejerc)	3.6
	2	Metod Aprend Por Descub	Resolución de problemas (3 preg) Notación en prefijo (4 ejerc) Operadores relacionales (3 ejerc)	4.6
II Sem 2015	1	Metod Tradic	Resolución de problemas (3 preg) Notación en prefijo (3 ejerc) Operadores relacionales (3 ejerc)	3.5
	2	Metod Aprend Por Descub	Resolución de problemas (3 preg) Notación en prefijo (3 ejerc) Operadores relacionales (3 ejerc)	4.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.
Retroalimentación por parte de los estudiantes

Grp	Descrip	Opiniones de los estudiantes		
		Tema 1 Resolución de Problemas	Tema 2 Notación Computacional	Tema 3 Operadores
1	Metod Tradic	- Lo normal - Me pareció muy obvio - Lo que está en los libros - Como siempre - Más o menos - Entendible - Fue muy fácil concluir el método de Polya	- Un poquito enredado - Podría ser más sencillo - Se requieren muchos ejercicios - Hay que practicar	- Fácil de entender - La explicación fue muy buena - No es difícil el tema ¿Podría ser más fácil?
2	Metod Aprend X Descub	- Me pareció muy interesante - Todo lo descubrí - Practicamos bastante - No demoramos nada entendiendo	- Muy fácil el tema - Cambiar la posición del operador fue muy sencillo - Así cualquiera se hace ingeniero de sistemas - La explicación fue maravillosa - Sencillo, como dice el profe	- Muy sencillo utilizar operadores - Muy fácil combinar notación prefijo y operadores - El tema es demasiado fácil - Usar operadores relacionales es demasiado fácil

Fuente: Elaboración propia

Los temas que se abordaron y la metodología utilizada se describen en la Tabla 2 de acuerdo con lo planteado en los objetivos de la presente investigación.

Se realizó una misma evaluación escrita en ambos grupos. La descripción de la evaluación escrita realizada y el promedio de cada grupo se presentan en la Tabla 3 de acuerdo a lo visto en las clases magistrales.

La opinión de los estudiantes en relación con los temas se recogió a partir de una pregunta abierta realizada por escrito: Expresar libremente su opinión acerca de la metodología

utilizada. Algunas apartes de estas opiniones se muestran en la Tabla 4.

4. Discusión

En referencia con la metodología descrita en la Tabla 1, se explican en la Tabla 5 los objetivos o propósitos que se persiguieron con cada una de las fases implementadas para el desarrollo de la investigación.

Tabla 5.
Objetivos de cada fase

Fase	Descripción	Objetivos
1	Lo primero que se hizo fue explicar a los estudiantes el proceso que se iba a realizar, sus objetivos y sus características y la manera como ellos iban a participar de manera activa	Involucrar conscientemente a los estudiantes en el proceso de forma que pudieran conocer su avance y, así mismo, pudieran capitalizar cada uno de los pasos que se dieran
2	Se diseñaron instrumentos que permitieran caracterizar a los estudiantes en tres niveles: muy talentosos, mediano talentosos y bajo talentosos, en relación con la programación de computadores	Tener un panorama más claro en relación con el rendimiento académico de cada uno de los estudiantes de forma que la segmentación pudiera hacerse con unas bases más objetivas
3	Se dividió el grupo de estudiantes en dos subgrupos de a 9 estudiantes. En ambos grupos quedaron un número equivalente de estudiantes de acuerdo con la caracterización de la fase 2. Un grupo se atenderá con metodología tradicional (1) y el otro grupo con metodología basada en aprendizaje por descubrimiento (2)	Balancear la distribución de estudiantes de acuerdo a su rendimiento académico y establecer un paralelo que permitiera comparar resultados entre los dos grupos seleccionados: uno con la metodología tradicional y el otro con la metodología de aprendizaje por descubrimiento
4	Se establecieron horarios paralelos en ambos grupos de forma que se pudieran explicar en tres sesiones los tres temas a abordar estando el docente con un grupo en la 1ª hora y con el otro grupo en la 2ª hora.	Propiciar las mismas condiciones (de forma, tiempo y lugar) para que ambos subgrupos recibieran las clases sin que existieran factores que enturbiaran la investigación
5	Finalizadas las tres sesiones, se realizó la misma evaluación acerca de los temas vistos en ambos grupos	Establecer parámetros que permitan verificar, por escrito, lo comprendido y aprendido de los temas vistos
6	Se consultó la opinión de cada uno de los estudiantes en relación con la metodología utilizada en cada grupo	Retroalimentar el proceso con la opinión de los protagonistas del mismo que son los propios estudiantes
7	Se entregaron los resultados de las evaluaciones y se socializó la experiencia con los estudiantes	Compartir la experiencia con los mismos alumnos y escuchar al respecto los aportes, críticas y observaciones que quieran hacer

Fuente: Elaboración propia

Desde la 1ª fase hasta la última se buscaba con esta metodología, además de encontrar un camino más llano para alcanzar los objetivos de aprendizaje, permitir que el estudiante conociera y aprovechara cada avance y, de esa forma, se involucrara activamente en su desarrollo.

En referencia con los temas abordados, que se presentan en la Tabla 2, vale la pena anotar que la selección de dichos temas (resolución de problemas, notación computacional y operadores) obedece a algunas dificultades detectadas por el autor de este artículo a lo largo de sus más de veinte años de experiencia docente en el área de la programación de computadores. La resolución de problemas es un tema fácilmente digerible y entendible, sin embargo, su aplicación metodológica no lo es tanto dado que el estudiante normalmente conoce las metodologías para resolución de problemas pero al momento de aplicarlas acude directamente a la construcción de programas a través del código.

Por su parte la notación computacional, y exactamente la transformación de la tradicional notación infijo (que es la que conocemos desde primaria en la cual el operador se ubica entre los operandos) a la notación en prefijo (en la cual el operador se ubica antes de los operandos) involucra ciertas particularidades que, de una u otra forma, representan dificultades para el estudiante. No es despreciable el hecho de que el estudiante, en el 1º semestre de una carrera profesional, viene de interactuar por más de 11 años con la notación infijo y se le cambia la estructura (por notación prefijo) tan solo en unos meses. Esa comprensión involucra complejidades que vale la pena tener en cuenta desde todo punto de vista en un curso inicial de programación funcional.

Por último la utilización de los operadores, tercer tema seleccionado para aplicar metodología de aprendizaje por descubrimiento, se ha incluido en esta selección debido a que si bien la comprensión de los operadores relacionales es casi natural dada la experiencia que el estudiante trae de sus ciclos formativos en primaria y secundaria, no es así tan simple cuando se trata de utilizar operadores lógicos pues estos tienen una dinámica más interesante y, para el estudiante, más compleja a pesar de ser más sencillos y de aproximarse más a la lógica natural (lógica humana).

La Tabla 2 adicionalmente presenta la estrategia utilizada para propiciar el camino para que el estudiante, basado en sus conocimientos previos, “descubra” lo que realmente se le quiere servir como parte del contenido temático de la asignatura. Por el lado de la resolución de problemas, se le explica al estudiante una metodología hipotética destinada a complicar el escenario en el cual tiene efecto un determinado problema. En la aplicación de la metodología, es el estudiante quien debe encontrar caminos lógicos que le permitan plantear una forma de resolver el problema, es decir, avanzar en el sentido contrario al visto en clase.

En lo que corresponde al “descubrimiento” de la notación computacional se le sirve al estudiante las características, conversión, resolución e interacción con la notación en posfijo (aquella en la cual el operador se ubica después de los operandos) y se le indica al estudiante que, por su propia cuenta, plantee lo que se requiere —en conversión, resolución e interacción— para hacer efectiva la notación en prefijo (o sea aquella en la cual el operador se ubica antes de los operandos). Si bien pareciera que solo es cambiar de posición un operador, la realidad es que no es tan simple, pues el proceso de conversión de una expresión, el recorrido sobre el árbol binario, la obtención y verificación de la nueva expresión y su mecánica de resolución son completamente distintos. Incluso el mismo estudiante (en un porcentaje bastante alto) descubre la manera como la notación posfija puede ser tratada como prefija —o viceversa— y de esa forma encuentra un punto en donde ambas notaciones se encuentran.

Los operadores relacionales y booleanos se estudian a partir de los operadores aritméticos en su ubicación, notación, descripción, uso, simplificación, distribución y obtención de resultados. Si los operadores aritméticos originan resultados numéricos, los operadores relacionales y booleanos originan resultados lógicos y ese simple detalle imprime una diferencia significativa en la comprensión del uso de estos operadores

debido a que los resultados aritméticos se pueden operar aritméticamente para obtener otros resultados mientras que los resultados lógicos se pueden operar pero bajo reglas lógicas que son un poco diferentes.

De esta forma se buscó que a través de la “complicación” de los problemas, los estudiantes pudieran descubrir el camino para resolverlos; a través de la notación posfijo descubrieran la notación prefijo y a través de los operadores aritméticos descubrieran los operadores relacionales y lógicos operando bajo la notación en prefijo.

La Tabla 3 muestra los resultados cuantitativos que se derivan de la evaluación realizada a cada uno de los subgrupos en el respectivo semestre. En ella se puede observar que el promedio de la evaluación es superior en el subgrupo con el cual se trabajó bajo metodología de aprendizaje por descubrimiento en comparación con el subgrupo con el cual se trabajó la metodología tradicional. La diferencia en el promedio es notoria si se tiene en cuenta que es de 1 unidad en el I semestre de 2015 y de casi 1 unidad (0.9) en el II semestre de 2015. Las inferencias que se pueden derivar de los resultados de la Tabla 3 se revalidan con las opiniones cualitativas de la Tabla 4 pues en ella las opiniones de los estudiantes bajo metodología tradicional destacan, por momentos, cualidades del docente lo cual hace que el proceso de aprendizaje dependa de la capacidad del profesor mientras que los estudiantes bajo metodología de aprendizaje por descubrimiento destacan la metodología como tal lo cual permite que, al margen de las cualidades del docente es posible extrapolar esta metodología con sus estrategias y actividades para que se aplique en otras asignaturas y es allí en donde se establece la gran diferencia.

5. Conclusiones

En este tipo de investigaciones todo parece indicar que, cuando se involucra a los estudiantes enterándolos de cada una de las fases que se van a cubrir y de los logros que se quieren alcanzar, es mucho más fácil lograr objetivos de aprendizaje sea que estén mediados por una teoría como la del aprendizaje por descubrimiento que ha servido de base para esta investigación o cualquier otra teoría de aprendizaje. Tener un mecanismo objetivo que permita caracterizar a los estudiantes para poder realizar segmentaciones de grupos balanceadas forma parte de los criterios e instrumentos con que se debe contar para aproximarse a resultados mucho más confiables hablando en términos de investigación educativa tecnológica.

El desarrollo de estos procesos investigativos con grupos paralelos implica intentar mantener al máximo las condiciones externas de todo tipo de forma que los subgrupos que se quieran estudiar tengan los mismos factores externos tal que nada afecte el desarrollo de la investigación. Cualquier pequeño cambio aparente puede ser significativamente influyente en el desarrollo de este tipo de proyectos de investigación y por lo tanto puede llegar a influir sesgando los resultados. La evaluación escrita o bajo cualquier otro tipo de modalidad siempre será una necesidad para validar lo aprendido y para verificar si efectivamente este tipo de procesos han tenido el impacto esperado. El diseño de la evaluación ha de ser lo más objetiva posible de forma que se pueda confiar en los resultados

obtenidos toda vez que la investigación esté en rima con la temática, las estrategias, las dinámicas y los conceptos involucrados.

Todo parece indicar que así como es importante enterar a los estudiantes de las fases, objetivos y propósitos de este tipo de investigaciones con el ánimo de que ellos participen activamente, también lo es presentarles los resultados obtenidos, los logros alcanzados y abrir espacios para que ellos opinen, critiquen, retroalimenten y enriquezcan el proceso como tal, al fin y al cabo ellos son los protagonistas y razón de ser de estas investigaciones. Finalmente es de anotar que este tipo de experiencias investigativas vale la pena confrontarlas por lo menos en dos semestres consecutivos para validar los resultados y poder aumentar la confiabilidad de los mismos en los términos en los que la investigación científica establece. Tampoco se puede desconocer que la teoría del aprendizaje por descubrimiento posibilita caminos de aproximación al conocimiento bastante sencillos para los estudiantes en su etapa de formación profesional en un programa de ingeniería.

Bibliografía

- [1] Vega, A.M. y Espinel, A., Aspectos fundamentales para la enseñanza de la programación básica en ingeniería. Revista Avances en Sistemas e Informática, 7, pp. 7-13. 2010.
- [2] Fincher, S., ¿What are we doing when we teach programming? 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. San Juan, Puerto Rico. 10-13 de Noviembre de 1999, Sesión 12ª4.
- [3] Trejos, O.I., Significado y competencias. Pereira. Papiro, 2013.
- [4] Bruner, J., Actos de significado: Mas allá de la revolución cognitiva. Madrid. Alianza Editorial, 2009
- [5] Ausubel, D., Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. Ciudad de México: Trillas, 1986
- [6] Paz-Penagos, H., Aprendizaje autónomo y estilo cognitivo: Diseño didáctico, metodología y evaluación. Revista Educación en Ingeniería, 9, pp. 53-65. 2014.
- [7] Romero, C. y Rosero, M., Modelo de enseñanza y su relación con los procesos metacognitivos en programación de sistemas. Revista Educación en Ingeniería, 9(17), pp. 1-12, 2014.
- [8] Azad, A. and Smith, D., Teaching an introductory programming language in a general education course. 2014, Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice, 13, pp. 57-67, 2014
- [9] Small, G., El cerebro digital. Madrid. Editorial Urano, 2011.
- [10] Costa, M. y Costa, F., Metodología da pesquisa: Perguntas e respostas. 1a Ed. Sao Paulo. DoAutor, 2013.
- [11] Felleisen, M. et al., How to design programs. 2a Ed. Boston: MIT Press, 2013.
- [12] Deitel and Deitel, C++ Programming. New York: Prentice Hall, 2013.
- [13] Schildt, H., C Programming. México: McGraw Hill, 2010.
- [14] Van Roy, P., Concepts, Techniques and models of computer programming. Estocolmo. Université Catholique de Louvain, 2008.
- [15] Van Roy, P., Techniques and methods in programming computer. Louvaine: University Press, 2008.
- [16] Paz-Penagos, H., ¿How to develop metacognition through problem solving in higher education? Revista de Ingeniería e Investigación, 31, pp. 75-80, 2009.
- [17] Sparks, J., The pythagorean theorem. Bloomington (Indiana): AuthorHouse, 2008.
- [18] Bruner, J.S., Hacia un teoría de la instrucción. Ciudad de México: Hispanoamericana, 1969.
- [19] Trejos, O.I., Aprendizaje en ingeniería: Un problema de comunicación. Pereira (Colombia): Tesis Doctoral, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, 2012.
- [20] Trejos, O.I., Fundamentos de programación. Pereira: Papiro, 2006.

- [21] Schildt, H., C++ programming. Vancouver: McGraw Hill, 2010.
- [22] Trejos-Buriticá, O.I., Algoritmos problemas básicos. Pereira (Colombia): Papiro, 2008.
- [23] Boyer, C., Historia de la matemática. Madrid (España): Alianza Editorial, 2010.
- [24] Stewart, I., Historia de las matemáticas en los últimos 10000 años. Barcelona (España): Editorial Crítica, 2012.
- [25] Attard, A. et al., Student centered learning. An insight into theory and practice. Bucarest: Lifelong learning programme - European Community, 2010.
- [26] O'Farrel, C., Enhancing student learning through assesament. New York: Electronic Press, 2012.
- [27] Vigotsky, L., El desarrollo de los procesos sicológicos superiores. México: Eitorial Grijalbo, 1981.

O.I. Trejos-Buriticá, es Ing. de Sistemas, Universidad Incca de Colombia (1992). Esp. en Instrumentación Física, Universidad Tecnológica de Pereira (2000). MSc. en Comunicación Educativa, Universidad Tecnológica de Pereira (2006). PhD en Ciencias de la Educación, Universidad Tecnológica de Pereira (2012). Docente de planta, Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de Pereira (1996). ExDirector de Ingeniería de Sistemas y Computación. ExDecano Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de Pereira.
ORCID: 0000-0002-3751-6014

Proyectos de ingeniería integrados a la comunidad (PIIC), una visión institucional y metodológica

Jaime Andrés Vélez, Franklin Jaramillo, Julio César Saldarriaga & Carlos Alberto Palacio

Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. jaime.velez@udea.edu.co, franklin.jaramillo@udea.edu.co,
julio.saldarriaga@udea.edu.co, cpalacio@udea.edu.co

Resumen— Se presenta la estructura metodológica del curso “Proyectos de Ingeniería Integrados a la Comunidad” (PIIC), como parte de una estrategia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia para efectuar las directrices de su plan de desarrollo en cuanto a la implementación de procesos innovadores en la enseñanza de la Ingeniería. Con esta metodología se responde también a la necesidad de acercar a los estudiantes a la comunidad y ofrecerle a ambos frentes (estudiantes y comunidad) la oportunidad de participar en proyectos de ingeniería en todas sus fases, a través de la aplicación de técnicas pedagógicas basadas en la resolución de problemas, trabajo multidisciplinario, conformación de grupos multinacionales y multiculturales y el uso de las TIC. Se desglosan los distintos proyectos realizados hasta la fecha y se destaca la importancia de la creación de redes y el apoyo institucional en el éxito de este tipo de iniciativas.

Palabras Clave— Impacto social, pedagogía, vocación ingenieril, proyectos ingeniería.

Recibido: 14 de octubre de 2016. Revisado: 28 de noviembre de 2016.
Aceptado: 09 de diciembre de 2016.

Engineering projects integrated to the community (PIIC) institutional and methodological vision

Abstract— The methodology of the course “Engineering Projects Integrated to the Community” (PIIC) is presented as a response of the Faculty of Engineering of University of Antioquia to the need of closing the gap between engineering students and the community while, at the same time, offering to both students and the community the opportunity of participating in an engineering project in all its phases. This will be accomplished through the application of pedagogic techniques based in the problem solution, multidisciplinary work, and conformation of multinational and multicultural groups and the use of ICT (Information and Communication Technologies). The different projects developed to date are detailed and the importance of the network building and the institutional support in this type of initiatives is highlighted.

Keywords— Social impact, pedagogy, engineering calling, engineering projects.

1. Introducción

El papel de la ingeniería en el desarrollo de las sociedades y en el innegable avance en la calidad de vida a nivel mundial ha sido crucial. Sin embargo, este desarrollo no es uniforme y genera sus propios problemas en cuanto a inequidad, reducción de la pobreza, cambio climático y desarrollo sostenible, entre otros muchos.

Es fundamental entonces, asumir estos retos sociales y ambientales como parte integral del quehacer ingenieril y no como

un objetivo secundario o un subproducto más o menos deseable del desarrollo económico. El profundo efecto de las nuevas técnicas y tecnologías aplicadas en las vidas de las personas corrientes no puede dejarse al azar, debe ser tema de constante reflexión y reevaluación, no solo en el ámbito del ejercicio de la profesión ingenieril, sino desde la fuente misma, es decir, las aulas donde se forman las nuevas generaciones de ingenieros y que en la mayoría de los casos, son también el último lugar donde se tiene la oportunidad de influir sobre el tipo de ingenieros que nuestras sociedades requieren.

Este debate no es nuevo, la ingeniería ha sido definida por la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) como: “La profesión en la cual el conocimiento de las matemáticas y las ciencias naturales ganado a través del estudio, la experiencia y la práctica, es aplicado conscientemente en el desarrollo de formas económicas de uso de los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el *beneficio de la humanidad*” [1] (énfasis añadido por los autores).

Sin embargo, existen factores que hacen que este llamado al bien común no esté tan insertado en la práctica del oficio como sería deseable y entre ellos están:

1.1. El bajo conocimiento social de la labor del ingeniero

A pesar del papel crucial que desempeña el ingeniero en el desarrollo económico, parece existir una desconexión entre su trabajo y el producto final tal como es percibido por la sociedad [2]. Esto se debe a la posición tradicional del ingeniero dentro de la cadena productiva (Figura 1), donde rara vez se relaciona de forma directa con la sociedad, sea como el que atiende sus necesidades, o como quien finalmente entrega los productos requeridos.

La desconexión a la que se hace alusión, funciona en ambos sentidos, primero la sociedad no identifica con claridad el mérito del trabajo del ingeniero, al quedar éste sepultado en medio del sistema productivo y segundo, a su vez el ingeniero no comprende en muchas ocasiones el impacto último de su labor en la sociedad a la que sirve.

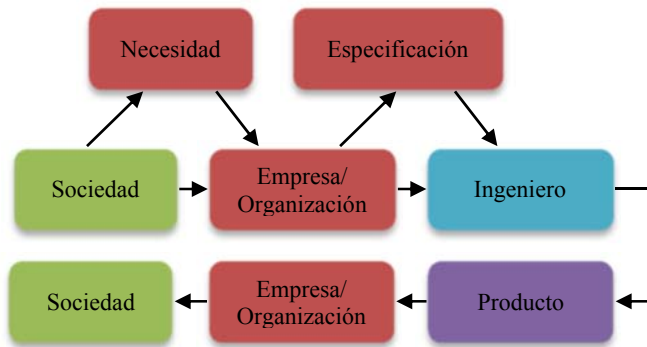


Figura 1. Representación esquemática de la posición del ingeniero en la cadena productiva.

Fuente: Los autores.

1.2. Segregación cultural

El ejercicio de la ingeniería implica el dominio de conocimientos altamente especializados, adquiridos durante años de formación intensiva que necesariamente separan al ingeniero culturalmente del promedio de la población, lo que invita por un lado al desarrollo de actitudes elitistas y por el otro a la desconfianza de la población que ve al ingeniero como un ente misterioso y aislado o apático. Esta separación puede comenzar desde la academia en casos extremos, cuando los procesos de enseñanza tradicionales priorizan en exceso los principios técnicos en detrimento de los valores sociales [3]

1.3. Reconocimiento Social

Producto de lo anterior, la extremada especialización requerida por los diferentes campos de la ingeniería, no solo distancia al ingeniero de la sociedad, sino que separa a los propios ingenieros entre sí, de acuerdo con su área de experticia, lo que dificulta la coalescencia del grupo en causas comunes, así como la eficacia a la hora de resolver problemas complejos que requieran conocimientos en diversas disciplinas.

Las anteriores son apenas algunas de las barreras a salvar si se quiere alcanzar el ideal de un ingeniero plenamente consciente de su capacidad como agente del cambio social positivo y, aunque hay muchas asociaciones y organizaciones dedicadas a propiciar este cambio de paradigma, la magnitud de la tarea hace que difícilmente sean suficientes, sobre todo si no se ataca el problema desde las mismas aulas [4].

Como un intento de mitigar algunos de estos factores a nivel local en el municipio de Medellín y en el departamento de Antioquia, surgió la iniciativa de Proyectos de Ingeniería Integrados a la Comunidad (PIIC) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, experiencia que será presentada a lo largo de este artículo.

2. Antecedentes

La idea seminal del curso PIIC se basa en el modelo Engineering Projects In Community Service [5] (EPICS®) de la Universidad de Purdue, donde la idea central consiste en el desarrollo de proyectos multidisciplinarios en los cuales los

alumnos deben responder a las necesidades de un *cliente* que es, en este caso, la comunidad. Este modelo fue expuesto por el director del programa EPICS William Oakes durante la celebración de un taller en Medellín en el año 2012, al cual fueron invitadas diversas instituciones de la ciudad.

A partir de ese taller, los autores, con el aval de las directivas de la Facultad de Ingeniería, establecieron un estrecho contacto con el grupo EPICS® de la Universidad de Purdue, que desembocó primero en la creación de un grupo de trabajo PIIC conformado por alumnos de ingeniería mecánica y de materiales en 2013, seguido en 2014 por la propuesta formal del curso al Consejo de la Facultad de Ingeniería donde fue aprobado unánimemente como curso electivo de Facultad. Finalmente se logró ese mismo año el reconocimiento por parte de la Universidad de Purdue al curso PIIC como EPICS Global Partner.

Como respuesta a este nuevo proyecto de inclusión de procesos enfocados a la formación de ingenieros, tras visitas a universidades del exterior y a partir de las experiencias exitosas de PIIC, en el año 2015 se crea la Unidad de Pedagogía en Ingeniería (UPI), que representa un gran paso adelante en la integración de metodologías innovadoras a la enseñanza de la ingeniería en la Universidad de Antioquia, siendo PIIC el laboratorio ideal para la prueba de estas metodologías con miras a su adopción posterior en otros cursos de la Facultad. Esta Unidad plantea apuestas tanto en la formación de estudiantes, como la necesidad de evaluar los procesos actuales de enseñanza, aspectos en los cuales se concentra la iniciativa PIIC.

3. Metodología

Si bien los principios básicos de multidisciplinariedad y servicio comunitario de EPICS son compartidos por el curso PIIC, las diferencias en cuanto al número de estudiantes, la duración del programa y los recursos disponibles, hacen que las metodologías por necesidad sean diferentes, por lo que hoy en día el curso PIIC cuenta con una identidad y metodología propios, diseñados para aprovechar de forma eficiente los recursos particulares de la institución en la que opera y las comunidades a las que sirve.

Los objetivos principales de PIIC son:

- Acercar los estudiantes a la comunidad, fomentando la interacción personal con individuos de todos los estratos sociales.
- Visibilizar a los estudiantes de ingeniería en las comunidades, permitiendo que estas conozcan de primera mano el quehacer ingenieril.
- Presentar el estudio de la ingeniería como un camino cercano y viable de desarrollo personal para los habitantes de la comunidad.
- Ofrecer tanto a los estudiantes como a los habitantes de la comunidad, la oportunidad de participar en el ciclo completo de un proyecto de ingeniería. Acá se conciben desde la fase de exploración del problema, hasta la fase de implementación de las soluciones, eliminando barreras culturales y fomentando el sentido de pertenencia tanto de

alumnos como de la comunidad, al verse a sí mismos como parte del mismo tejido social.

- Sacar a los estudiantes de su zona de confort (el aula), enfrentándolos a entornos de trabajo colaborativo interdisciplinario, multinacional y multicultural en los que deberán desarrollar habilidades adicionales esenciales para el futuro ejercicio de su profesión como, por ejemplo, la habilidad para la transmisión efectiva de sus ideas, el manejo de lenguas extranjeras o la capacidad de generar empatía con otras culturas, entre otras.

El resultado final de la metodología PIIC es exponer al estudiante a un cambio en el paradigma tradicional del esquema productivo, lo que se resume en la Figura 1, donde se reemplaza por la interacción inmediata y transparente de todos los actores: ingeniero, producto (entendiéndose éste como una respuesta concreta a una necesidad) y la sociedad (Fig. 2).

Bajo este nuevo paradigma, el estudiante se ve involucrado directamente con el resultado de su labor y puede comprobar de primera mano el impacto que su trabajo tiene en la comunidad, lo que estimula el surgimiento de un sentido de responsabilidad social y ayuda en su formación integral, tras reforzar las conocidas habilidades blandas.

Para alcanzar estos objetivos, es necesario implementar un modelo pedagógico e institucional capaz de suministrar a alumnos y docentes, la estructura, la flexibilidad y los recursos necesarios sin sacrificar rigor en el proceso formativo. A continuación, se detallan las características principales de estos dos modelos, así como la comunidad intervenida y los casos de aplicación.

3.1. Modelo pedagógico

Según el Documento Rector de Transformación Curricular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia (2006), implementado en los programas académicos hacia el año 2008, la transversalidad del Currículo implica los siguientes conceptos y procedimientos [6]:

- **Formación en investigación:** Todos los proyectos de aula se constituyen bajo la formulación de problemas que posibilitan la estructura metodológica para su solución, potenciando las competencias de los estudiantes en el campo de la investigación.

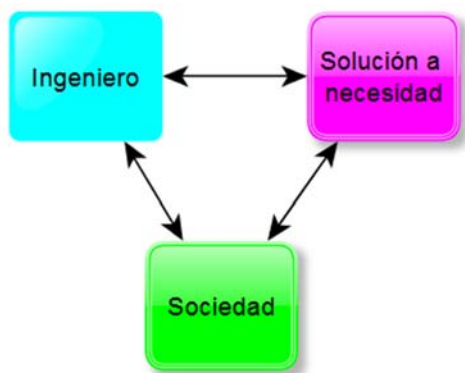


Figura 2. Esquema productivo PIIC.
Fuente: Los autores.

- **Competencias Comunicativas:** Todos los proyectos de aula incorporan, en alguna medida, las competencias de leer, escribir, escuchar y exponer.
- **La Formación Integral:** Todos los proyectos de aula propenden por el desarrollo de la inteligencia, que se vislumbra en la potencialización de competencias por la adquisición de conocimientos y por la incorporación de valores y sentimientos, que se explicitan a través de los conocimientos en el mejoramiento cualitativo del ser social.
- **Uso de nuevas Tecnologías:** Todos los proyectos de aula en alguna medida, harán uso de las nuevas tecnologías.
- **Normas de Aseguramiento de la Calidad:** Algunos proyectos de aula en sus conceptos y procedimientos integrarán la aplicación pertinente de las normas, regulaciones y estandarización, definidas a nivel nacional e internacional.
- **Emprendimiento y Empresarismo:** En todos los proyectos de aula debe estimularse la creación de nuevas ideas, orientadas al desarrollo de la investigación para la creación de empresas y no constreñir este ideal al desarrollo de cursos aislados sobre el tema.
- **Lenguas Extranjeras:** Los proyectos de aula basarán sus fuentes bibliográficas en Lenguas Extranjeras, en la medida en que el desarrollo de los conocimientos así lo exijan.

Con el fin de promover la integración al aula de estos principios, se recurre a la formulación de una metodología de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos (Problem and Project Based Learning, PLB. Ver [7]) adaptada a las particularidades del curso PIIC y que tiene las siguientes características:

- El problema es el punto de partida del proceso formativo y, en el caso de PIIC, surge directamente de la interacción de los estudiantes con la comunidad bajo principios tomados de la Investigación Acción Participativa (IAP) [8] y la Investigación e Innovación Responsable (RRI) [9].
- La aproximación a la comunidad se hace previa capacitación por parte de asesores expertos en Trabajo Social, de tal forma que la interacción se establezca desde la igualdad y la empatía, así como para evitar malos entendidos que puedan dificultar la ejecución del proyecto. El estudiante debe verse como parte de la comunidad a la que sirve.
- Los estudiantes aprenden por experiencia directa, al formular hipótesis y ponerlas a prueba durante el desarrollo del proyecto, lo que implica que los estudiantes deben realizar actividades de investigación, planeación, escritura, prototipos, y presentaciones que estimulan el aprendizaje en profundidad y de manera integral.
- Los proyectos son llevados a cabo por grupos de estudiantes (típicamente de entre 3-5 alumnos) provenientes de todas las carreras ofrecidas en la Facultad de Ingeniería. Se fomenta en ellos, la interdisciplinariedad y la cooperación en la formulación de aproximaciones a la solución del problema objeto de estudio, desde múltiples áreas del conocimiento ingenieril.
- Cada proyecto cuenta, además de la guía del docente PIIC, con un banco de asesores externos expertos en campos particulares a los cuales los alumnos pueden acudir y que, además, participan en los procesos de evaluación.

- Los grupos de trabajo PIIC en la universidad de Antioquia, cuentan a su vez con grupos espejo en otras instituciones nacionales o internacionales, los cuales hacen parte integral del desarrollo del proyecto y de la formación del ingeniero.
- De ser necesario, se crean alianzas estratégicas con grupos de investigación y laboratorios dentro y fuera de la Facultad, con el fin de realizar los experimentos o pruebas que el proyecto requiera.
- De acuerdo con Cross (2008) y Pahl, Wallace, & Bessing (2007), el marco teórico que integra a las diferentes disciplinas en un flujo de trabajo coherente desde la definición del problema hasta la implementación de la solución, es el del diseño ingenieril.
- La duración del curso lectivo es de un semestre académico (16 semanas), sin embargo, si el proyecto lo amerita, puede continuarse al semestre siguiente con un grupo nuevo de estudiantes, asesorados por voluntarios del semestre inmediatamente anterior.
- Seguimiento efectivo: Un grupo de trabajo eficiente debe tener bien definidas y en cada momento, las responsabilidades de cada uno de sus miembros y, además, contar con las herramientas que hagan esta división de tareas transparente, de tal forma que cada uno de los integrantes, así como el docente, sepa qué están haciendo los demás en todo momento. Es decir, cuales son las fechas de vencimiento de cada actividad y como sus propias actividades se enmarcan dentro del proceso global del proyecto. El curso PIIC integra este principio en su metodología, aplicando una variación del sistema de Flujo ágil de desarrollo de software que se implementa como metodología Kanban [12] en la plataforma web de trabajo colaborativo Trello.Inc [13] (Ver Fig. 3).

La estructura general de una sesión de trabajo consta de un segmento de seguimiento y socialización de las tareas llevadas a cabo, un segmento de trabajo grupal donde los alumnos acompañados del asesor evalúan y reparten actividades y un segmento de clase magistral en metodología del diseño. Los tiempos asignados a cada segmento varían de acuerdo con las necesidades de cada proyecto.

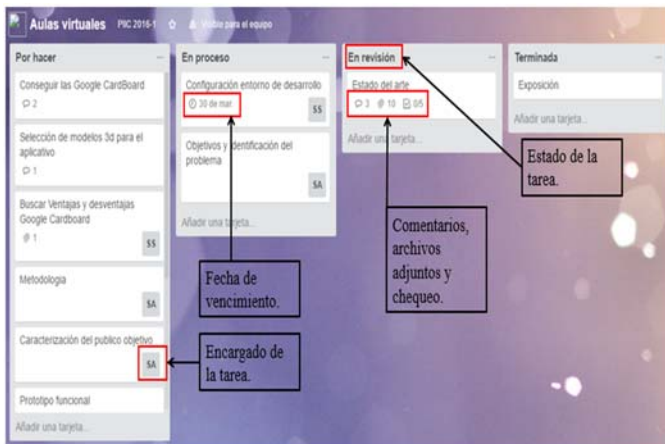


Figura 3. Ejemplo de uso de la metodología Kanban en la plataforma Trello.
Fuente: Los autores.

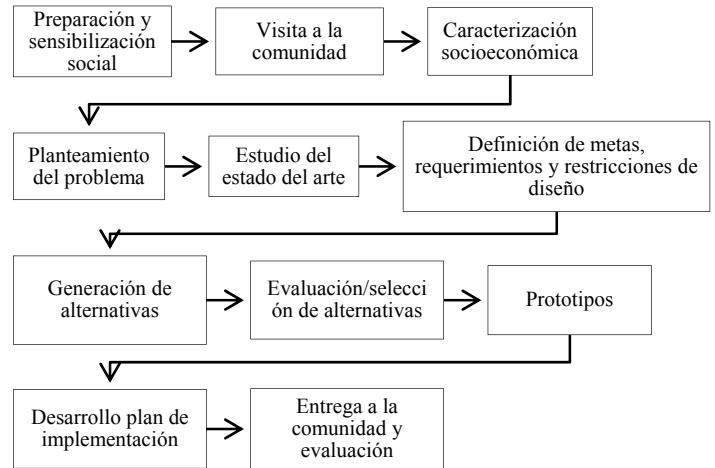


Figura 4. Flujo típico curso PIIC.
Fuente: Los autores.

La evaluación del curso se hace a través de informes escritos y presentaciones orales periódicas de avance grupal y reportes individuales; culminando con un reporte y presentación de cierre del proyecto, ante el docente del curso y los asesores externos.

El estudiante que termina el curso, puede de forma voluntaria continuar en calidad de “egresado” o voluntario, aportando los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del proyecto y actuando como asesor y par evaluador en proyectos relacionados.

Las soluciones entregadas a la comunidad deben tener como componente principal la transmisión de conocimiento. Según el proyecto, se pueden instalar prototipos, pero es la propia comunidad quien aprende a implementar y a mantener la solución propuesta.

En líneas generales el proceso de un curso PIIC puede verse resumido según lo mostrado en la Fig. 4.

3.2. Comunidad intervenida

El grupo EPICS de la Universidad de Purdue trabajó en los años 2010-2012 con comunidades remotas del Chocó, concretamente en Beté y con los indígenas de Wounaam, sin embargo, las dificultades de acceso y de logística, los llevó a reevaluar la necesidad de contar con un socio estratégico en Colombia con quien pudiese llevar a cabo proyectos de impacto social.

Con base en lo anterior y tras el establecimiento del curso PIIC, se decidió continuar con el desarrollo de soluciones energéticas en instituciones educativas como un proyecto conjunto UDEA-Purdue y se dispuso buscar una institución educativa en la cual llevar a cabo las pruebas del sistema que una vez perfeccionado se instalaría en escuelas remotas.

En este sentido, los alumnos del curso PIIC evaluaron distintas zonas e Instituciones educativas, seleccionando finalmente a Altos de Oriente II. Este sitio de intervención, se caracteriza como una zona de invasión, situada entre los municipios de Bello y Medellín, foco de futuros desarrollos. En entrevistas y observaciones directas de los estudiantes en la comunidad, se halló que esta presenta, además, muchos de los

problemas típicos de cualquier zona de población vulnerable en Colombia [14], entre ellos:

- Alto porcentaje de población desplazada.
- Carencia de servicios públicos como acueducto o alcantarillado.
- Lejanía del casco urbano y difícil acceso.
- Problemas de legalización de predios.
- Presencia de grupos armados.
- La mayoría de la población se dedica a la economía de subsistencia.

Dentro de dicha zona de estudio, se seleccionó la Institución Educativa León XIII como centro para futuros desarrollos y establecimiento de los ensayos pilotos.

Tabla 1

Proyectos realizados por PIIC hasta la fecha.

Curso	Número de estudiantes	Proyecto	Nivel de ejecución	Alianzas
2013-2	4	Minicable aéreo de carga Santo Domingo	Diseño de detalle	Ruta N Proy. Interchange Grupo de Diseño Mecánico UDEA
2013-2	4	Energía solar para I.E.s	Diseño de detalle	EPICS
2014-1	3	Camilla de primeros auxilios	Entregada	DAGRED CIDEMAT EPICS
2014-2	4	Mobiliario urbano y energía solar	Diseño de detalle, próximo a implementar	EPICS CIDEMAT I.E. León XIII
2015-1	4	Filtros de arena lenta	Prototipo, próximo a implementar	Global Engineering
2015-2	5	Innovación en sistemas de potabilización	Prototipos	Angelo State University Global Engineering
	5	Transferencia tecnológica filtro de arena lenta	Prototipo instalado	Global Engineering
	4	Escalamiento de sistema de filtrado	Diseño de detalle	Global Engineering
	5	Estructuras de soporte solar, aulas biorreguladas	Diseño conceptual	EPICS
2016-1	2	Aulas virtuales	En curso	Por definir
	3	Promoción de la vocación ingenieril	En curso	Angelo State University Grupo Ingeniería y Sociedad LUDENS
	4	Implementación filtros de arena lenta	En curso	Global Engineering Grupo GIRAB Laboratorio de Mineralurgia UDEA EPICS
	4	Aulas Biorreguladas	En curso	EPICS

Fuente: Los autores.



Figura 5. Proceso diseño de estructura de soporte para paneles fotovoltaicos. a. Encuentro con la comunidad y puesta en común del proyecto. b. Análisis de condiciones ambientales y socioculturales. c. Prototipo, socialización y ajustes. d. Diseño detallado final.

Fuente: Los autores.

4. Resultados

Como resultados directos de la aplicación de la metodología y la filosofía del curso PIIC, se han obtenido múltiples desarrollos de proyectos ingenieriles con impacto social, particularmente en las áreas del tratamiento de aguas y las energías renovables, sin embargo, la iniciativa PIIC ha participado en diversos proyectos de interés social, tal como se resume en la Fuente: Los autores.

En este sentido, es importante destacar que son varias las experiencias realizadas, los niveles de ejecución logrados y las empresas o grupos socios.

En la Figura 5 se ilustra a modo de ejemplo cómo son llevadas a cabo las distintas fases de un proyecto PIIC y en especial el de Energía Solar para Instituciones Educativas (IEs).

En el año 2016, los proyectos a realizar incluyen:

- Aulas virtuales: Aplicación de las nuevas tecnologías de realidad virtual a un entorno digital tridimensional para la transferencia de conocimiento.
- Filtros de arena a pequeña escala: Con la colaboración de Global Engineering [15] de la universidad de Purdue (EEUU), se han desarrollado propuestas de sistemas de filtrado de agua de bajo costo, a escala unifamiliar y para comunidades con deficiencias de acceso a agua potable. Estos filtros deben diseñarse a detalle, evaluarse a implementarse en la comunidad.
- Sistema de potabilización a mediana escala: Escalamiento de los sistemas desarrollados con Global Engineering para abastecer grupos de viviendas.
- Aulas biorreguladas: Diseño de hábitats térmicamente regulados con recubrimientos de plantas y tecnologías afines de bajo costo y ambientalmente amigables.
- Difusión de la vocación ingenieril: Diseño e implementación de estrategias para fomentar la vocación ingenieril en estudiantes de escuelas remotas o de bajos recursos. En este proyecto se cuenta con la colaboración de la universidad de Angelo State (EEUU), quienes visitarán Medellín en julio de 2017.

5. Conclusiones

El esquema de trabajo logró generar un proceso en el que los proyectos que llegan a la fase de diseño de detalle, pasan a un banco de proyectos donde quedan a la espera de consecución de fondos o del perfeccionamiento de aspectos legales o administrativos y los alumnos, instituciones u organismos que participaron en su desarrollo recibirán siempre el reconocimiento, sin importar cuándo sea llevado a cabo la implementación final. Lo anterior, se convierte en una fuente de motivación adicional para estudiantes y grupos asociados que se sienten personalmente implicados en el buen término de sus proyectos.

El trabajo con instituciones internacionales conlleva sus propios retos, siendo los más complejos las diferencias idiomáticas y la coordinación de calendarios académicos no coincidentes. Estos retos obligan a estudiantes y docentes, a desarrollar habilidades comunicativas, más allá de lo usualmente requerido en sus actividades académicas cotidianas. Es usual que se forjen lazos interpersonales que sobreviven al término de los proyectos, con la consiguiente mejora en las posibilidades futuras de los estudiantes y la progresiva fluidez en las comunicaciones (y por lo tanto en la eficiencia de los grupos) que estas relaciones suponen.

Uno de los mayores desafíos de la ingeniería para el siglo XXI radica en abordar la reducción de la vocación ingenieril a nivel mundial, así como la alta tasa de deserción en carreras afines a la ingeniería y si bien los motivos de estas tendencias son dependientes de múltiples factores culturales, económicos y políticos, es innegable que uno de los determinantes principales es el nivel de vocación del estudiante, que a su vez define su nivel de compromiso y capacidad de afrontar los retos académicos y personales de su programa. Esta vocación no surge del vacío, sino que es el producto de la infiltración en el imaginario colectivo del papel de la ingeniería [16], no sólo como alternativa de movilidad social [17] (hay caminos al bienestar material percibidos como más sencillos), sino como una forma de participar de manera efectiva en la construcción del futuro equivalente y, en algunos casos, superior a otras más reconocidas. La iniciativa PIIC, junto con muchas otras que buscan el acercamiento entre el ingeniero y la sociedad, responde a esta necesidad de derribar barreras conceptuales y despejar prejuicios.

El éxito final en la lucha contra este declive vocacional dependerá de la suma de los esfuerzos de este tipo de iniciativas, por lo que es fundamental la creación de redes efectivas que integren y soporten a individuos y organizaciones a todos los niveles.

Un ejemplo inmediato del valor del apoyo institucional se vio claramente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia en el año 2015, donde, tras la implementación de la UPI, se produjo un aumento considerable en la variedad de los proyectos y el número de estudiantes y alianzas estratégicas realizadas durante el curso PIIC. Se prevé que la tendencia continúe a medida que se implementan nuevas alianzas y campañas de difusión, lo que permitirá ejercer un impacto cada vez mayor, tanto en las comunidades como entre los estudiantes de la Universidad de Antioquia e Instituciones aliadas.

La realización de proyectos de ingeniería de carácter social, especialmente conducidos por estudiantes de pregrado y usando metodologías participativas, requiere el desarrollo y/o adopción de técnicas de evaluación de impactos y aprendizajes, no solo para los estudiantes, sino también para las comunidades. Este aspecto es fundamental para impulsar y justificar estas metodologías dentro de esquemas educativos tradicionales, donde se tiene a valorar prácticas evaluativas cuantitativas.

Agradecimientos

El desarrollo del curso PIIC será imposible sin el apoyo desinteresado de múltiples personas y grupos nacionales e internacionales. Entre ellos, y sin orden particular, los autores quisieran agradecer a:

- William Oakes, director del programa EPICS de la Universidad de Purdue.
- Chad Jafvert, profesor de la Universidad de Purdue y miembro de Global Engineering
- Ricardo Torres, director del Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB) de la Universidad de Antioquia
- Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales (CIDEMAT) de la Universidad de Antioquia
- Esperanza López Gómez, directora del Laboratorio de Mineralurgia Universidad de Antioquia
- Grupo Ingeniería y Sociedad de la Universidad de Antioquia.
- Grupo LUDENS de la Universidad de Antioquia.
- Alba Rúa, coordinadora Institución Educativa León XIII.
- Alejandro Roldán, profesional de cultura e innovación, Ruta N

Referencias

- [1] ABET, Curricular Objectives, ABET 1993-94 Accreditation Yearbook, 1994.
- [2] Garcia, F., Una mirada a la formación en ingeniería en el contexto internacional. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI, 2012.
- [3] Cech, E.A., Culture of disengagement in engineering education?, Sci. Technol. Hum. Values. 39(1) pp. 42-72, 2013. DOI: 10.1177/0162243913504305
- [4] Wall, K., Engineering: Issues, challenges and opportunities for development, UNESCO, 2010.
- [5] Oakes, W. and Spencer, J., EPICS: Engineering projects in community service, in: Frontiers in Education, 2004. FIE 2004. 34th Annual, 2004, pp. 1455-1455. DOI: 10.1109/FIE.2004.1408794
- [6] Facultad de Ingeniería, Transformación curricular documento rector. Universidad de Antioquia, 2006.
- [7] Graaff E. D. and Kolmos, A., Characteristics of problem-based learning, Int. J. Eng. Educ., 19(5), pp. 657-662, 2003.
- [8] Ander-Egg, E., Repensando la investigación-acción-participativa. Lumen-Humanitas, 2003.
- [9] von Schomberg, R., A vision of responsible research and innovation, in: Responsible Innovation, R. Owen, J. Bessant, y Ggy Heintz, Eds. John Wiley & Sons, Ltd, 2013, pp. 51-74. DOI:10.1002/9781118551424
- [10] Pahl, G., Wallace, K. and Blessing, L. Engineering design: A systematic approach. Springer, 2007.
- [11] Cross, N., Engineering design methods: Strategies for product design. Chichester, England; Hoboken, NJ: J. Wiley, 2008.
- [12] Anderson D.J. y Reinertsen, D.G., Kanban: Successful evolutionary change for your technology business. Blue Hole Press, 2010.

- [13] Root, D., Trello Dojo. Leanpub, 2013.
- [14] MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL DIRECCIÓN DE POBLACIONES Y PROYECTOS INTERSECTORIALES. Lineamientos de política para la atención educativa a poblaciones vulnerables., jul-2005.
- [15] Jafvert, C. and Howarter, J., Affordable slow sand filters. Personal communication, 2015.
- [16] Changing the Conversation: Messages for Improving Public Understanding of Engineering. Washington, D.C.: National Academies Press, 2008.
- [17] EFA, Education for all: The quality imperative. UNESCO, 2015.

J.A. Vélez-Zea, recibe el título Ing. Mecánica en 2011 de la Universidad de Antioquia y el título de MSc. en Ingeniería Mecánica en 2014, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Ha trabajado en programas y proyectos del área de ingeniería y sociedad con énfasis en enseñanza de la ingeniería. Se ha desempeñado como docente en la Universidad de Antioquia y actualmente es coordinador de la Unidad de Pedagogía en Ingeniería (UPI) de la misma universidad.

ORCID: 0000-0002-8467-359X

F. Jaramillo-Isaza, recibe el título de Ing. Químico en 2002, así como el Diplomado en Fundamentación Pedagógica y Didáctica Universitaria en el 2006, ambos de la Universidad de Antioquia. Adicionalmente es PhD en Química de la Universidad de Manchester, Inglaterra en 2005. Trabaja como profesor asociado del Departamento de Ingeniería de Materiales e Investigador activo del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales-CIDEMAT, en la Sede de Investigación Universitaria-SIU de la Universidad de Antioquia. Miembro de la Red CYTED de Nanotecnologías para energía de la Región Iberoamericana - Red Nanoenergía. Fue consejero del Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de COLCIENCIAS 2013-2014. Representante de los coordinadores de grupos de investigación de máxima categoría ante el Centro de Investigación Ambiental - CIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia 2014-2015. Miembro de la iniciativa plataforma regional de nanotecnología nano n, comisión académica para la generación de una política regional de nanotecnología y modelo de negocio; miembro de la Red nano Colombia y del Consejo Nacional Asesor de Nanociencia y Nanotecnología. Miembro del comité asesor para el Centro Nacional de Nanotecnología. Miembro del comité 243 del ICONTEC para la creación de Normas técnicas Colombianas en Nanotecnología.

ORCID: 0000-0003-1722-5487

J.C. Saldarriaga-Molina, recibe el título de Ing. Sanitario en 1995. Adicionalmente sus títulos de MSc. en Ingeniería Ambiental y Dr. en Ingeniería de la Universidad de Antioquia en 2001 y 2011 respectivamente. Ha trabajado como profesor de tiempo completo adscrito a la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería y ha ocupado algunos cargos administrativos como: Jefe del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; Coordinador de Posgrados y Vicedecano de la misma Facultad en los últimos cinco años y medio. Actualmente, ocupa el cargo de coordinador de la Unidad de Virtualidad de la UdeA.

ORCID: 0000-0002-9395-5417

C.A. Palacio-Tobón, recibe el título de Ing. Civil en 1994 de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, el título de MSc. en Ingeniería Civil en 1996 de la Universidad de Los Andes, Bogotá, y el título de Dr. en Ingeniería, Área Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, en programa conjunto con la Universidad Christian Albrecht de Kiel, Alemania, en el 2002. Desde el año 2002 hasta la fecha ha estado vinculado como profesor de la Universidad de Antioquia, donde ha asumido el cargo de vicedecano de la Facultad de Ingeniería entre 2007-2010, Decano de Facultad de Ingeniería entre 2010-2016, y actualmente en el cargo de Vicerrector de Extensión de la Universidad de Antioquia. Ha sido docente de pregrado y posgrado e investigador en el área de mecánica de fluidos, métodos numéricos, física atmosférica, oceanografía física, modelación atmosférica, modelación Oceanográfica y modelación de calidad del agua.

ORCID: 0000-0001-7932-7046

¿Qué es una buena clase en ingeniería desde el punto de vista de los estudiantes?

Zadkiel Zuluaga-Rendón^a, Javier Alejandro Corredor^a, Jesús María Quintero^b, Jhon Jairo Ramírez-Echeverry^b & Fredy Andrés Olarte^b

^a Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. zzuluagar@unal.edu.co, jacorredora@unal.edu.co

^b Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. jmquinteroqu@unal.edu.co, jjramireze@unal.edu.co, faolarted@unal.edu.co

Resumen— La realización de este estudio responde a la necesidad de diseñar ambientes académicos que mejoren la adquisición de los conceptos en ingeniería que resultan a veces abstractos y limitan su comprensión. Utilizando metodologías cualitativas, se explora cuáles son los principales factores que los estudiantes refieren cuando evalúan las clases de ingeniería con el propósito de establecer elementos comunes entre las clases consideradas como destacadas. Para tal fin, las evaluaciones abiertas realizadas a profesores de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia fueron codificadas y analizadas para encontrar los temas subyacentes a categorías previamente identificadas en la literatura psicológica. Adicionalmente, se compararon los conteos de frecuencias en estos factores entre los profesores ubicados en el primer y último grupo de la evaluación cuantitativa. Los resultados mostraron que los estudiantes consideraban, dentro de la categoría de metodología, factores asociados a la evaluación, a la dinámica de clase y a la participación, y a la organización de tiempos y espacios. Finalmente, dentro de la categoría de huella docente, los estudiantes incluyeron la dedicación y el compromiso del docente, el nivel de asertividad, y la motivación y actitud. Todos estos factores diferenciaban el primer del último grupo.

Palabras clave: estrategias pedagógicas, educación en ingeniería, identidad, análisis Cualitativo, metodología de enseñanza; experticia.

Recibido: 8 de octubre de 2016. Revisado: 5 de noviembre de 2016. Aceptado: 15 de diciembre de 2016.

What makes a good class from the students' point of view?

Abstract— This study seeks to provide an answer to the need to design better academic environments in order to improve conceptual acquisition in abstract engineering concepts. It explores the main factors affecting engineering professors' evaluations using qualitative methodologies. In order to do so, the open questions answered by students when assessing professors at Universidad Nacional de Colombia were coded and analyzed to identify the topics that underlie categories that were identified from prior educational literature. Additionally, professors who obtained quantitative evaluations in the first and fourth quartile were compared in terms of the code frequencies that they obtained in qualitative evaluations. Results showed that students considered, within the category of teaching methods, elements related to assessment, class dynamics and participations, and the organization of spaces and time within the class. Finally, within the category of the professor's footprint, students included dedication and commitment to the class, his or her assertiveness, and his or her motivation and attitude when teaching. All these factors differentiated teachers in the first and fourth quartile.

Keywords: pedagogical strategies, engineering education, identity, qualitative analysis, teaching methods, expertise.

1. Introducción

Este artículo hace parte de la agenda de investigación del Centro de Innovación Educativa Regional-Región Centro, de la Universidad Nacional de Colombia.

Una clase de ingeniería depende, entre otros, de factores como el ambiente, los recursos, las estrategias didácticas y los mecanismos de evaluación para un logro efectivo de los objetivos de formación. No obstante, un factor determinante en la clase es el profesor, quien define y desarrolla las actividades asociadas al desarrollo de su asignatura para que los estudiantes puedan generar los conocimientos o habilidades esperados. Es por esto que la evaluación de las actividades docentes, tanto a nivel metodológico como profesional y empático, realizada por parte de los estudiantes es un insumo fundamental para la implementación de acciones de mejoramiento en el ambiente universitario.

Experiencias en contextos educativos superiores, han mostrado como la triangulación de evaluaciones por pares académicos e instrumentos cualitativos (e.g., rúbricas, portafolios, test de desempeño, etc.), con evaluaciones a estudiantes, inciden en la construcción de un *Feedback* efectivo y el mejoramiento del desempeño docente [1-4]. Este tipo de evaluaciones es ampliamente utilizado en programas de formación docente en general. Con respecto a experiencias locales en cuanto a clases de ingeniería, se ha usado la entrevista a estudiantes como parte de un modelo integral de evaluación del desempeño docente en cuanto a eficiencia y calidad percibida [5], aunque con ciertas limitaciones. Ya que la herramienta utilizada en esta evaluación genera un índice estadístico, el tipo de entrevista es estructurada y consiste en la puntuación de cierta cantidad de ítems prediseñados en una escala tipo Likert. Si bien este tipo de pruebas se realizan con la mayor rigurosidad estadística para garantizar la precisión de sus inferencias, deja de lado la posibilidad de explorar otros factores que pueden estar influenciando la percepción del desempeño y calidad docente.

Como citar este artículo: Zuluaga-Rendón, Z., Corredor, J. A., Quintero, J. M., Ramírez-Echeverry J. J. & Olarte, F. A.. Qué es una buena clase en ingeniería desde el punto de vista de los estudiantes? . Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 83-92, Febrero, 2017.

Con el fin de determinar posibles campos de mejoramiento de las actividades docentes, la Universidad Nacional de Colombia lleva a cabo la evaluación *Edificando*. Esta evaluación califica tres aspectos de los docentes desde la percepción de los estudiantes quienes tomaron clases con ellos en el periodo académico correspondiente. Estos tres factores son: 1. *Empatía con el profesor o 'Huella'*; 2. *Fomento del pensamiento crítico y autonomía, motivación por los temas*; y 3. *Preparación y agrado dictando clase, respeto y adaptación a las necesidades del grupo, imparcialidad y pertinencia de las evaluaciones*. Los anteriores factores se evalúan cuantitativamente lo que permite obtener un valor numérico de desempeño global de los docentes. Adicionalmente, el *Edificando* cuenta con dos espacios de respuesta abierta para realimentación cualitativa. Si bien obtener puntuaciones numéricas para los tres factores mencionados permite tener una noción sobre la percepción de los estudiantes acerca del desempeño docente, no reconoce las actividades específicas que éstos llevan a cabo en el desarrollo de las clases y que además podrían ser insumos guiados para el mejoramiento de las clases.

Este artículo presenta una aproximación a responder la pregunta: ¿Qué aspectos del desempeño docente construyen una buena clase en ingeniería desde el punto de vista de los estudiantes? utilizando la información de los dos ítems abiertos de la evaluación *Edificando*. Los datos de la evaluación docente se categorizaron para identificar qué aspectos específicos de la práctica docente al interior de las clases son considerados relevantes, desde el punto de vista de los estudiantes.

En la construcción de una buena clase no se trata de asumir la opinión de los estudiantes ciegamente, sino de entender cómo comentarios de diverso tipo, se relacionan con conceptos fundamentales de la psicología educativa y la pedagogía contemporáneas y cómo estos se observan en las actividades específicas de las clases de ingeniería. A continuación, se presenta una corta revisión teórica de los principales conceptos mencionados en la literatura al respecto.

1.1. Rutinas

Un concepto clave en el éxito de una asignatura es la construcción de rutinas [6,7]. Rutina se refiere acá a una secuencia de acciones que cumple un fin pedagógico determinado y que se repite consistentemente dentro de un curso o asignatura [8]. Las rutinas hacen predecible la clase para los estudiantes y descargan recursos cognitivos de lo logístico, para concentrarse en aspectos de contenido. En otras palabras, las rutinas permiten que los estudiantes concentren sus esfuerzos en la comprensión del tema, y no en la predicción de las acciones del docente. Esto es así, porque las rutinas ordenan la clase y le dan estructura en función de objetivos pedagógicos. También, un docente con un conjunto de rutinas variado tiene una mayor capacidad para hacer una clase entretenida, y, al mismo tiempo, rigurosa. Esto es así, porque las rutinas se asocian a acciones pedagógicas [9]. Por ejemplo, un docente en una clase de matemáticas puede tener tres tipos de rutinas. Una parte asociada a la exposición de los elementos conceptuales que subyacen los procedimientos; una segunda parte asociada a la explicación de procedimientos y algoritmos; y, finalmente,

una tercera parte enfocada en la identificación de errores en procedimientos, bien sea dentro de los ejercicios realizados por los estudiantes, como en casos preparados por los estudiantes. Estas tres rutinas, repetidas sostenidamente, durante un curso, hacen que los estudiantes puedan predecir la estructura de la clase, al mismo tiempo que desarrollar las habilidades en las que se enfocan cada una de estas rutinas (e.g., identificar errores en ciertos procedimientos matemáticos).

1.1.1. Tipos de tareas

Un segundo concepto que necesita ser revisado es el de tipos de tareas. En la literatura psicológica se distinguen dos tipos fundamentales de tareas: las tareas abiertas y cerradas [10]. Una tarea abierta es una tarea en la cual los estados ideales de solución y las operaciones no son fijos. Estas tareas son conocidas, como tareas mal definidas (*ill-defined*). Una tarea cerrada es, por ejemplo, un ejercicio matemático con una única respuesta y un camino de solución, o varios caminos, pero dentro de un conjunto de opciones limitado. Una tarea abierta es un desarrollo tecnológico o un proyecto de investigación. La diferencia es que, en el primer caso, la solución del problema pasa por encontrar el camino de respuesta y la respuesta correcta, lo que dado que los estados son definibles se puede realizar algorítmicamente (por ejemplo, evaluando la discrepancia entre estados ideales y estados actuales) [11]. Una tarea abierta, por el contrario, requiere que el solucionador construya el espacio de tarea llenando vacíos en un espacio muy amplio de opciones [12]. Esta connotación, sin embargo, no tiene connotaciones valorativas, es decir, las tareas mal definidas no son consideradas inferiores a las tareas bien definidas de ninguna manera dentro de la literatura educativa. Por el contrario, las tareas abiertas son consideradas ideales para ciertos tipos de aprendizaje. En el otro lado del espectro, existen las tareas cerradas cuyos estados finales y operaciones están definidos de antemano [13].

En términos pedagógicos, la diferencia entre estos tipos de tareas es clave porque un buen proceso pedagógico necesita combinar ambos tipos de tareas, pero también porque las estrategias pedagógicas más efectivas son diferentes para cada tipo. Es decir, lo que es efectivo en términos pedagógicos para las tareas abiertas, como la elaboración de explicaciones teóricas, no lo es necesariamente para las tareas cerradas, como por ejemplo el control de variables [14]. Por ejemplo, las prácticas de instrucción directa, donde el docente asume el rol de transmisor de información, son más efectivas en tiempos cortos de instrucción, mientras que procesos de aprendizaje por descubrimiento guiado son más efectivos en tiempos instruccionales más largos [15].

El punto fundamental es que la investigación pedagógica ha mostrado que la enseñanza tiene diferentes parámetros para cada tipo de tarea [16]. Por ejemplo, la enseñanza de tareas cerradas se puede hacer a través de instrucción directa y modelamiento, para reducir la carga cognitiva de los estudiantes y hacer más efectivo el proceso de aprendizaje. Esto, en la práctica, implica que, en tareas cerradas (e.g., despejar ecuaciones), no requiere que los estudiantes descubran las estrategias, sino que estas pueden ser modeladas por los docentes. Las tareas abiertas, por el contrario, tienen otros

requerimientos cognitivos y pedagógicos. Esto es así, porque la capacidad de resolver tareas abiertas pasa por una exposición a la complejidad que los contextos reales, profesionales y de investigación requieren [16]. En este caso, la estrategia pedagógica más adecuada es el modelamiento guiado. Esto quiere decir que el docente debe plantear tareas abiertas (e.g., como resolver un problema de diseño), y acompañar a los estudiantes a través de preguntas y sugerencia de conceptos en el diseño. En este caso, la clave es que el docente genere incertidumbre, pero también acompañe a los estudiantes en la tarea.

1.2. *Transferencia*

La razón por la cual la buena enseñanza requiere combinar tareas abiertas y cerradas es que la investigación ha mostrado que no existe transferencia entre ambos ambientes de trabajo [17]. Estudiantes que han sido acostumbrados sólo a resolver tareas cerradas, rara vez son capaces de utilizar esos conceptos en una tarea abierta, por ejemplo, un proyecto. En ese sentido, es importante señalar el problema de los isomorfos que es un problema clave en el estudio de la transferencia [18]. Fundamentalmente, el problema de los isomorfos se refiere al hecho de que poseer el conocimiento, declarativo o procedural, necesario para resolver un problema, no es garantía de que un estudiante sea capaz de aplicarlo al contexto correcto. En investigación básica en psicología, se ha visto que sujetos con el conocimiento necesario para resolver una tarea son incapaces de resolver tareas isomorfas (similares), en términos de la descripción lógica de la tarea, pero diferentes en elementos superficiales. En otras palabras, las personas son reactivas a los elementos superficiales en la presentación de una tarea porque esos elementos determinan la capacidad de conectar su conocimiento acumulado, y aplicarlo efectivamente a la resolución de problemas. En este sentido, una educación efectiva requiere modelar el reconocimiento de isomorfos, más allá de elementos superficiales. Esta tarea, sin embargo, toma formas distintas cuando se trata de tareas abiertas y tareas cerradas. Para el caso de las tareas cerradas, la mejor ruta es la instrucción directa que señale estructuras similares, en ejemplos que varían en rasgos superficiales (e.g., cuando se señala una misma estructura matemática en diferentes ecuaciones), acompañada de ejercicios prácticos que respalden el afianzamiento de lo enseñado [19]. Para el caso de las tareas abiertas, la mejor ruta es el acompañamiento constante del tutor o docente en un proceso de continuo andamiaje del aprendizaje que permita conectar los retos de diseño e investigación, con los conceptos teóricos relevantes [20].

1.3. *Experticia*

Un concepto particularmente importante para entender cómo se deben realizar estos modelamientos es el concepto de experticia. La experticia, entendida desde la literatura psicológica, refiere a las características de los procesos de razonamiento y resolución de problemas de los sujetos con altos niveles de desempeño en un área determinada [21]. Se ha encontrado, a través de investigación diversa, que este desempeño no depende de un talento innato o de una capacidad especial, sino de un entrenamiento sostenido a lo largo de

mucho tiempo, diez años como mínimo [22]. En particular, la investigación ha encontrado que existen similitudes entre expertos en áreas tan diversas como la música y la física, que parecen señalar ciertas características como claves en el desarrollo del alto desempeño [23].

Una característica que se ha encontrado consistentemente es la capacidad de distinguir rasgos profundos y superficiales en la resolución de problemas. Mientras los expertos enfocan sus procesos de resolución de problemas en principios centrales del dominio de conocimiento, los novatos parecen concentrarse en rasgos superficiales. Por ejemplo, se ha encontrado que los físicos expertos categorizan problemas de física y organizan sus estrategias de resolución en función de los principios de la mecánica (para el caso de problemas en esta área), mientras los novatos lo hacen enfocándose en rasgos superficiales, como la presencia de ciertas formas geométricas en los diagramas [24]. Esta diferencia en la percepción de rasgos superficiales y profundos es central a la comprensión de la experticia, y ha sido replicada en áreas tan diversas como la medicina, la música, la psicología, y las ciencias naturales [25]. Esta distinción es importante para la enseñanza porque el docente es un experto en el área y en este sentido debería concentrarse en transmitir la estructura del dominio y, particularmente, la distinción entre rasgos superficiales y profundos a sus estudiantes. En este sentido, se requiere que el docente sea capaz de resaltar los aspectos profundos de la disciplina, y diferenciarlos de los aspectos superficiales de ésta. Esta distinción debe promoverse porque una de las razones por las que los expertos son superiores a los novatos, no es que tengan una capacidad mental superior sino porque piensan en unidades más grandes y se enfocan en aspectos relevantes, desperdiciando menos recursos cognitivos en aspectos secundarios. En este sentido, el modelamiento activo del docente, conectando, por ejemplo, diferentes problemas o conceptos a un núcleo central en el área es un proceso fundamental en el desarrollo del pensamiento experto en el estudiante.

Otra implicación importante para la enseñanza es que el experto debe aplicar un plan de entrenamiento flexible con ejemplos diversos que varíen en sus rasgos superficiales y sus características isomorfas. Esto es, el docente debe preparar ejemplos que sistemáticamente exploren variaciones en los problemas para mostrar a los estudiantes qué elementos son esenciales, y cuales no lo son, en la resolución de un tipo de tarea dado. La variedad en las características de los problemas y situaciones, se justifica además porque la investigación ha mostrado que el logro de la experticia no surge de un entrenamiento repetitivo, sino de un entrenamiento variado, denominado práctica deliberada, que obliga al aprendiz a salir de la zona de confort. Tanto en tareas abiertas como en tareas cerradas, el experto debe proponer situaciones novedosas que reten a los estudiantes, y modelar o acompañar, según sea el caso, en la solución de estas.

1.4. *Identidad y huella docente*

Un último concepto que debe ser explorado es el de identidad o huella docente. Este concepto se refiere a cambios que suceden en el estudiante más allá de lo cognitivo y que se asocian a ganancias en términos afectivos, en su construcción como sujetos y en su relación emocional con los contenidos. La idea de

identidad surge en la literatura psicológica cuando los investigadores empiezan a encontrar que incluso cuando la enseñanza se enfoca exclusivamente en contenidos, ésta produce cambios en los elementos mencionados anteriormente. Por ejemplo, [26] han mostrado que prácticas educativas verticales producen identidades en las que los sujetos consideran que su rol epistemológico es exclusivamente el de receptores, y no el de productores de conocimiento. Esto tiene mucho sentido si se tiene en cuenta que los estudiantes sometidos a prácticas verticales de enseñanza deben exclusivamente aprender y repetir lo que el docente está predicando. En este sentido, el docente es un constructor de algo más que contenidos: es un modelo de rol que prefigura lo que un profesional en un área debe ser. En este sentido, la práctica docente debería crear en el estudiante prerrequisitos importantes para la investigación e intervención de alto rendimiento, como la pasión por el conocimiento y las formas de relacionarse con otras personas dentro y fuera del grupo. Entre los resultados más relevantes en investigación alrededor de la identidad se cuenta el hecho de que los estudiantes en el aula no sólo aprenden conocimientos y métodos de resolución de problemas, sino también características de las comunidades de práctica a las que se enfrentarán durante su desempeño profesional [27], y el descubrimiento de que ciertos tipos de enseñanza favorecen la construcción de roles que se asocian a las características implícitas en estas prácticas [28].

Por esto, cada docente debe pensar muy cuidadosamente qué tipo de estudiante pretende formar. Prácticas, como la excesiva presión durante las tareas de resolución de problemas o en las prácticas de aula tienen más sentido en ciertas profesiones que en otras. Por ejemplo, si se están educando médicos, la capacidad de trabajar bajo presión es clave para el desarrollo profesional y puede tener sentido presionar a los estudiantes durante estas tareas. En otras áreas, como por ejemplo la ingeniería, este tipo de modelamiento puede ser contraproducente, ya que afecta el desempeño en prácticas importantes como el trabajo en equipo y la ejecución colaborativa de proyectos. Más allá de esto, un docente que es apasionado por su área de investigación, transmite y crea investigadores, particularmente durante los años formativos de la universidad, que son claves en el desarrollo identitario. Un docente apático, o peor, resentido con su desarrollo profesional, transmite también el sentido de que ser profesional en el área es una obligación externa, sin ninguna motivación personal.

Estos precedentes teóricos señalan que existe una literatura amplia sobre lo que puede prefigurar una buena clase. Una cuestión abierta es, sin embargo, si los estudiantes universitarios de ingeniería son reactivos a estos factores a la hora de calificar una clase. Esta investigación revisa esta cuestión, a partir de una consideración cuidadosa de los aspectos que los estudiantes consideran relevantes dentro de evaluaciones. Para esto se realizó la investigación cualitativa que se describe a continuación y que buscaba responder esta pregunta: ¿Qué aspectos del desempeño docente construyen una buena clase en ingeniería desde el punto de vista de los estudiantes?

2. Método

Para evaluar el desempeño docente a partir de la experiencia de los estudiantes, esto es, determinando los

factores que para los estudiantes constituyen una buena clase, se analizaron los resultados del programa *Edificando* de la Universidad Nacional de Colombia para el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (DIEE). Este programa realiza mediciones periódicas de los docentes que abarcan evaluaciones cuantitativas de las clases, y evaluaciones cualitativas abiertas de estas. En esta investigación, se realizó un análisis de contenido a las respuestas abiertas del *Edificando* para los últimos cuatro periodos académicos. En este se construyeron categorías que organizaban las respuestas de los estudiantes, posteriormente se cruzaron los puntajes numéricos asignados a cada profesor con las frecuencias de aparición de estas categorías para establecer que características diferenciaban a los profesores ubicados en el cuartil más alto de aquellos ubicados en el cuartil más bajo.

2.1. Participantes

Se analizaron las evaluaciones del programa *Edificando* de los profesores vinculados al departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica que contaban con participación en por lo menos el último periodo académico al momento de iniciar el proceso; esto es, quienes contaban con evaluaciones entre los periodos 2013-II y 2015-I y habían tenido clases a su cargo en el periodo de 2015-I. Fueron en total 39 docentes (38 hombres y una mujer). Esta distribución por género es en alguna manera inevitable dada la distribución de los programas de ingeniería.

2.2. Análisis programa edificando DIEE

El programa de evaluación docente consta de 19 ítems cerrados y dos abiertos, estos últimos, indagan por los aspectos a destacar y aspectos por mejorar en el desarrollo de la clase y la práctica docente de cada educador. A partir de estos dos últimos ítems se realizó el proceso de codificación. Para codificar las participaciones de los estudiantes en el programa, se elaboraron tres categorías construidas a partir de coincidencias y cercanías conceptuales con la teoría revisada. Esta codificación se realizó también atendiendo al hecho de que las categorías utilizadas dieran cuenta de la diversidad de respuestas producidas por los estudiantes. De hecho, diversos sistemas de codificación fueron contrastados frente a los datos, y categorías más pequeñas que emergieron también fueron incluidas en los análisis. En otras palabras, el análisis de contenido se realizó combinando una codificación estructurada basada en hipótesis [29,30] y una codificación atendiendo a temas emergentes. Esta última codificación se basó en la tradición más clásica de la teoría fundamentada [31]. Es importante notar, sin embargo, que se realizó la identificación emergente de categorías, pero no los niveles de codificación axial o selectiva, ya que no eran necesarios para la identificación básica de temas que tenía como objetivo este estudio. Las categorías elegidas inicialmente para la codificación fueron metodología, dominio y experticia, y huella docente. Además de la codificación en estas categorías, se tuvo en cuenta la valencia de las interacciones, positiva o negativa, lo cual permitió realizar la calificación global del desempeño a partir del punto de vista de sus estudiantes. Adicionalmente se

identificaron categorías emergentes que le dan forma y configuran los elementos que constituyen las categorías previstas desde la revisión teórica. Es importante anotar también que cada interacción podía ser ubicada en más de una categoría siempre y cuando refiriera factores que se encontraran en más de una categoría.

Los resultados de estas codificaciones se cruzaron con los resultados de la evaluación cuantitativa de los docentes para ver, por un lado, cuál era el nivel de validez predictiva de la codificación, y, por el otro, si existía una relación entre las prácticas pedagógicas que emergieron en la codificación y la opinión de los estudiantes sobre la clase. Estos análisis nos permiten realizar un análisis más profundo con respecto a acciones específicas que los docentes llevan a cabo dentro del aula de clase y en su proceso pedagógico en general. A continuación, se describen las categorías con sus correspondientes factores y también la relación de estas con los resultados cuantitativos. La codificación se presenta en la sección de resultados porque si bien las categorías macro - metodología, dominio y experticia y huella docente- se habían establecido de antemano, las subcategorías que las describen fueron identificadas dentro del análisis cualitativo.

3. Resultados

Como se indicó con anterioridad, este estudio identifica una serie de temas que subyacen tres categorías teóricas extraídas de la literatura previa: metodología, dominio y experticia y huella docente. Como se explicó con anterioridad, se realizó una identificación de temas emergentes que daban cuenta de los aspectos que eran relevantes para cada uno de estos factores. Estos códigos fueron revisados, reconstruidos y recodificados hasta considerar que daban cuenta de la complejidad de los datos observados cumpliendo con los criterios de saturación por cada subcategoría, estas deberían aparecer en por lo menos el 10% del total de los docentes evaluados en este periodo. Esto es, sólo se mantuvieron códigos que aparecieran reiterativamente dentro de la muestra de evaluaciones; es decir, que las referencias a los códigos emergentes fueran realizadas en diferentes evaluaciones [32]. En términos, cuantitativos 56% de los resultados mostraron referencias a las categorías de metodología, 18% hicieron referencia a asuntos de dominio y experticia y el 26% se relacionaron con elementos de la huella docente.

3.1. Metodología

Las interacciones en esta categoría relacionan todas las acciones que lleva a cabo el docente en el desarrollo de las clases para lograr el objetivo pedagógico del curso, la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos temáticos propuestos en el desarrollo del mismo. La metodología que el docente desarrolla en su clase, define la manera transferencial de las tareas con respecto a lo aprendido en el aula y el contexto de desempeño real en la ingeniería en cuanto a lo asertividad de las tareas, abiertas o cerradas, que hacen parte de su modelo pedagógico. A partir de la codificación emergente esta categoría se dividió en los siguientes seis factores:

3.1.1. Evaluación – Calificación

Este factor se calificó cuando la opinión del estudiante se refería al proceso de evaluación y calificación de los contenidos vistos en clase realizados por el docente. Entre los aspectos que se mencionaban comúnmente en esta categoría estaban la calificación de trabajos, parciales, adelantos, fechas de entrega entre otros.

Es muy justo con todas las notas, califica con respecto al trabajo que uno ha llevado a cabo durante el semestre.

Evaluar más seguidos los temas y sobre los ejercicios realizados en clase, pues una sola evaluación y trabajo no equivalen a la evaluación de todo un curso.

3.1.2 Dinámica de la clase y participación del estudiante (herramientas)

Una opinión califica en este factor siempre y cuando se refiera a actividades y estrategias que hacen o no agradables las sesiones de la clase, el uso de herramientas ya sean físicas, conceptuales o informáticas, y/o la participación del estudiante en el desarrollo de la clase (e.g. exposiciones de estudiantes).

Lleva una clase amena y con temas de gran interés, se preocupa por el aprendizaje de cada estudiante y profundiza de acuerdo a los temas planteados.

*Al menos en dos o tres clases, explicar los temas más importantes del ***** con ayuda de herramientas visuales (projector).*

3.1.3 Retroalimentación y explicación del tema (uso de ejemplos y talleres)

Las opiniones se codificaron en este factor cuando se hacían alusión a la explicación de los temas desarrollados en la clase, el uso de ejemplos, talleres en clase para afianzar los conceptos teóricos y/o prácticos y la profundidad teórica con que se perciben.

La forma de explicar, de manera sencilla y muy eficaz cumpliendo con todos los temas propuestos, además se esmeró por que los estudiantes aprendiéramos y nos interesaríamos por las temáticas de la materia.

*Explicar más sobre los ***** y no dar por sobreentendido algunos temas que él creía obvios.*

3.1.4 Uso de analogías/aplicaciones en contextos reales-cotidianos

Un comentario registrado en este factor refleja una opinión respecto a la explicación y ejemplificación de los temas desarrollados en clase con analogías o contextos reales de aplicación o trabajo.

El docente compartía constantemente trabajos actuales desarrollados por él, como material de estudio.

Salir un poco de los libros y mostrar un poco más los problemas reales.

3.1.5 Organización, disposición del tiempo y espacios de clase

Las opiniones ubicadas en este factor, dan cuenta de la percepción de la organización de la clase, la optimización del

tiempo de la misma y el uso de los espacios del aula, laboratorios, espacios de formación externos al campus y disposición de tiempos extra clase para asesorías y/o tutorías.

*El poder ir a ***** es una gran ventaja ya que aprendemos y vemos realmente como se aplican y cuáles son las herramientas que saldremos a utilizar en nuestro diario como ingenieros.*

Los laboratorios más extensos pudieron ser divididos en unos más pequeños más alcanzables.

3.1.6 Acompañamiento y aprendizaje autónomo del estudiante

Aquí se encuentran las opiniones de los estudiantes referentes a los procesos de aprendizaje autónomo promovidos por los profesores, como se perciben y si el proceso de enseñanza está siendo o no acompañado y orientado por parte del docente.

Más que dar respuesta a nuestras dudas nos ayudó a que nosotros mismos diéramos esas respuestas siempre con su orientación para no llegar a conclusiones erróneas.

Su metodología no es la mejor de todas, el aprendizaje autónomo es importante, pero eso no reemplaza la enseñanza de un profesor y es en parte lo que hace, de resto todo bien.

Los resultados de las codificaciones realizadas muestran que la metodología no es un constructo unitario, sino que por el contrario se divide en varios subfactores. Estos subfactores indican de buena manera las estrategias que pueden utilizar los docentes para mejorar su práctica pedagógica. Algunos de estos aspectos son la introducción de analogías y ejemplos, la presencia de retroalimentación, un uso adecuado del tiempo, y un balance adecuado entre trabajo autónomo y guía. Sin embargo, cuando la codificación realizada fue comparada entre el grupo de mejor (G1) y peor (G4) calificación en la evaluación cuantitativa, se encontró que sólo los factores de evaluación, dinámica y participación, y organización de tiempos y espacios, predecían los resultados de los docentes en las evaluaciones cuantitativas (Fig. 1). Los subgrupos G1 y G4 se seleccionaron del grupo Total, usando los cuartiles superior e inferior respectivamente. Los valores obtenidos del índice para esta comparación se obtuvieron restando los comentarios con valencia negativa de los comentarios con valencia positiva, y se dividía por el total de comentarios. Este índice se ajustó para que tuviera un rango entre 0 y 1 para facilitar la presentación.

3.2. Dominio y experticia

En esta categoría, se ubican las opiniones que hacen referencia a los conocimientos por parte del profesor en el área profesional y académica, y a la forma en que los estudiantes perciben dicha capacidad. Las opiniones en esta categoría conciernen a la experiencia percibida, manejo teórico y experticia, ya sea como profesional o como pedagogo. Esta categoría se divide en los siguientes dos factores.

3.2.1. Experiencia

Las opiniones que conforman este factor, dan cuenta de la valoración por parte de los estudiantes de la experiencia y

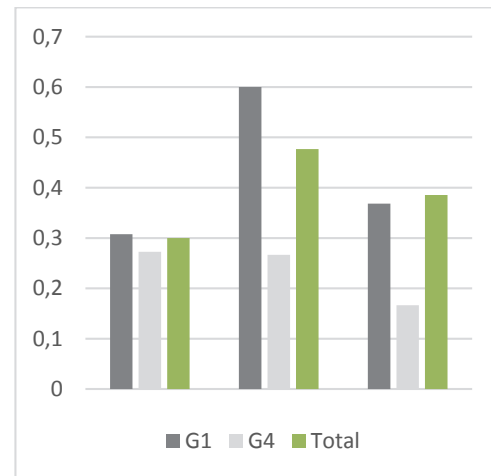


Figura 1. Factores de a) Evaluación – calificación, b) Dinámica – participación y c) Organización de tiempo y espacio, respectivamente, que discriminan entre los G1 y G4 en términos de metodología.

Fuente: Los autores.

habilidades adquiridas ya sea en la docente o profesional. Estos comentarios, en alguna medida, expresan la percepción que los estudiantes tienen de la experiencia efectiva del docente, o, por lo menos, de la que transmite dentro del aula. Poseer docentes con experiencia y mantenerlos vinculados a los programas de formación en pregrado parece ser una derivada inmediata de este punto.

La preparación, experiencia y el conocimiento que evidenciaba en cada sesión de clase.

*Creo que le hace falta experiencia con la clase de ***** no dudo que en el resto de materias sea un excelente profesor pero en esta no tenía ni idea de lo que estaba haciendo aunque se notaba que manejaba los temas no se hacía entender, y un profesor que no sepa enseñar creo que no debería enseñar.*

3.2.2. Dominio de tema

Para ser ubicadas en este factor las opiniones deben dar cuenta del manejo de los temas y conceptos expuestos en clase y la fluidez con que estos son expuestos por parte del profesor. Este código, a diferencia del anterior, se relaciona más con el aspecto disciplinar de los cursos y menos con la experiencia profesional en el área. En ese sentido, posicionar a los profesores en temas que les sean conocidos, y mantenerlos durante varios semestres en los mismos cursos, puede ayudar a mejorar dicha percepción.

*Su claridad sobre el tema en general de ***** y sobre los mismos ***** Su capacidad de transmitir sus conocimientos a los estudiantes.*

Manejar mejor el tema, no por falta de conocimiento del mismo, sino de expresividad para hacerse entender. Los resultados de la codificación muestran que la percepción de dominio y experticia se relacionan, por un lado, con la experiencia previa percibida en el área, y, por el otro, con la una percepción de suficiencia en relación con el conocimiento disciplinar. Este factor, si se miran los fragmentos señalados en este texto, parece estar separado de la capacidad de transmitir el

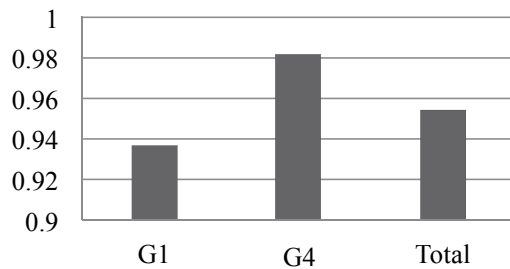


Figura 2. Diferencias en dominio y experticia entre G1 y G4
Fuente: Los autores.

contenido. Es decir, un docente puede demostrar un alto nivel de dominio y experticia, y, sin embargo, crear la sensación de que no es capaz de transmitir este conocimiento. De hecho, al revisar las diferencias entre los docentes que se encuentran en el grupo superior (G1) y los que se encuentran en el grupo inferior (G4) se encuentra que las codificaciones en dominio y experticia no favorecen a los docentes mejor calificados (Fig. 2). Lo que esto parece sugerir es que no basta con ser percibido como competente en términos de contenido y desempeño profesional, sino que se requiere trabajar en aspectos pedagógicos, de comunicación, de acompañamiento y de diseño instruccional para ser considerado un buen profesor. Aunque no se muestra en la Fig. 2, el patrón observado para la categoría general es muy similar para los dos factores que componen la categoría.

3.3. Huella docente

La categoría de huella docente reúne todas las opiniones relacionadas con las cualidades o actitudes propias del docente más allá de su labor metodológica, factores que intervienen en la relación pedagógica y en la construcción del ambiente de aprendizaje en el aula. Huella docente se divide en los siguientes cuatro factores que fueron identificados a partir de la codificación de los datos. Estos factores son dedicación y compromiso, responsabilidad y labor docente, asertividad comunicativa y respeto, y motivación y actitud en clase. Estos factores representan una percepción más amplia del docente más allá de su capacidad para transmitir contenidos: la clase de persona que transmite que es, su relación con el trabajo y con el área disciplinar que enseña.

3.3.1. Dedicación y compromiso con el aprendizaje del estudiante

En este factor, las opiniones hacen referencia al compromiso, dedicación y esfuerzo por parte del docente en el desarrollo de las clases. También se ubican en este, las opiniones que califican al docente a nivel personal o profesional. Definido en un sentido amplio, este factor describe la preocupación que el docente tiene por el aprendizaje de sus

estudiantes, lo que en una medida amplia puede influir en la motivación de estos.

La preocupación por que el estudiante aprendiera no solo los temas vistos en clases sino temas que se utilizan fuera del aula de clase.

Este profesor no desempeña con agrado su labor docente, según nos comentó porque tenía cosas más importantes que hacer.

3.3.2. Responsabilidad con la clase y labor docente (puntualidad)

Este conjunto de opiniones hace referencia a la responsabilidad que el docente demuestra en el desarrollo de la clase y con los contenidos propuestos. Es frecuente encontrar alusiones a la puntualidad/impuntualidad o la presencia de otras actividades del docente que interfieren en el desarrollo de la clase. Un docente que prepara y cumple unos mínimos en su tarea docente, es un docente que transmite un sentido de responsabilidad, lo que a su vez le otorga legitimidad para exigir a los estudiantes.

La preparación del material de clase y las tareas. La puntualidad El conocimiento del tema.

El profesor es extremadamente impuntual, perezoso y despreocupado. Buena persona, seguramente buen ingeniero, pero como docente no es lo que esperaba.

3.3.3. Asertividad comunicativa, respeto y parcialidad/imparcialidad con el estudiante

Estas interacciones recogen la percepción sobre la calidad de la comunicación, el respeto en el diálogo docente-estudiante y la disposición del docente para recibir recomendaciones de los estudiantes. En algunos casos, docentes con buen dominio del contenido y con responsabilidad en relación con la clase, son percibidos como irrespetuosos o arrogantes en el trato a los estudiantes. Aunque, de nuevo, este factor no está relacionado con el aprendizaje en sí, sí tiene fuertes consecuencias sobre la motivación de los estudiantes. En un sentido más amplio, este factor es importante porque el docente es un modelo de rol que determina que tipo de profesional, y de persona, los estudiantes van a ser.

*Su cordialidad y su forma amable de tratar a los estudiantes, su humildad y sin duda su gran conocimiento hacen del profesor ***** un gran docente.*

Tolerancia con los estudiantes, humildad con el conocimiento y respeto hacia quienes lo rodean.

3.3.4. Motivación y actitud en clase

Las opiniones incluidas en este factor hacen referencia a la labor o cualidades del docente que animan o desaniman al estudiante en el aprendizaje de los temas desarrollados en clase, o por la carrera misma. El factor refiere elementos asociados al entusiasmo y la disposición que el docente transmite en relación con el tema a enseñar, y, en general, con la actividad académica y profesional. Un docente que transmite una baja motivación hacia el dominio y el aprendizaje difícilmente podrá llevar a sus

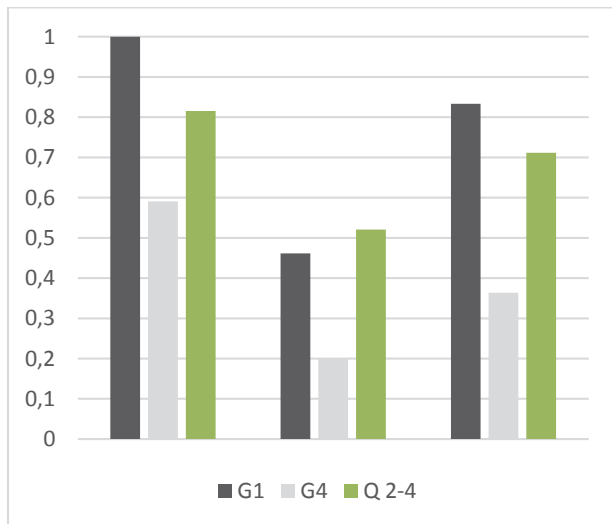


Figura 3. Factores de a) Dedicación y compromiso, b) Asertividad y respeto y c) Motivación, respectivamente, que discriminan entre los G1 y G4 en términos de Huella docente.

Fuente: Los autores.

estudiantes a un proceso profundo de búsqueda intelectual, crecimiento y descubrimiento.

Su constante entusiasmo y motivación, se nota que le gusta lo que hace y es un sentimiento que transmite a sus estudiantes en cada clase.

Mostrar más interés por su actividad como docente, si no le gusta enseñar ni le interesa, ese mismo desinterés lo puedes estar transmitiendo a sus estudiantes.

Cuando las codificaciones realizadas fueron comparadas entre el grupo de mejor (G1) y peor calificación (G4) en la evaluación cuantitativa, se encontró que para huella docente los subfactores que los separaban eran Dedicación y Compromiso, Asertividad, y Motivación y Actitud. Como se puede ver en la Fig. 3, las personas que fueron calificadas más alto en la evaluación cualitativa (G1), también tuvieron una mayor frecuencia de conteos positivos que negativos en estos subfactores.

4. Conclusiones

La categorización de las evaluaciones cualitativas permitió identificar categorías emergentes que intervienen en el proceso educativo dentro del aula y que están relacionadas con la percepción que los estudiantes tienen de una clase. Dichas categorías complementan los análisis cuantitativos y proveen información importante que puede permitirles a los docentes reorientar sus actividades de una manera que mejore su desempeño docente. En este sentido, este artículo representa una guía para que los docentes modifiquen sus prácticas para mejorar su desempeño, y sus evaluaciones cuantitativas, cosa que no siempre es evidente para ellos.

En particular, los docentes pueden apoyarse en la literatura psicológica y educativa para mejorar sus limitaciones en cada una de las categorías grandes. En el caso de metodología y sus subfactores es claro que el establecimiento de rutinas (Leinhardt & Greeno, 1986; Lewis, 2013) puede ayudar a hacer predecible

el proceso de enseñanza para los estudiantes, particularmente, en relación con la organización de tiempos y espacios, y la dinámica y participación. En la medida en que el docente genera una secuencia predecible y diversa dentro de su clase, los aspectos tienen una mayor facilidad para concentrar sus recursos cognitivos en el aprendizaje. En ese sentido también es importante señalar que, para mejorar el factor de metodología, los profesores deben ser capaces de combinar tareas abiertas y cerradas, y de establecer estrategias instruccionales particulares para cada una. Si se revisan, por ejemplo, los comentarios sobre acompañamiento y aprendizaje autónomo del estudiante, se puede ver que los estudiantes valoran el aprendizaje autónomo, pero también la guía del docente en ciertas circunstancias. En este sentido, es necesario que los docentes pongan mucha atención a los momentos en los cuales usan estas dos estrategias instruccionales.

Los comentarios de los estudiantes también señalan la necesidad de incorporar problemas o ejemplos transferibles a contextos de actividad real. Esto es palpable, por ejemplo, en los fragmentos referentes a las analogías y las aplicaciones a contextos cotidianos. Lo que esto señala, a un nivel más teórico es la necesidad de incorporar ejemplos y situaciones que tengan transferencia a la práctica profesional. Los estudiantes parecen percibir que la educación de tablero, enfocada en elementos formales, si bien es valiosa, debe ser enmarcada de forma tal que sea evidente su relación con problemas de la práctica profesional. Esto, por supuesto, implica traer elementos isomorfos al dominio de aplicación, y no sólo al espacio académico [18]. Por ejemplo, el álgebra matricial puede presentarse en contextos donde su función fundamental para resolución de sistemas de ecuaciones complejos sea clara para los estudiantes. Esta tarea, aunque implica un trabajo extra, es simple para un investigador o profesional con experiencia en el dominio, y tiene efectos muy fuertes sobre el aprendizaje, transferencia y motivación de los estudiantes.

En relación con la dimensión de dominio y experticia, los resultados señalan que por lo menos para el caso de ingeniería, la percepción que los estudiantes tienen de la competencia del docente puede ubicarse en dos niveles: el nivel de la experiencia y el dominio del tema. En este sentido, sería necesario complementar las teorías tradicionales de experticia [21], para señalar que este constructo es percibido en dos espacios claramente diferenciados: uno asociado al desempeño profesional, y otro asociado a la comprensión del contenido. Una revisión de los comentarios también señala que la experticia propia de los docentes también puede tener efectos adversos sobre el proceso de enseñanza. La literatura psicológica ha señalado que la experticia conlleva una disminución en la capacidad para reconocer y hacer explícitos los procesos subyacentes a su alto desempeño [33]. Este fenómeno, que se ha denominado como el punto ciego del experto, previene a los expertos de identificar sub-secuencias en los procesos de resolución de problemas. En los comentarios, particularmente en aquellos sobre retroalimentación y explicación del tema, se puede ver como los estudiantes piden a los profesores que no den por obvios ciertos temas, y que expliquen los detalles del procedimiento. Esto señala entonces la necesidad de que, en la tarea pedagógica, los docentes,

expertos en sus áreas, hagan el esfuerzo de hacer explícitos todos los elementos de la tarea. Esta es probablemente la razón por la cual los conteos en dominio y experticia no necesariamente favorecen a los docentes mejor calificados en la evaluación cuantitativa.

En relación con la huella docente es altamente relevante señalar la percepción que los estudiantes tienen del efecto que los docentes tienen sobre la vida de los estudiantes, más allá de su desempeño académico. Este efecto, consistente con la teoría previa [27], se operacionaliza en la percepción de la dedicación y compromiso de los docentes con el aprendizaje del estudiante, lo que constituye un proxy al ejemplo que los docentes proveen en relación con el compromiso con el trabajo y el desempeño profesional. Este efecto se relaciona también con la asertividad, la capacidad de manejar conflictos y de guiar a los estudiantes. En este sentido, el docente es un modelo del tipo de persona que el estudiante debe ser: ¿es alguien respetuoso o por el contrario es agresivo; es amable o antipático? Aunque estos factores parecen secundarios constituyen una parte fundamental de la tarea docente, particularmente en el nivel superior, en el cual las identidades de los estudiantes no están totalmente formadas [34]. Finalmente, este factor se relaciona con la motivación y la actitud que transmite el docente frente a su trabajo: la percepción que los estudiantes tienen de que tanto el docente se entusiasma con su trabajo, con su profesión y con el contenido subyacente. Todos estos elementos importantes en términos de la huella que los docentes dejan a los estudiantes para su vida como profesionales, pero también como personas.

Referencias

- [1] Gallant, A. and Mayer, D., Teacher performance assessment in teacher education: An example in Malaysia, *Journal of Education for Teaching*, 38(3), pp. 295-307, 2012.
- [2] Sulaiman, M., Ismail, Z.H., Aziz, A.A. and Zaharim, A., Lesson study: Assessing pre-service teacher's performance of teaching chemistry, in *Engineering Education (ICEED)*, 2011 3rd Int. Cong., 2011, pp. 208-213.
- [3] Wei, W., Using summative and formative assessments to evaluate EFL teachers' teaching performance, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 40(4), pp. 611-623, 2015. DOI: 10.1080/02602938.2014.939609
- [4] Yan, Y., Zhu, Q. and Yang, M., Research on the value-model assessment of performance review for university teachers, in *E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE)*, 2010 Int. Conf., 2010, pp. 1-4.
- [5] Mejía, J.E., Sánchez, P.H. y Visbal, D.A., Evaluación docente mediante BSC y DEA, *Revista Educación en Ingeniería*, 1(2), pp. 70-86, 2006.
- [6] Leinhardt, G. and Greeno, J.G., The cognitive skill of teaching, *Journal of Educational Psychology*, 78(2), pp. 75-95, 1986. DOI: 10.1037/0022-0663.78.2.75
- [7] Lewis, T., Validating teacher performativity through lifelong school-university collaboration, *Educational Philosophy and Theory*, 45(10), pp. 1028-1039, 2013. DOI: 10.1111/j.1469-5812.2012.00859.x
- [8] Leinhardt, G., Weidman, C. and Hammond, K.M., Introduction and integration of classroom routines by expert teachers, *Curriculum Inquiry*, 17(2), pp. 135-176, 1987. DOI: 10.1080/03626784.1987.11075284
- [9] Leinhardt, G., Math lessons: A contrast of novice and expert competence, *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(1), pp. 52-75, 1987. DOI: 10.2307/749098
- [10] Schraw, G., Dunkle, M.E. and Bendixen, L.D., Cognitive processes in well-defined and ill-defined problem solving, *Applied Cognitive Psychology*, 9(6), pp. 523-538, 1995. DOI: 10.1002/acp.2350090605
- [11] Langley, P., Pearce, C., Barley, M. and Emery, M., Bounded rationality in problem solving: Guiding search with domain-independent heuristics, *Mind & Society*, 13(1), pp. 83-95, 2014. DOI: 10.1007/s11299-014-0143-y
- [12] Hayes, J.R., *The complete problem solver*. New York: Routledge, 2013.
- [13] Simon, H.A., The structure of ill-structured problems, in *Models of Discovery*, H.A. Simon, Ed. Berlin, Germany: Springer, 1977, pp. 304-325.
- [14] Dean Jr, D. and Kuhn, D., Direct instruction vs. discovery: The long view, *Science Education*, 91(3), pp. 384-397, 2006. DOI: 10.1002/sce.20194
- [15] Klahr, D., To everything there is a season, and a time to every purpose under the heavens: What about direct instruction?, in: *Constructivist theory applied to instruction: Success or failure?*, Tobias, S. and Duffy, T.M. Eds., New York: Taylor and Francis, pp. 291-310, 2009.
- [16] Herrington, J., Reeves, T.C. and Oliver, R., Authentic learning environments, in: *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, Spector, J.M., Merrill, M.D., Elen, J. and Bishop, M.J. Eds., New York: Springer, 2014, pp. 401-412.
- [17] Sternberg, R.J., *The triarchic mind: A new theory of human intelligence*, New York: Viking Pr, 1988.
- [18] Kotovsky, K., Hayes, J.R. and Simon, H.A., Why are some problems hard? Evidence from Tower of Hanoi, *Cognitive Psychology*, 17(2), pp. 248-294, 1985. DOI: 10.1016/0010-0285(85)90009-X
- [19] Klahr, D. and Nigam, M., The equivalence of learning paths in early science instruction effects of direct instruction and discovery learning, *Psychological Science*, 15(10), pp. 661-667, 2004.
- [20] Ge, X. and Land, S.M., Scaffolding students' problem-solving processes in an ill-structured task using question prompts and peer interactions, *Educational Technology Research and Development*, 51(1), pp. 21-38, 2003. DOI: 10.1007/BF02504515
- [21] Ericsson, K.A., Charness, N., Feltovich, P.J. and Hoffman, R., Eds., *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [22] Ericsson, K.A., Krampe, R.T. and Tesch-Römer, C., The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance, *Psychological Review*, 100(3), pp. 363-406, 1993. DOI: 10.1037/0033-295X.100.3.363
- [23] Ericsson, K.A. and Smith, J., *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits*, Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- [24] Linhares, A. and Brum, P., How can experts see the invisible? Reply to Bilalić and Gobet, *Cognitive Science*, 33(5), pp. 748-751, 2009. DOI: 10.1111/j.1551-6709.2009.01043.x
- [25] Ericsson, K.A., Recent advances in expertise research: A commentary on the contributions to the special issue, *Applied Cognitive Psychology*, 19(2), pp. 233-241, 2005. DOI: 10.1002/acp.1111
- [26] Boaler, J. and Greeno, J.G., Identity, agency and knowing in mathematical worlds, in: *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning*, Boaler, J. Ed., Westport, CT: Ablex, 2009, pp. 171-200.
- [27] Vagan, A., Towards a sociocultural perspective on identity formation in education, *Mind, Culture, and Activity*, 18(1), pp. 43-57, 2011. DOI: 10.1080/10749031003605839
- [28] Gresalfi, M., Martin, T., Hand, V. and Greeno, J., Constructing competence: An analysis of student participation in the activity systems of mathematics classrooms, *Educational Studies in Mathematics*, 70(1), pp. 49-70, 2008. DOI: 10.1007/s10649-008-9141-5
- [29] Miles, M.B., Huberman, A.M. and Saldaña, J., *Qualitative data analysis: A methods sourcebook*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2013.
- [30] Namey, E., Guest, G., Thairu, L. and Johnson, L., Data reduction techniques for large qualitative data sets, in: *Handbook for teambased qualitative research*, Guest, G. and MacQueen, K.M., Eds., Lanham, MD: AltaMira, 2009, pp. 137-161.
- [31] Strauss, A.L., *Qualitative analysis for social scientists*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [32] Patton, M.Q., *Qualitative evaluation and research methods (2nd Edition)*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2001.

- [33] Nathan M.J. and Petrosino, A., Expert blind spot among preservice teachers, *American Educational Research Journal*, 40(4), pp. 905-928, 2004.
- [34] Landau, M.J., Oyserman, D., Keefer, L.A. and Smith, G.C., The college journey and academic engagement: How metaphor use enhances identity-based motivation, *Journal of Personality and Social Psychology*, 106(5), pp. 679-698, 2014. DOI: 10.1037/a0036414

Z. Zuluaga-Rendón, es Psicólogo de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en varios proyectos en educación y víctimas del conflicto armado. Actualmente es asistente editorial de la Revista Colombiana de Psicología. Departamento de Psicología Universidad Nacional de Colombia.
ORCID: 0000-0003-0681-4243

J.A. Corredor, es Psicólogo de la Universidad de los Andes y PhD. en Educación de la Universidad de Pittsburg, PA. Es profesor asociado del Departamento de Psicología de la Universidad Nacional de Colombia desde el 2008 en donde ha realizado varios proyectos. Realizó su posdoctorado en Educación con especialidad en videojuegos en la Universidad de Madison, WS. Actualmente se encuentra adscrito al Centro de Innovación Educativa Regional (CIER)-Región Centro, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia y al grupo de investigación A1 de Colciencias Cognición y Prácticas de Aprendizaje.
ORCID: 0000-0003-0893-6332

J.M. Quintero, Ph.D., es Ing. de la Universidad Nacional de Colombia. Ha realizado varias especializaciones y obtuvo su doctorado en la Universitat Politècnica de Catalunya. Actualmente es profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (DIEE) de Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, del cual fue director hasta el presente año. ORCID: 0000-0002-3053-0673

J.J Ramirez-Echeverry Ph.D, es Ing. Eléctrico de la Universidad Nacional de Colombia en donde también realizó su MSc. en Ingeniería de Telecomunicaciones. Dentro de sus áreas de interés se encuentran las ciencias educativas por lo que realizó su doctorado en la Universitat Politècnica de Catalunya en Ingeniería de Proyectos y Sistemas. Es profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (DIEE) Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, desde el año 2004.
ORCID: 0000-0002-6499-1785

F.A.ndrés Olarte Ph.D., Ing. Eléctrico de la Universidad Distrital. Obtuvo su MSc. y Dr. en la Universidad Nacional de Colombia, en donde se desempeña como docente desde el año 2010. Actualmente es el director del área curricular del programa de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, además de ser el director del Centro de Innovación Educativa Regional (CIER)-Región Centro.
ORCID: 0000-0001-8450-0691

Explorando la influencia de los roles de Belbin en la calidad del código generado por estudiantes en un curso de ingeniería de software

Antonio A. Aguilera-Güemez, Juan P. Ucán-Pech & Raúl A. Aguilar-Vera *

Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. aaguiet@correo.uady.mx, juan.ucan@correo.uady.mx, avera@correo.uady.mx*

*Autor para correspondencia

Resumen— El artículo presenta un experimento controlado en el que se explora la bondad de utilizar la Teoría de Roles de Belbin para la integración de equipos de desarrollo software. El estudio se desarrolla en un entorno académico con estudiantes de la carrera de Ingeniería de Software y compara la calidad de la legibilidad del código generado por equipos integrados con roles Compatibles —de acuerdo con la Teoría de Belbin— y equipos Tradicionales, en nuestro caso, equipos integrados con estudiantes seleccionados de manera aleatoria. Los resultados obtenidos aportan evidencia positiva en torno al uso de dicha teoría y motivan a los investigadores a continuar estudios en otras actividades vinculadas al proceso de desarrollo software; por otro lado, desde la perspectiva pedagógica, los resultados obtenidos con el experimento, permiten proponer como alternativa para integración de equipos de trabajo, en escenarios de aprendizaje para la Ingeniería de Software, la Teoría de Roles de Belbin.

Palabras Clave— Calidad del Código, Equipos de Desarrollo, Ingeniería de Software, Roles de Belbin.

Recibido: 15 de octubre de 2016. Revisado: 1 de noviembre de 2016. Aceptado: 28 de noviembre de 2016.

Exploring the influence of Belbin roles in the quality code generated by students in a course on software engineering

Abstract— This paper presents a controlled experiment in which the goodness of using Theory Belbin roles for the integration of software development teams is explored. The study takes place in an academic environment with students from the Engineering of Software and compares the quality of the readability of the code generated by integrated teams with roles Compatible -according to the Theory of Belbin- and traditional teams, in our case, integrated teams with students selected randomly. The results provide positive evidence on the use of this theory and motivate researchers to continue studies in other activities related to the software development process; on the other hand, from a pedagogical perspective, the results obtained with the experiment, allow proposing as an alternative to integration teams, learning scenarios related courses Software Engineering, Theory of Roles of Belbin.

Keywords— Belbin Roles, Quality Code, Software Development Teams, Software Engineering.

1. Introducción

La Ingeniería de Software (IS) surgió como respuesta a una serie de problemáticas presentadas en los procesos de desarrollo

software a finales de la década de los sesenta, y a pesar de ser una disciplina joven, dispone de un cuerpo de conocimientos que es aceptado por profesionistas e investigadores de la disciplina [1]; dicho cuerpo de conocimientos integra un conjunto de áreas vinculadas con los procesos de gestión — Calidad, Configuración, Proceso Software— así como con los procesos de desarrollo —Requisitos, Diseño, Construcción, Pruebas y Mantenimiento. En el contexto de la Educación en Ingeniería de Software, la estructura curricular de un Plan de Estudios en el nivel licenciatura, suele incluir cursos obligatorios en los que se promueve el desarrollo de competencias vinculadas con las áreas de conocimiento antes citadas.

La mejora de los procesos de desarrollo software ha sido analizada desde varias aristas, una de las que ha tenido singular interés en los últimos años, estudia la importancia del factor humano al interior del equipo de trabajo; algunos autores han concluido que los principales problemas o causas del fracaso de proyectos desarrollados por equipos, no son de índole tecnológica, sino más bien se deben a factores de naturaleza sociológica [2]. Humphrey en [3] comenta que el proceso de formar y construir un equipo de desarrollo no sucede por accidente, el equipo necesita establecer relaciones de trabajo, acordar objetivos y determinar roles para los miembros del grupo; en este sentido, Belbin [4] establece una clara diferencia entre el rol que hace referencia a las habilidades técnicas y conocimientos funcionales que un individuo aporta a la organización —conocido como rol funcional— y el rol de equipo, que hace referencia a la forma de comportarse, contribuir y relacionarse con otras personas en el trabajo.

El estudio exploratorio que se describe en el presente artículo, se circunscribe en la implementación de un curso sobre Construcción Software impartido, en el período agosto-diciembre de 2015; tiene como propósito explorar si el uso de la teoría de roles de equipo propuesto por Belbin puede ser de utilidad en la formación de equipos efectivos, equipos que generen artefactos de mayor calidad —en cuanto a la legibilidad del código— que aquellos generados por equipos formados sin alguna estructura en particular —agrupados aleatoriamente.

Como citar este artículo: Aguilera-Güemez, A.A., Ucán-Pech, J.P. & Aguilar-Vera, R.A., Explorando la influencia de los roles de Belbin en la calidad del código generado por estudiantes en un curso de ingeniería de software. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 93-100, Febrero, 2017.

2. Trabajos relacionados

Diversos investigadores [5-8] afirman haber identificado conjuntos de roles que definen el comportamiento de los individuos en los equipos de trabajo; dichos roles son conocidos bajo el nombre de roles de equipo, y aunque estos roles no se encuentran asociados a algún trabajo o a las habilidades de la tarea, su ausencia o presencia se dice que tiene influencia significativa en el trabajo y en los logros del equipo [9]. De entre todas las propuestas sobre roles de equipo, el trabajo de Belbin [4,8] es probablemente el más utilizado entre consultores y entrenadores, su popularidad radica en que no solamente ofrece una categorización de roles, sino que describe una serie de recomendaciones para la conformación de equipos —resultado de sus investigaciones— que pueden ser consideradas una especie de teoría, conocida también como la Teoría de Roles de Belbin.

Johansen [10] en su disertación sobre gestión de recursos humanos, se propuso validar el inventario de autopercepción propuesto por Belbin a través de la observación del comportamiento de equipos de trabajo; entre sus conclusiones, indicó que vale la pena utilizar dicho instrumento como herramienta para evaluar la composición y posible desempeño del equipo.

Pollock [11] explora si la diversidad de roles y de personalidades entre los integrantes de un equipo —con estudiantes de sistemas de información— puede mejorar la efectividad del mismo; concluye que la diversidad no presenta influencia significativa en la efectividad del equipo, sin embargo, comenta que la presencia de ciertos roles como el Impulsor, Coordinador y Finalizador, pueden incrementar la efectividad. En este mismo sentido, Henry & Stevens [12] reportaron un experimento controlado con estudiantes en el que exploran la mejora en la eficacia de equipos de desarrollo software, en función del conjunto de roles propuestos por Belbin; dichos autores analizaron la utilidad general de los roles de Belbin —en particular los roles que pueden desempeñar el papel de líder— en términos de dos aspectos: desempeño y viabilidad; concluyen, que los equipos que contienen solo un rol de líder presentan mejor desempeño que aquellos que no lo incluyen o que incluyen más de uno.

Richard [13] condujo un experimento con estudiantes con el objetivo de determinar el grado en que ciertas dinámicas de grupo impactan sobre la eficacia de los equipos de desarrollo de software; entre sus conclusiones se encuentra el que los roles de Belbin no parecen predecir el éxito y el fracaso del grupo de desarrollo, no obstante, comenta que identificó una pequeña mejora en las notas de los alumnos obtenidos en sus proyectos.

Guzmán y Peña [14] condujeron un experimento controlado con alumnos en el cual observaron el desempeño de los roles de equipo en tareas vinculadas con el proceso de desarrollo software, como parte de sus conclusiones reportaron que algunos roles presentan mayor aportación con ciertas actividades, como fue el caso del rol Implementador en la tarea de codificación.

Otros estudios han incorporado la perspectiva de las persona y sus capacidades humanas para la adopción de roles en la ingeniería de software empleando modelos psicológicos [15-

17]; dichos estudios, si bien no citan explícitamente a los roles de Belbin, analizan el comportamiento de los individuos para el desempeño de funciones —roles funcionales— en equipos de desarrollo software.

3. Contexto del estudio

El estudio reportado en el presente artículo, al igual que varios de los experimentos citados anteriormente, fue desarrollado en un contexto educativo con estudiantes, y aunque podría parecer conveniente realizar este tipo de experimentos en entornos con profesionales, es aconsejable —para estudios exploratorios en el área de la Ingeniería de Software— realizar primero un experimento en un entorno académico con estudiantes y una vez que se tenga una primera evidencia, entonces replicarlo en entornos industriales [18].

3.1. Descripción de la asignatura construcción y evolución del software

Construcción y Evolución del Software, es una de las veintitrés asignaturas obligatorias de corte disciplinario del plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería de Software que se ofrece en la Universidad Autónoma de Yucatán, primer programa curricular en ofrecer —desde 2004— el título de Ingeniero de Software en México [19]. La asignatura tiene como objetivo general que el alumno sea capaz de desarrollar aplicaciones utilizando prácticas y técnicas que aseguren altos estándares de programación, así como la aplicación de guías que faciliten el mantenimiento; para alcanzar dicho objetivo, la asignatura se imparte en un semestre, con un total de 45 sesiones —cada una de 90 minutos. El contenido de la asignatura se encuentra organizado en seis unidades cuyos nombres y objetivos se listan a continuación:

- I. *Construcción*. Al término de esta unidad el alumno aplicará las prácticas de ingeniería de software utilizadas en la codificación que implementen el diseño, como son: estándares de programación, diseño como marco de referencia directo al código, documentación interna y externa.
- II. *Refactorización*. Al término de esta unidad el alumno aplicará las técnicas para reestructurar software con la finalidad de hacerlo fácil de entender y modificar a un bajo costo, sin cambiar el comportamiento observable del mismo.
- III. *Reusabilidad*. Al término de esta unidad el alumno aplicará las guías para la reusabilidad durante la codificación de software.
- IV. *Evaluación del código*. Al término de esta unidad el alumno analizará componentes de software para identificar y clasificar los tipos de fallos, así como definir una estrategia de integración que garantice la obtención de sistemas de calidad.
- V. *Liberación del sistema*. Al término de esta unidad el alumno describirá los tipos de entrenamiento y documentación necesaria para la correcta entrega de un sistema.

- VI. Mantenimiento. Al término de esta unidad el alumno describirá las actividades, herramientas y técnicas involucradas en el mantenimiento de software.

3.2. Dinámica pedagógica de la asignatura

La dinámica de la asignatura se encuentra organizada en tres tipos de sesiones: 2 sesiones de introducción, que denominaremos Sesiones Introductorias; 33 sesiones de desarrollo y evaluación de conceptos analizados a lo largo de las 6 unidades de que consta el curso, que llamaremos Sesiones de Conceptos; y 10 sesiones de presentación y evaluación del Proyecto Integrador —desarrollado en equipos de trabajo— a las que denominaremos Sesiones de Proyecto.

A través de estos tres tipos de sesiones los estudiantes desarrollan tres clases de productos, a los que hemos denominado: Resumen, Conclusión Grupal y Proyecto Integrador. Los dos primeros se desarrollan en cada una de las sesiones de Conceptos, y el tercero, es revisado en las sesiones de Proyecto. El Resumen es un documento elaborado de manera individual, que consta de dos partes, la primera parte sintetiza los conceptos de las unidades de la asignatura, enriquecidos con investigación bibliográfica, y la segunda parte incluye ejemplos en los que se evidencie la aplicación de los conceptos. La Conclusión Grupal es un reporte realizado en equipos de trabajo, que presenta una solución tentativa a un problema específico; dicha solución se basa en los conceptos de las unidades de la asignatura. En cuanto al Proyecto Integrador, es un documento que contiene el manual de usuario, el manual técnico —con el diseño de clases y el diseño de entidad relación— así como el código fuente de un software funcional, desarrollado en equipo, bajo la filosofía orientada a objetos, y en el cual se aplican los conceptos vinculados con las seis unidades de la asignatura.

A continuación se describen cada uno de los tres tipos de sesiones que se desarrollan a lo largo del curso, y con base en las cuales se promueve el logro del objetivo de la asignatura.

En las *Sesiones Introductorias*, en particular en la primera sesión se presenta el objetivo de la asignatura y de cada una de las unidades, los productos a desarrollar en equipos de trabajo, la dinámica del curso, la forma de evaluación del mismo, así como la bibliografía recomendada. En la segunda sesión se explica a los equipos de alumnos en qué consiste el Proyecto Integrador y se les presenta el plan de trabajo (ver Tabla 1) con los productos del Proyecto Integrador a entregar (“entregables”) así como las fechas de entrega; al final de la sesión se aplica el inventario de autopercepción de Belbin.

Tabla 1
Plan de Trabajo del Proyecto Integrador

No	Entregables	Fecha	Sesiones de Proyecto
1	Altas	Primera, Segunda	2 Sesiones de Proyecto de la última semana del primer mes
2	Bajas, Altas	Tercera, Cuarta	2 Sesiones de Proyecto de la última semana del segundo mes
3	Cambios, Bajas y Altas	Quinta, Sexta	2 Sesiones de Proyecto de la última semana del tercer mes
4	Reportes, Cambios, Bajas y Altas	Séptima, Octava	2 Sesiones de Proyecto de la última semana del cuarto mes
5	Entrega final del Proyecto	Novena, Décima	2 Sesiones de Proyecto de la última semana del quinto mes

Fuente: Los autores.

En la Tabla 1 se puede observar que los entregables 2, 3 y 4 son incrementales en cuanto a su funcionalidad, y se espera que los equipos apliquen los conceptos desarrollados hasta el momento de la entrega, lo que pudiera implicar mejoras en ciertas partes del producto. Con relación a las diez fechas de entrega, estas se distribuyen en dos sesiones de la última semana de cada mes.

En las *Sesiones de Conceptos*, al inicio de cada sesión los alumnos de manera individual hacen entrega del producto denominado “Resumen” con los temas a ser abordado en la sesión —de acuerdo con la planeación del curso. Posteriormente, los alumnos se organizan en grupos y atienden a la presentación oral —por parte del profesor— de los temas que correspondan a la sesión en cuestión; durante las presentaciones orales, el profesor realiza interrogatorios y motiva las discusiones al interior de cada grupo. Finalmente, después de la presentación oral, los alumnos trabajan en sus equipos para desarrollar el producto “Conclusiones Grupales”; durante esta parte final de la sesión el profesor asesora las discusiones al interior del equipo, para dar solución al problema específico en cuestión.

En cuanto a las *Sesiones de Proyecto*, con base en el plan de trabajo de la Tabla 1, al inicio cada equipo debe entregar la documentación del Proyecto Integrador, definida previamente; esta documentación se corresponde con el entregable en cuestión, de tal manera que muestra únicamente la información de las partes del proyecto realizadas hasta el momento del entregable. Posteriormente, cada uno de los equipos realiza una presentación del “entregable” funcional del Proyecto Integrador. En esta presentación se muestra en ejecución el mencionado entregable y cada uno de los integrantes explica alguna parte del código. Durante la presentación de cada equipo, el profesor motiva los interrogatorios y las discusiones entre el equipo expositor y el resto de los equipos de la clase. Finalmente, el profesor expresa sus observaciones sobre los códigos y guía las reflexiones de los alumnos.

3.3. Evaluación de la asignatura

El Resumen se evalúa en una escala de 1 a 100 puntos, considerando que contenga la síntesis de los conceptos abordados en la sesión que corresponda, que presente alguna cita y referencia bibliográfica, y que presente cuando menos un código de ejemplo donde aplique alguno de los mencionados conceptos. De manera similar, la conclusión Grupal se evalúa, en una escala de 1 a 100 puntos, considerando que presente un código con una solución tentativa a alguna parte del Proyecto Integrador; dicha solución está basada en conceptos abordados en la sesión correspondiente. El entregable del Proyecto Integrador se evalúa —en una escala del 1 a 100 puntos, según se satisfaga con los aspectos de la solución ideal— tomando en consideración que el 20% de los puntos corresponde a la presentación del avance del proyecto y el 80% a la Calidad en la Legibilidad del Código. Para la evaluación de la presentación del avance se considera la participación de todos los integrantes del equipo al explicar los conceptos aplicados en diferentes partes del código.

Tabla 2

Criterios de Evaluación de la Asignatura

Método	Porcentaje	Descripción
Tareas	20%	El Resumen de cada sesión.
Participaciones	20%	La Conclusión Grupal de cada sesión.
Proyecto	60%	El Proyecto Integrador

Fuente: Los autores.

En cuanto a la evaluación a la Calidad en la Legibilidad del Código se considera la propuesta de McConnell [20]; dicha propuesta analiza el tipo de dato abstracto de las clases del código, la interfaz de las clases del código y la implementación de los métodos de las clases. Se resalta que se consideran requisitos la documentación definida previamente en la definición del Proyecto Integrador y que funcione el entregable del proyecto integrador. La calificación final del Proyecto Integrador, en una escala del 1 al 100 puntos, se calcula sumando el 10% del primer entregable, el 20% del segundo entregable, el 20% del tercer entregable, el 25% del cuarto entregable y el 25% del quinto entregable. La Tabla 2 ilustra los criterios antes citados.

4. Metodología de estudio

Con base en los trabajos relacionados citados anteriormente, se diseñó un experimento controlado para explorar la influencia del uso de la Teoría de Roles de Belbin en la integración de equipos de desarrollo software, en nuestro caso, la influencia se evaluó en los artefactos software generados, en particular, en la legibilidad del código generado por los equipos de estudiantes que se encuentran en proceso de formación como Ingenieros de Software y cursan la asignatura Construcción y Evolución de Software.

4.1. Objetivo, hipótesis y variables

Con el objetivo de explorar si los equipos de desarrollo de software integrados con base en la Teoría de Roles de Belbin —a los que denominaremos Compatibles— generan artefactos de mejor calidad en cuanto a la legibilidad del código, que los equipos integrados sin utilizar algún criterio en particular —a los que denominaremos Tradicionales— se plantearon las siguientes hipótesis:

H0: La calidad media de la legibilidad del código generado por los Equipos Tradicionales es mayor o igual a la calidad media de la legibilidad del código generado por los Equipos Compatibles.

H1: La calidad media de la legibilidad del código generado por los Equipos Tradicionales es menor que la calidad media de la legibilidad del código generado por los Equipos Compatibles.

El factor a controlar en este experimento es el mecanismo de integración de los equipos de desarrollo software, el cual tiene dos alternativas: (1) Equipos Compatibles, y (2) Equipos Tradicionales. Por su parte, la variable respuesta —dependiente— Calidad de la Legibilidad del Código, será medida en los artefactos que entregan los estudiantes a lo largo del curso.

Aspectos como la complejidad del problema a resolver, el lenguaje de programación utilizado, y la expertiz de los participantes, se considera parámetros que no afectan o sesgan

los resultados del estudio, en el caso de los dos primeros, son parámetros homogéneos para todos los equipos de desarrollo, y para el caso de la expertiz, al ser equipos integrados por estudiantes que se encuentran apenas en su proceso de formación, resultan también homogéneos.

4.2. Participantes/Sujetos

Los participantes en el experimento fueron 33 estudiantes de carrera de Ingeniero de Software de la Universidad Autónoma de Yucatán, que cursaban la asignatura Construcción y Evolución Software en el semestre agosto-diciembre de 2015, asignatura ubicada en el quinto semestre de la carrera; de acuerdo a la clasificación sobre experiencia en programación propuesta por Dreyfus & Dreyfus [21], los estudiantes de este experimento se clasifican como novicios avanzados, es decir, cuentan con experiencia práctica y conocimiento sobre los aspectos fundamentales del lenguaje de programación Java.

Con los 33 estudiantes inscritos a la asignatura se formaron 11 equipos de desarrollo software de 3 integrantes cada uno; para la conformación de los equipos se utilizó la información obtenida con la administración del inventario de autopercepción de Belbin en la segunda sesión introductoria, con base en los roles primarios identificados en los estudiantes, se integraron —utilizando la Teoría de Belbin— 6 equipos con roles compatibles, y 5 equipos adicionales con alumnos asignados de manera aleatoria —sin observar el rol primario de cada estudiante.

En virtud de que las mediciones se obtendrían sobre los productos generados por los equipos de desarrollo, los sujetos experimentales en este caso fueron los 11 equipos de desarrollo integrados por los investigadores (ver Tabla 3), los cuales fueron agrupados utilizando como referente la teoría de roles de Belbin (ver Fig. 1).

Tabla 3

Sujetos experimentales por tratamiento

Tratamientos	Sujetos (Equipos)
Equipos Compatibles	I, II, III, IV, V, VI
Equipos Tradicionales	VII, VIII, IX, X, XI

Fuente: Los autores.

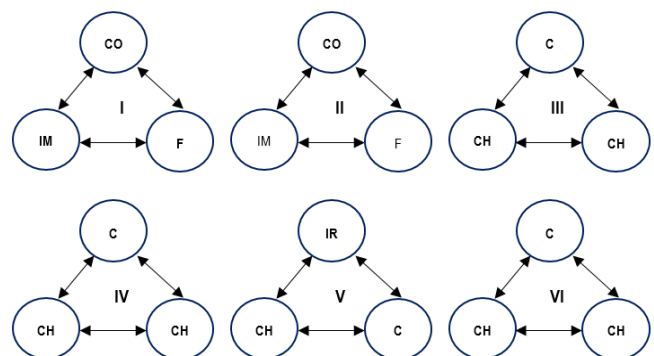


Figura 1. Conformación de los equipos de desarrollo compatibles.

Fuente: Los autores.

Tabla 4

Calidad del Código Generado por los Equipos

Equipos	Calidad	$\bar{x}$
Compatibles	74, 83, 79, 90, 75, 80	80.16
Tradicionales	74, 79, 66, 82, 68	73.80

Fuente: Los autores.

4.3. Procedimiento de recolección de datos

En el ámbito del contexto del estudio, los equipos de desarrollo software construyen su sistema software en sesiones no presenciales, y de acuerdo con lo descrito en la sección referente a la dinámica pedagógica de la asignatura, en las sesiones de Proyecto —de acuerdo con el Plan de trabajo— los equipos hacen entrega del código generado según el avance del curso.

Para medir el grado de la calidad en la legibilidad del producto software, se analizó el código y se registró el progreso realizado en el software. Los criterios y métricas usados para evaluar la calidad en la legibilidad del código generado por los equipos fueron basados de la propuesta de McConnell [20]: Tipo de datos abstracto (número de atributos y operaciones que guardan cohesión entre sí, están escritos en términos del problema y definen la entidad), interfaz (número de métodos que ocultan detalles de implementación, guardan cohesión entre ellos, están escritos en términos del problema y definen la clase), método (número de operaciones que contribuyen con el propósito del método, están escritos en término del problema, guardan cohesión entre sí y es evidente su organización). Utilizando un esquema similar al reportado en [22] los criterios antes mencionados fueron evaluados en una escala del 1 al 100, según se satisfaga con los aspectos de la solución ideal. De la calificación total de la calidad en la legibilidad del software, el 20% corresponde a la participación y el 80% evalúa los criterios anteriormente mencionados (ver ecuación 1). La calificación se evalúa en un rango de 0 a 100.

$$\begin{aligned} \text{Calidad del entregable} &= (((\text{TipoDatoAbstracto} \times 0.2) \\ &+ (\text{Interfaz} \times 0.4) + (\text{Metodo} \times 0.4)) \\ &\times 0.8) + (\text{Participacion} \times 0.2) \end{aligned} \quad (1)$$

La fórmula, presentada en la ecuación (1) fue aplicada a cada uno de los cinco entregables definidos conforme el plan de trabajo establecido. Para calcular la calidad en la legibilidad del proyecto software se utilizó la formula presentada en (2).

$$\begin{aligned} \text{Calidad} &= (\text{Calidad del entregable 1} \times 0.1) \\ &+ (\text{Calidad del entregable 2} \times 0.2) \\ &+ (\text{Calidad del entregable 3} \times 0.2) \\ &+ (\text{Calidad del entregable 4} \times 0.25) \\ &+ (\text{Calidad del entregable 5} \times 0.25) \end{aligned} \quad (2)$$

5. Resultados

En la Tabla 4 se muestran las mediciones obtenidas de los once equipos de desarrollo una vez que se concluyó el curso y los cinco entregables habían sido revisados.

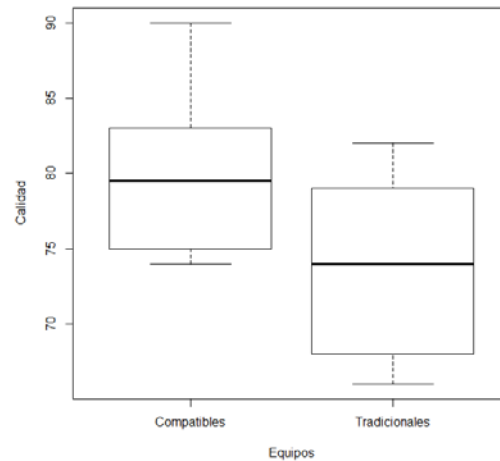


Figura 2. Gráfico de Caja para ambos Tratamientos.

Fuente: Los autores.

5.1. Análisis descriptivo

Para ilustrar gráficamente el comportamiento de los datos, se construyeron diagramas de cajas y bigotes (ver Fig. 2); dichos diagramas son útiles porque nos permiten ver la dispersión de los datos respecto de la mediana, tener una visión general de la simetría de la distribución de los mismos, así como el poder comparar los subconjuntos de mediciones. En la gráfica podemos observar que las medidas obtenidas de los equipos Tradicionales son más simétricas que las que provienen de equipos Compatibles, los cuales, por cierto, presentan un sesgo positivo; también se puede observar que la mediana de los valores recogidos en los equipos Compatibles, coincide con el tercer cuartil del conjunto de mediciones de los equipos Tradicionales, o dicho de otra manera, el 75% de las mediciones que provienen de los equipos Tradicionales se ubican por debajo del valor que representa al 50% de las mediciones recogidas en los equipos Compatibles.

5.2. Prueba de hipótesis

Las observaciones descritas nos inducen a pensar que existen diferencias entre los subconjuntos de datos, y que estas son positivas respecto de las mediciones obtenidas en los equipos formados considerando la Teoría de Roles de Belbin, lo cual coincide con las hipótesis planteadas inicialmente, por lo que procederemos a probar dichas hipótesis a través de un análisis estadístico. El modelo estadístico que se utilizará la prueba de hipótesis, es el modelo de un solo factor —mecanismo de conformación de los equipos de desarrollo software— el cual se representa con la ecuación descrita en (3).

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}, \\ \text{con } i &= 1, \dots, a; j = 1, \dots, n_i \end{aligned} \quad (3)$$

Donde y_{ij} es la observación j -ésima del i -ésimo tratamiento (nivel i -ésimo del factor), μ es la media común de todos los tratamientos, τ_i es el efecto del nivel i del factor, y $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

representa el error aleatorio, y que σ^2 es la varianza común de las poblaciones. En particular, utilizaremos la prueba t para muestras independientes con contraste unilateral, cuyas hipótesis estadísticas se representan como sigue:

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2 \text{ ó también } \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2 \text{ ó también } \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Para la realización del análisis estadístico se seleccionó el lenguaje R y el paquete R-Commander, ambos de libre distribución; al aplicar la prueba antes citada con un nivel de confianza del 90%, se obtuvo un p-valor (0.06531) es menor que el nivel de significación α (0.1), se rechaza la hipótesis nula y por tanto se acepta la alternativa, la cual indica que existe diferencia positiva entre la calidad media de la legibilidad del código generado por los equipos Compatibles y la calidad media del código generado por los equipos Tradicionales.

5.3. Validación de supuestos

Una vez obtenidos los resultados de nuestra prueba de hipótesis, resulta necesario comprobar la validez de los supuestos de nuestro modelo estadísticos, en nuestro caso, se deben verificar los supuestos de:

- *Normalidad*: los datos tienen un comportamiento como el de la distribución normal.
- *Homocedasticidad*: la varianza de los errores es constante.
- *Independencia*: las mediciones provienen de poblaciones independientes.

El tercer supuesto lo abordaremos explorando la normalidad de manera gráfica. En la gráfica de Q-Q (ver Fig. 3) se observa una tendencia de línea recta, por lo que no tenemos evidencia en contra de la normalidad de los residuos. El segundo supuesto se verifica explorando la homocedasticidad de las varianzas de manera gráfica; en el gráfico de residuos contra tratamientos (ver Fig. 4) se observan distribuciones similares entre los tratamientos, por lo que podemos considerar que se cumple este segundo supuesto.

El primer supuesto se aborda tomando en consideración la propiedad de aleatoriedad, en el caso de los equipos Compatibles, se logró a través de la asignación aleatoria de los estudiantes según su rol, a los sujetos (equipos) experimentales; y en el caso de los equipos Tradicionales, la asignación de los estudiantes fue totalmente aleatoria. Para corroborar este supuesto, se decidió elaborar la gráfica de residuos (ver Fig. 5) como una función de los valores estimados; del análisis a la gráfica podemos observar que la nube de datos dispersos nos indica que no hay razones para sospechar cualquier violación de los supuestos de independencia.

6. Discusión

Los resultados del estudio abonan información en cuanto a que la formación de equipos de desarrollo software que utilizan la Teoría de Roles de Belbin para su integración, resulta ser una estrategia adecuada ya que presentan evidencia de mejoras positivas en el desempeño de los equipos, en particular, en la calidad de la legibilidad del código generado.

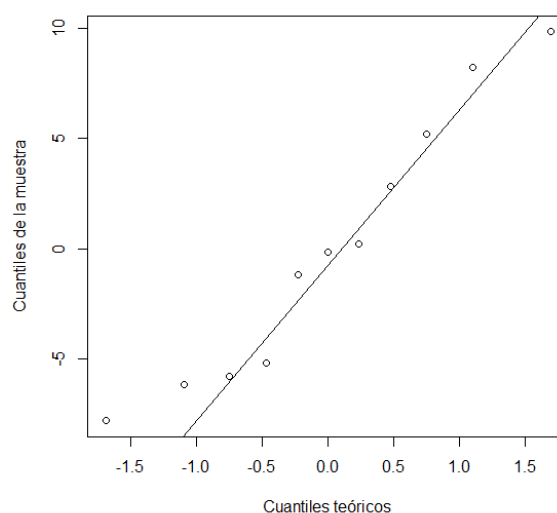


Figura 3. Gráfico Q-Q normal.
Fuente: Los autores.

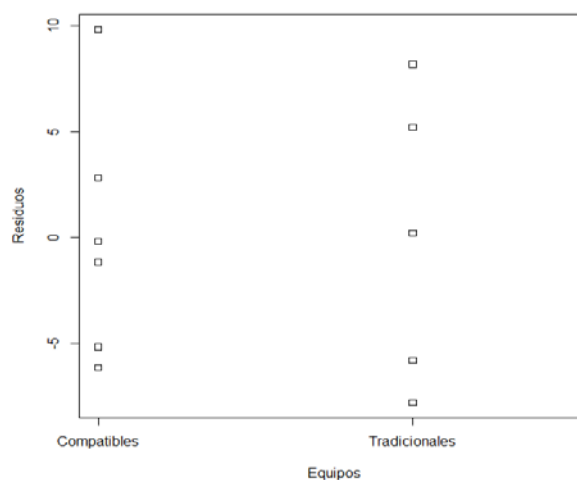


Figura 4. Gráfico de residuos contra tratamientos.
Fuente: Los autores.

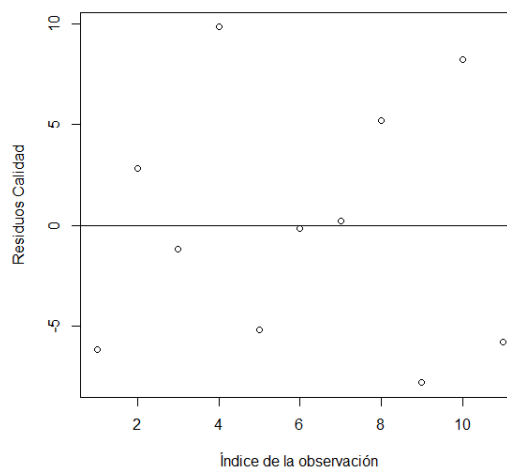


Figura 5. Gráfico de residuos de las mediciones.
Fuente: Los autores.

En el estudio reportado, el número de participantes y por ende, de sujetos experimentales —equipos de tres alumnos cada uno— fue limitado, por lo que la conformación de los equipos no permitió indagar sobre si la presencia de ciertos roles, o si la diversidad de los mismos puede influir en el desempeño o efectividad del equipo. Los experimentos suelen estar sujetos a diferentes tipos de amenazas que pueden incidir de manera negativa en sus resultados, y por ello es necesario ser muy cuidadosos en su planeación y ejecución. Cook & Campbell [23] proponen cuatro tipos de amenazas a la validez: conclusión, interna, externa y de constructo.

6.1. Validez de conclusión

Estas amenazas se refieren a cuestiones que pueden afectar la habilidad de obtener una conclusión correcta acerca de la existencia de una relación entre el tratamiento y la variable de respuesta. Una posible amenaza que pudo haber impactado en la validez de conclusión es la referente a la confiabilidad de las mediciones; aunque todas las mediciones fueron realizadas por el mismo profesor y las métricas fueron definidas al inicio del curso, es posible cierta subjetividad en las medidas después de largas jornadas de revisión. Sin embargo, esta subjetividad podría haberse mitigado con la observación periódica de los entregables de los sujetos.

6.2. Validez interna

Las amenazas en esta categoría se refieren a si los resultados observados se debieron a otros factores distintos a los tratamientos considerados. Para abordar estas amenazas, los sujetos se asignaron de manera aleatoria a los tratamientos, según su tipo de Rol Belbin, todos ellos se conformaron por alumnos clasificados como novicios avanzados [21] por lo que los sujetos participaron en el experimento bajo mismas condiciones (con proyecto diferentes, aunque equivalentes funcionalmente).

6.3. Validez de constructo

Las amenazas en esta categoría se refieren a aspectos que pueden influir negativamente en la relación que hay entre la teoría y la observación. Para abordar esta amenaza los temas fueron desarrollados durante las clases de todo un semestre, evaluando y retroalimentando los conocimientos teóricos de manera periódica.

6.4. Validez externa

Estas amenazas se refieren a aspectos que pueden limitar la habilidad de generalizar los resultados del experimento a otros contextos, por ejemplo generalizar los resultados a la industria; en nuestros estudios, el uso de estudiantes como sujetos en lugar de profesionales tal vez pudo afectar este tipo de validez. No obstante, como se describe en [18], el uso de estudiantes como sujetos, permite al investigador obtener evidencia preliminar para confirmar o refutar hipótesis que pueden ser contrastadas posteriormente en contextos industriales.

7. Conclusiones

El presente estudio exploratorio tiene como propósito el contribuir con evidencia empírica en torno a la bondad de utilizar la Teoría de Roles de Belbin para la integración de equipos de desarrollo software. Los resultados del estudio, ciertamente limitado por el número de sujetos, genera evidencia que nos permite concluir —con base en el modelo estadístico seleccionado y con un nivel de confianza del 90%— que los equipos formados con base en la Teoría de Roles de Belbin, presentan resultados significativamente mejores —en cuanto a la legibilidad de la calidad del código— que los equipos que fueron integrados de manera aleatoria. Por otro lado, las lecciones aprendidas al usar la Teoría de Roles de Belbin como estrategia de formación de equipos en entornos académicos, en función de los resultados obtenidos, resulta ser una alternativa positiva, a los esquemas tradicionalmente utilizados basados en: aleatoriedad, o preferencias de los estudiantes.

La información obtenida con el experimento controlado nos motiva a continuar realizando estudios comparativos entre equipos compatibles y equipos tradicionales, en otras actividades vinculadas con el proceso de desarrollo software (p.e. Estimación, Requisitos, Diseño).

Agradecimientos

Agradecemos a los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Software de la Universidad Autónoma de Yucatán, su invaluable participación en el presente estudio. La dedicación evidenciada en el desarrollo de los proyectos a lo largo de curso, es sin lugar a dudas, una de las principales fortalezas que brinda validez a nuestras aportaciones.

Referencias

- [1] Bourque P. and Fairley, R., Guide to the software engineering body of knowledge (SWEBOK V3.0). IEEE Computer Society, 2014. DOI: 10.1109/52.805471
- [2] DeMarco, T. and Lister, T., Peopleware productive projects and teams 2nd Ed. New York, USA: Dorset House Publishing Co., 1999.
- [3] Humphrey, W., Introduction to the team software processes. Reading, USA: Addison Wesley Longman Inc., 2000.
- [4] Belbin, M., Team roles at work. Oxford, USA: Elsevier Butterworth Heinemann, 1993.
- [5] Briggs-Myers, I. and Briggs, K.C., Myers-Briggs Type Indicator (MBTI). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press., 1985
- [6] Mumma, F.S., What makes your team tick?. King of Prussia, PA: HRDQ, 1994.
- [7] Margerison, C.J. and McCann, D.J., Team management profiles: Their use in managerial development, Journal of Management Development, 4(2), pp. 34-37, 1985. DOI: 10.1108/eb051580
- [8] Belbin, M., Management teams. Why they succeed or fail. New York, USA: John Wiley & Sons, 1981.
- [9] Aritzeta, A., Swailes, S. and Senior, B.B., Team roles: Psychometric evidence, construct validity and team building. Hull, UK: University of Hull, 2005.
- [10] Johansen, T., Predicting a team's behaviour by using Belbin's Team Role self perception inventory. Thesis dissertation at Department of Management & Organisation, University of Stirling, Stirling, U.K., 2003.

- [11] Pollock, M., Investigating the relationship between team role diversity and team performance in information systems teams. *Journal of Information Technology Management*, 20(1), pp. 42-55, 2009.
 - [12] Henry, S. and Stevens, K., Using Belbin's leadership role to improve team effectiveness: An empirical investigation. *Journal of Systems and Software*, 44(3), pp. 241-250, 1999. DOI: 10.1016/S0164-1212(98)10060-2
 - [13] Richard, T., Group dynamics and software engineering. In: Manns, M.L. (Ed.) *Object Oriented Programming Systems Languages and applications: Educators' Symposium*, 1-5 November 1999, Denver, Colorado, USA, 1999.
 - [14] Estrada, E. y Peña, A., Influencia de los roles de equipo en las actividades del desarrollador de software. *Revista Electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 2(1), pp. 1-19, 2013.
 - [15] Wynekoop, J. and Walz, D., Investigating traits of top performing software developers. *Information Technology and People*, 13(3), pp. 186-195, 2000. DOI: 10.1108/09593840010377626
 - [16] Acuña, S. and Juristo, N., Assigning people to roles in software projects. *software: Practice and Experience*, 34(7), pp. 675-696, 2004. DOI: 10.1002/spe.586
 - [17] Jarillo, P., Enríquez, C. y Sánchez, R., Identificación del factor humano en el seguimiento de procesos de software en un medio ambiente universitario. *Computación y Sistemas*, 19(3), pp. 577-588, 2015. DOI: 10.13053/cys-19-3-2206
 - [18] Genero, M., Cruz-Lemus, J. y Piatini, M., Métodos de investigación en ingeniería de software. *RA-MA*, 2014.
 - [19] Aguilar, R. y Díaz, J., La ingeniería de software en México: Hacia la consolidación del primer programa de licenciatura. *Revista de Tecnología Educativa*, 2(2), pp. 6-17, 2015.
 - [20] McConnell, S., *Code Complete*. 2E, Microsoft Press, Redmond, WA, 2004.
 - [21] Dreyfus, H. and Dreyfus, S., *Mind over machine. The power of human intuition and expertise in the era of the computer*. New York: Basil Blackwell, 1986.
 - [22] Acuña, S., Gómez, M. and Juristo, N., How do personality, team process and task characteristics relate to job satisfaction and software quality?. *Information and Software Technology*, 51(2), pp. 627-639, 2009. DOI: 10.1016/j.infsof.2008.08.006
 - [23] Cook T. and Campbell, D., *Quasi-experimentation – Design and analysis issues for field settings*. Houghton Mifflin Company, Boston, 1979.
- A.A. Aguileta-Güemez**, es Lic. en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), México; MSc. en Ciencias Computacionales por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus Monterrey, México. Actualmente es profesor asociado en la Facultad de Matemáticas e integrante del Grupo Académico de Tecnologías para la Formación en Ingeniería de Software de la UADY. La línea de investigación de su interés es en torno a la calidad en la Ingeniería de Software.
ORCID: 0000-0001-5155-3543.
- J.P. Ucán-Pech**, es Dr. en Sistemas Computacionales por la Dirección de Posgrado e Investigación de la Universidad del Sur, campus Mérida, México. MSc. en Sistemas Computacionales con especialidad en Ingeniería de Software por el Instituto Tecnológico de Mérida, México. Es profesor titular en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán e integrante del Grupo Académico de Tecnologías para la Formación en Ingeniería de Software de la UADY. Es miembro de la Academia Mexicana de Computación (AMEXCOMP). Su trabajo de investigación se centra en temas relacionados con la Ingeniería de Software, Ingeniería Web e Informática Educativa.
ORCID: 0000-0002-1013-6396.
- R.A. Aguilar-Vera**, obtuvo el grado de Dr. por la Universidad Politécnica de Madrid, España (Mención de Doctor Europeo) y el de MSc. en Ingeniería de Software por la misma Institución, es MSc. en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Yucatán. Actualmente es profesor de tiempo completo en la Facultad de Matemáticas e integrante del Grupo Académico de Tecnologías para la Formación en Ingeniería de Software de la Universidad Autónoma de Yucatán. Es miembro de la Academia Mexicana de Computación (AMEXCOMP), e integrante del Comité de Acreditación del Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación (CONAIC). Su trabajo de investigación incluye las siguientes áreas: Ingeniería de Software e Informática Educativa.
ORCID: 0000-0002-1711-7016.

Diseño y desarrollo de un entorno virtual inmersivo para instruir el principio de superposición de movimientos a estudiantes de ingeniería

David Castro-González, Luis Hernando Barbosa, Vladimir Prada-Jiménez & Gregory Conde-Méndez

*Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Bogotá, Colombia.
dcastrog@ucentral.edu.co, lbarbosab@ucentral.edu.co, vpradaj@ucentral.edu.co, gcondem@ucentral.edu.co*

Resumen— Este artículo describe el diseño y construcción de un entorno de realidad virtual inmersiva con una secuencia de escenas interactivas que recrean la composición de movimientos de una partícula para instruir el principio de superposición de movimientos en estudiantes de Física en ingeniería. El entorno virtual se ha desarrollado en Unity y permite la interacción por medio de las manos con visualización a través de un Head Mounted Display. Este artículo muestra la etapa de diseño, la programación y las principales características del entorno inmersivo logrado. Para probar el entorno inmersivo final se ha interactuado con una población de 20 estudiantes usando un test de 9 preguntas antes y después del uso del entorno inmersivo en cada estudiante. La ganancia normalizada que produce su uso en el grupo de estudiantes, sin acompañamiento y sin interacción social, es $\langle g \rangle = 0.08$.

Palabras Clave— entorno inmersivo, realidad virtual, movimiento de partículas, Unity.

Recibido: 6 de diciembre de 2016. Revisado: 17 de enero de 2017. Aceptado: 27 de enero de 2017.

Design and development of an immersive virtual environment for teaching of the superposition of movements principle for engineering students

Abstract— This article relates the design and construction of an immersive virtual reality environment with a sequence of interactive scenes. These scenes simulate different movements of a particle for the teaching of the superposition principle. The virtual environment has been developed in Unity and the interaction participants are by the fingers and hands with visualization in a Head Mounted Display. To test the final immersive environment we experiment with 20 students. The participants' knowledge acquisition was evaluated by comparing pre-test and post-test. The use of the immersive environment in the group of students, without accompaniment of the teacher and without social interaction between students produced a normalized gain of $\langle g \rangle = 0.08$.

Keywords— Immersive environment, virtual reality, particle movement, Unity.

1. Introducción

La dificultad en la enseñanza y aprendizaje de la Física en los primeros semestres de las carreras de ingeniería ha despertado el interés de los profesores de la universidad Central. Uno de los conceptos claves de la Física mecánica que presenta dificultad para ser apropiado por los estudiantes es el principio de superposición de movimientos (PSM). Este principio

implica la habilidad de componer movimientos de partículas y constituye una competencia cognitiva relevante para poblaciones de estudiantes de ingeniería. El PSM es una herramienta conceptual que sirve para describir el movimiento de partículas en 2D y 3D, y según estudios realizados por la asociación americana de profesores de Física, este principio no logra aprenderse cuando se enseña usando la metodología tradicional [1]. En esta misma dirección, en España, hacen un estudio de detección de ideas previas en estudiantes que le da reconocimiento a la enseñanza de este principio [2].

Dice Barbosa y Organista que para lograr que los estudiantes apropien el PSM no es suficiente que el profesor enuncie el postulado, se necesita que tengan mucha experiencia de hechos para que puedan anclar su conocimiento y debido a que el movimiento de objetos lanzados al aire sucede tan rápidamente, el estudiante no tiene suficiente experiencia para anclar y construir este concepto [3]. Para que los estudiantes ganaran experiencia ellos realizaron una secuencia didáctica basada en videos en cámara lenta, con el fin de observar detalladamente diferentes situaciones de movimiento de una partícula y generar experiencia. Sin embargo, ellos reportan baja ganancia de los estudiantes en el aprendizaje de este concepto [3].

Para aportar en esta problemática surgen nuevas herramientas tecnológicas aplicables al proceso de enseñanza/aprendizaje. La realidad virtual (RV) es una de ellas, y consiste en la creación de entornos imaginarios simulados por computadora que se asemejan al mundo real [4,5]. La RV puede clasificarse dependiendo del grado de interacción y de inmersión que proveen al usuario, y según [6,7], existen tres clases que son la RV no inmersiva, RV semi-inmersiva y RV de inmersión total.

La RV no inmersiva consiste en una computadora capaz de reproducir contenidos multimedia, permitiendo interactuar a través del teclado, el ratón o palancas hápticas. La RV semi-inmersiva proporciona una ligera sensación de inmersión, comúnmente a través de pantallas estereoscópicas. La RV de inmersión total es la mejor opción para transmitir información multi-sensorial porque permite sumergir completamente al

Como citar este artículo: Castro-González, D., Barbosa, L. H., Prada-Jiménez, V. & Conde-Méndez, G.. Diseño y desarrollo de un entorno virtual inmersivo para instruir el principio de superposición de movimientos a estudiantes de ingeniería. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 101-108, Febrero, 2017.

usuario en un ambiente virtual (AV) [8], dando una sensación de que se ha “entrado” en un mundo nuevo. Para conseguir dicha inmersión, son necesarios dispositivos de visualización como gafas de RV, software para la creación de mundos tridimensionales y otros accesorios como dispositivos hápticos y sensores de movimiento.

Se han realizado desarrollos para aprendizaje del Inglés como en [9], el aprendizaje de las Matemáticas [10-14], la Química [15,16], y la Historia [17,18]. También se han desarrollado laboratorios remotos virtuales en Automática y Robótica [19] y manipulación de maquinaria [20]. Asimismo en Medicina [21], [22] y Astronomía [23]. En cuanto a la Física la literatura reporta investigaciones para el aprendizaje de los conceptos básicos del electromagnetismo [24], propiedades de los gases [25] y movimiento relativo [26]. Aún no se han desarrollado entornos inmersivos de RV para la enseñanza del PSM.

El propósito de este documento es mostrar el proceso de diseño y construcción de un entorno virtual inmersivo para el aprendizaje del PSM medido con la ganancia normalizada de Hake y los posibles beneficios de esta tecnología como herramienta de acompañamiento en el proceso de enseñanza/aprendizaje. El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se describe la metodología, que a su vez, está dividida en sub-secciones: en la sección 2.1 se da una visión general del entorno propuesto, en la sección 2.2 se enlistan las especificaciones de diseño. La sección 2.3 contiene los requisitos de hardware y software del sistema inmersivo. La sección 2.4 presenta la secuencia de escenas. La sección 2.5 muestra el desarrollo del sistema inmersivo. En la sección 3 está el análisis de resultados del entorno inmersivo 3D al implementarlo en una muestra piloto de estudiantes. Finalmente en la sección 4 son presentadas las conclusiones.

2. Metodología

2.1. Visión general del entorno propuesto

Con el fin de ofrecer a las comunidades de aprendizaje de la Física nuevas herramientas que aporten significativamente en su desempeño académico y fortalezcan su aprendizaje en el aula de clases, este trabajo tuvo como objetivo diseñar y ensamblar un entorno de aprendizaje inmersivo que permitiera a los estudiantes interactuar con un mundo virtual a partir de una secuencia de escenas que simulan diferentes movimientos de una partícula para favorecer el aprendizaje del PSM. Los estudiantes interactúan con objetos propios del entorno inmersivo dentro de un ambiente de aprendizaje centrado en el estudiante.

2.2. Viabilidad del entorno propuesto

Los programas de simulación ofrecen gran variedad de herramientas que permiten recrear casi cualquier situación que ocurre en la vida real con gran precisión pudiendo ser ajustadas a conveniencia según sea la necesidad. Para este proyecto se ha utilizado el software de descarga gratuita *Unity* por su versatilidad para la creación de entornos virtuales. Este

programa ha sido seleccionado porque posee un motor de Física integrado que proporciona componentes que manejan la simulación de eventos físicos muy reales con solo ajustar unos cuantos parámetros con instrucciones de código.

En cuanto a recurso humano y financiero, la Universidad Central apoya proyectos de investigación que buscan fortalecer e innovar en el sector académico y tecnológico. Este proyecto ganó el patrocinio en la cuarta convocatoria interna, de la universidad en el que participaron 4 docentes de tiempo completo y un estudiante de pregrado del programa de ingeniería electrónica. Los costos en equipos y dispositivos fue de siete millones de pesos aproximadamente, que incluye un computador de alto rendimiento, un casco de realidad virtual y un sensor de manos. El software de desarrollo es de descarga gratuita, pero si se implementa en varios equipos eleva el costo del estudio.

2.3. Directrices de diseño del entorno inmersivo

Se destacan dos características esenciales que debe tener el ambiente virtual propuesto: la primera, debe permitir al estudiante interactuar constantemente con el entorno, y la segunda, debe dar el mayor grado de inmersión posible. En consecuencia, se precisan las siguientes especificaciones a tener en cuenta: 1) Permitir al usuario interactuar con el movimiento del cuerpo. 2) Contar con un menú de opciones: repetir el movimiento, pausar el movimiento, regresar y continuar de escena y ejecutar movimiento. 3) Presentar información gráfica sobre el comportamiento del movimiento de la partícula en tiempo real a partir de gráficas de posición, velocidad y aceleración. 4) Abarcar los conceptos asociados a: movimiento uniforme rectilíneo (mur), movimiento uniformemente acelerado (mua), suma y resta de movimientos (superposición y descomposición). 5) Seguir una secuencia lógica. 6) Hacer síntesis de cada escenario. 7) Tener un cronómetro para dar cuenta del tiempo. 8) Dar instrucciones por medio de grabaciones de audio. 9) Tener marcas de posición para dar cuenta del movimiento de la partícula. 10) Sonidos del ambiente. 11) Ser llamativo y realista. 12) Estimular la vista y el oído. Y finalmente, 13) Tiempo estimado total entre 10 y 20 minutos.

2.4. Requisitos de hardware y software

En esta sección se describen los diferentes componentes utilizados en el desarrollo del sistema inmersivo propuesto: dispositivos, equipos y software.

2.4.1. Dispositivos y equipos

Se usó un computador de escritorio con un procesador Intel core i7-4790 CPU 3.6 GHz, 16 GB DDR-4 de memoria RAM y una tarjeta de video NVIDIA GeForce GTX-970.

Un kit de desarrollo *Oculus Rift DK2* que contiene unas gafas de realidad virtual con una resolución de 960x1080 por ojo, un campo de visión de 100°. Permite seguimiento de la cabeza del usuario y su posición. Un control *Leap Motion* capaz de captar el movimiento de las manos y los dedos. Este periférico USB se monta sobre las gafas de RV. También se utilizan unos audífonos diadema. En la Fig. 1 se muestra el diagrama de los equipos y dispositivos mencionados anteriormente.

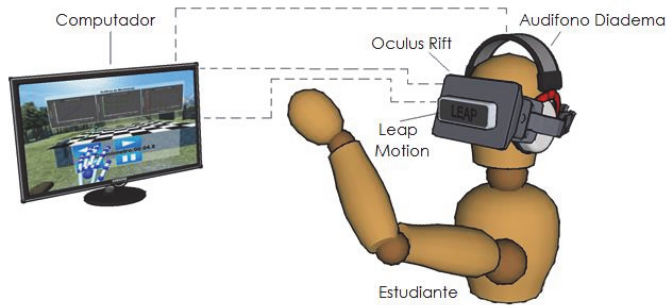


Figura 1. Diagrama de los equipos y dispositivos utilizados en el entorno inmersivo.
Fuente: Los autores.

La visualización del entorno virtual se hace a través del Oculus Rift, el sensor de manos Leap Motion va montado sobre las gafas y los audífonos diadema se ubican sobre los oídos. El Oculus Rift se conecta directamente al computador mediante un cable HDMI y un cable USB 3.0. El Leap Motion y los audífonos diadema por USB 2.0.

2.4.2. Software

Los componentes del software del sistema inmersivo se dividen de la siguiente forma: a) Software: *Unity*, b) integración de los dispositivos en *Unity*. Todos los módulos están en función de una sola aplicación e incorporan lo necesario para crear el ambiente virtual inmersivo, tal como se muestra en la Fig. 2.

a) *Unity* es una de las plataforma más robustas para la creación de videojuegos multiplataforma, además cuenta con soporte para la integración de diversos dispositivos y programas de diseño 3D como 3ds Max, Blender, Cinema 4D, entre otros.

b) Las características adicionales del entorno se consiguen mediante paquetes de descarga gratuita a través del Assets Store (tienda On-line de Unity) como texturas, materiales para objetos, modelos 3D, cielos, entre otros.

La programación del entorno se realiza mediante el entorno de desarrollo integrado de *Unity* (*MonoDevelop*) y se integran con las librerías del *hardware* (*Oculus* y *Leap Motion*) y la librería de las gráficas. En cuanto a la parte gráfica, algunos objetos se descargan gratuitamente, otros son creados en *Unity*.

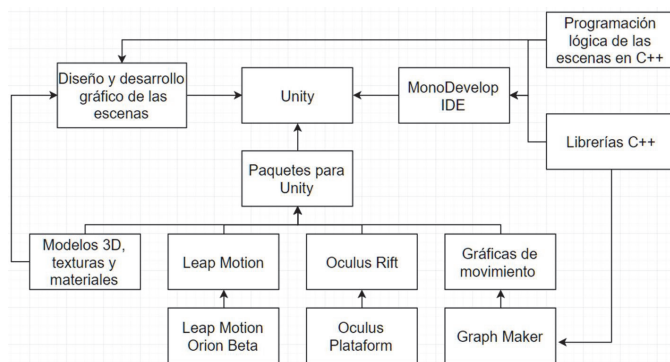


Figura 2. Interacción de los módulos de software.
Fuente: Los autores.

Tabla 1
Diseño de actividades de aprendizaje

Tema	Nombre	Objetivo de aprendizaje
Movimiento rectilíneo uniforme y superposición.	Escena 1: m.u.r eje x	Observar la trayectoria rectilínea de una partícula (esfera) al ser impulsada en diferentes direcciones.
	Escena 2: m.u.r eje y	
	Escena 3: m.u.r eje x,y	
	Escena 4: variación de 3	
Movimiento rectilíneo uniforme, movimiento acelerado y superposición.	Escena 5: m.u.r plano inclinado.	Observar cómo se genera un movimiento parabólico a partir de un muro y un muro en un plano inclinado.
	Escena 6: m.u.r eje y plano inclinado.	
	Escena 7: superposición de 5 y 6.	
	Escena 8: variación de 7	

Fuente: Los autores.

2.5. Diseño de la secuencia de escenas

Para dar cumplimiento a las especificaciones 4 y 5 de la sección 2.2, y teniendo en cuenta el plan de estudios del curso de Física I de la universidad, en la Tabla 1 se resumen la temática, en la cual aparece el nombre y el objetivo de aprendizaje de cada una de las escenas propuestas. Con el fin de generar experiencia en el estudiante sobre situaciones que lleven a componer y descomponer movimientos de partículas se planearon las escenas de la Tabla 1 y de la Fig. 3.

Donde m.u.r (mur) corresponde a movimiento uniforme rectilíneo y m.u.a. (mua) corresponde a movimiento uniformemente acelerado. Estos dos movimientos de partículas se consideran los más simples posibles y si se superponen desde cada componente se puede obtener un movimiento en el plano que puede ser semi-parabólico o parabólico. Nótese que cuando se superpone un muro en una dimensión con un muro en la otra dimensión perpendicular se origina un muro en el plano, pero si se combina un muro con un mua puede surgir una trayectoria semi-parabólica o parabólica del movimiento de la esfera en el plano.

2.5.1. Escenas para generar experiencia del PSM

En las escenas de la 1 a la 8, se dispone de una superficie, una esfera en reposo y un taco que interactúa con ella para generar

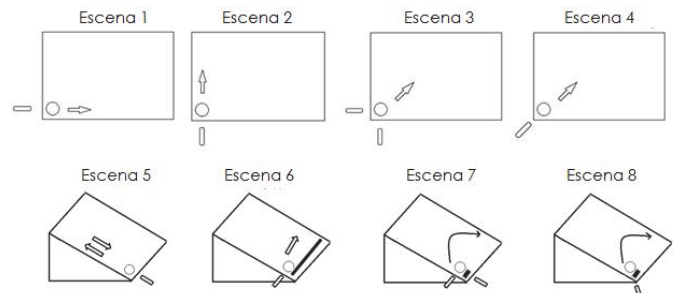


Figura 3. Descripción gráfica de las escenas establecidas por un grupo de expertos en Física que pueden promover el aprendizaje del PSM. Las escenas de la parte superior (1-4) presentan situaciones de movimientos uniformes rectilíneos. Las escenas de la parte inferior (5-8) presentan situaciones de movimientos uniformes acelerados y rectilíneos
Fuente: Los autores.

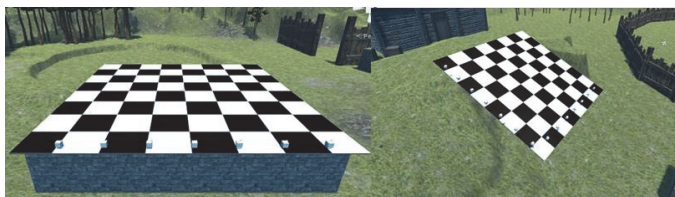


Figura 4. Se dispone de un plano horizontal (izquierda) y un plano inclinado (derecha) en donde se moverá la esfera.

Fuente: Los autores.

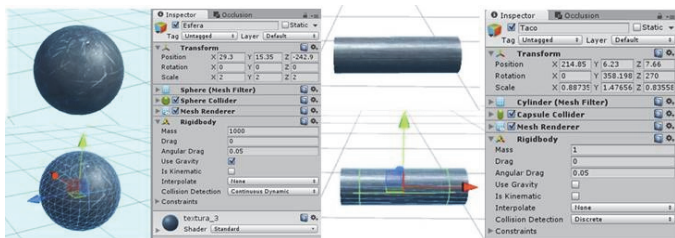


Figura 5. Esfera que se usa como partícula en las diferentes escenas del entorno inmersivo (izquierda), y el taco o impulsor de la esfera para hacer mover la esfera en una dirección determinada (derecha).

Fuente: Los autores.

un impulso. En la Fig. 3 se muestra la disposición de los elementos (esfera, taco y superficie) y la trayectoria a simular en el entorno inmersivo. Para las escenas de 1 a 4, la superficie es horizontal.

En el caso de las escenas de la 5 a 8 la esfera se ubica en la parte inferior de un plano inclinado. En la escena 5 se impulsa sobre la vertical, describiendo un mueca. En la escena 6 se impulsa sobre el eje x describiendo un muro. En la escena 7 la esfera se impulsa en ambas direcciones, simultáneamente, lo que produce una trayectoria parabólica debido a la superposición de los movimientos de las escenas 5 y 6. La escena 8 presenta el mismo recorrido, pero con un solo impulso diagonal sobre la esfera.

Nótese que componiendo un mueca en el eje “y” con un muro en el eje “x” se puede obtener un movimiento de trayectoria semi-parabólica o parabólica en el plano. Lo estratégico de usar un plano inclinado es que los estudiantes observan el movimiento más lentamente y capturen más detalles como en el caso real de una esfera de billar moviéndose sobre una superficie.

2.6. Desarrollo del sistema de realidad virtual inmersiva

2.6.1. Superficie

La creación del entorno virtual 3D para la instrucción del PSM se realizó en un paisaje rural. Las superficies (planos) cuentan con una textura cuadriculada en forma de ajedrez para facilitar la visualización del movimiento de la partícula y para que tenga una escala para referenciar el movimiento de las esferas, como se observa en la Fig. 4.

Además hay marcadores de posición en forma de cubos pequeños que se van encendiendo a medida que la esfera pasa por el punto donde está el marcador, estos cubos se han ubicado estratégicamente para dar cuenta de la velocidad y la posición



Figura 6. Menú de opciones que visualiza el estudiante dentro del entorno inmersivo

Fuente: Los autores.

de la partícula respecto al tiempo. Esto puede dar una idea intuitiva de lo rápido o lento que se mueve la partícula.

2.6.2. Esfera e impulsor de la esfera

Los objetos 3D son creados a partir de las formas geométricas básicas que ofrece *Unity*. Todos los objetos poseen una posición en el espacio (entorno de *Unity*) en los tres ejes (x,y,z). Igualmente tiene propiedades de rotación y escalado (tamaño), lo que facilita la implementación de modelos matemáticos para simular los movimientos deseados.

La partícula es una esfera y el impulsor es un cilindro que avanza desde una posición inicial hasta colisionar con la esfera. En la Fig. 5 se pueden observar dichos objetos y sus propiedades. A los objetos se les puede agregar componentes físicos; lo que permite que sea afectado por la gravedad, colisiones con otros objetos y reciba fuerza y momento. Dicha propiedad se conoce como *Rigidbody*, y es utilizada en este proyecto, ya que ofrece una mayor realidad de movimiento.

2.6.3. Menú de opciones

Según la especificación # 2, se debe contar con un menú de opciones, por medio del cual el estudiante tomará decisiones. Para ello, *Unity* ofrece una interfaz de usuario (UI) que permite crear interfaces de acceso rápido y fácil. El *Canvas* es el área donde se ubican los elementos UI, en este caso los botones y el texto del cronómetro es lo que tiene el estudiante para controlar el movimiento de la esfera dentro del ambiente virtual. El estudiante visualiza junto con el ambiente un menú como el que se observa en la Fig. 6.

El botón superior izquierdo permite volver a la escena anterior; con el botón superior central se impulsa la esfera; el botón superior derecho permite avanzar a la siguiente escena; el botón inferior izquierdo para salir de la aplicación; el botón inferior central para detener el tiempo del juego y el botón inferior derecho permite repetir el movimiento.

El transcurso del juego depende de las decisiones que tome el estudiante, en la Fig. 7 se encuentra el diagrama de flujo de la secuencia lógica de las escenas basado en las funciones de cada uno de los botones.

Cuando se inicia una escena se reproduce un audio guía, seguido el usuario acciona el botón *play* y la esfera comienza su movimiento, presentándose dos posibles situaciones: que el usuario detenga (pausa) el movimiento o que la esfera llegue a su fin. Si el tiempo del juego se detiene, las gráficas, el cronómetro y la esfera también lo harán, para continuar, se debe oprimir el botón *play*. Si la esfera llega al final de su recorrido, el usuario tendrá 3 nuevas opciones: repetir el movimiento, avanzar a la siguiente escena o regresar a la escena anterior.

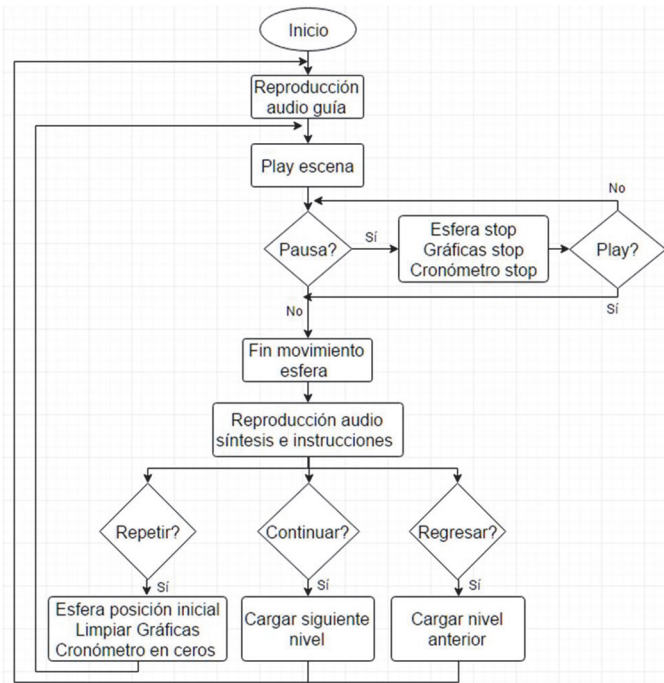


Figura 7. Diagrama de flujo secuencial lógico de las escenas en función de los botones del menú virtual
Fuente: Los autores.

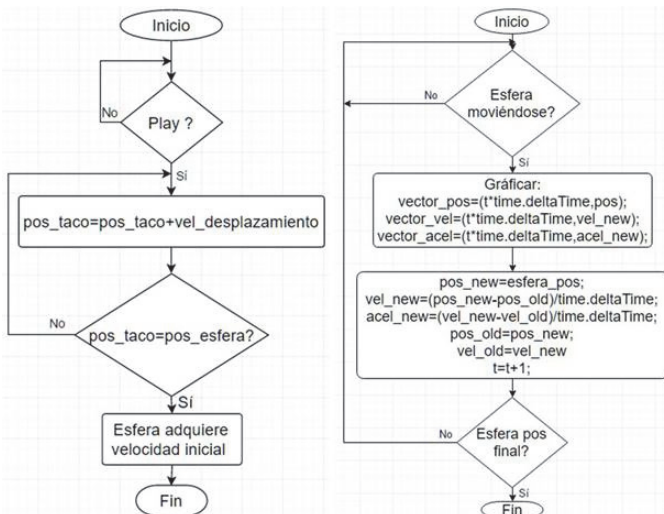


Figura 8. Diagrama de flujo de la interacción entre el impulsor y la esfera (izquierda). Diagrama de flujo de la secuencia lógica de las gráficas de movimiento (derecha).
Fuente: Los autores.

2.6.4. Gráficas de movimiento

Para graficar la posición, la velocidad, y la aceleración de la esfera en tiempo real, se utilizó su vector posición y el delta de tiempo (*deltaTime*) que ofrece *Unity*. En la Fig. 8 se muestra el diagrama de flujo que describe la realización de cada una de las gráficas.

Cuando la esfera adquiere movimiento, su posición en el espacio (entorno de *Unity*) cambia, de allí, se tiene que la velocidad será la diferencia entre la posición actual y la posición

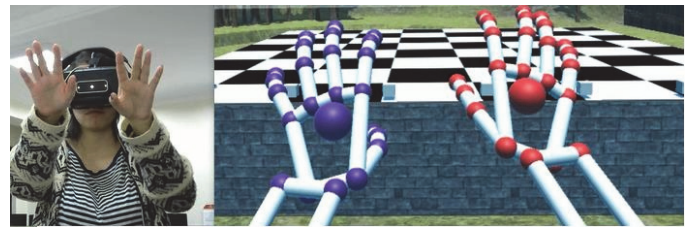


Figura 9. Prueba de funcionamiento de los dispositivos. El Leap Motion montado sobre los Oculus Rift (izquierda). Manos 3D e imagen del entorno virtual (derecha). Imagen de lo que observa el estudiante cuando entra al ambiente virtual.
Fuente: Los autores.

anterior dividida entre el delta del tiempo. La aceleración se obtiene de la resta entre la velocidad actual y la velocidad anterior, dividida entre el delta del tiempo, es decir, como se calcularía numéricamente en Excel de acuerdo a las definiciones Físicas de estas variables [27].

2.6.5. Oculus Rift y Leap Motion

Después de haber instalado el kit de desarrollo de software (SDK) y *Runtime* para Windows y verificar el funcionamiento de cada uno de los dispositivos, se realiza la integración en *Unity*. En la Fig. 9 se muestran los dispositivos funcionando.

Cuando el estudiante en la Fig. 9 inicia la aplicación observa unas manos análogas a sus manos pero en el mundo virtual. Esto cautiva al estudiante y lo lleva a jugar, a degustar el fenómeno. Por ejemplo, el estudiante, aplaude, se coge las manos, estira los dedos, los encoge, etc. La librería de las manos 3D está programada para que cada vez que el usuario quite y ponga las manos, estas cambien de color, por eso se observan diferentes colores de manos en las Figs. 9 y 11.

2.5.6. Efectos sonoros

Los efectos sonoros fueron descargados gratuitamente de internet. Las instrucciones que guían al estudiante en el sistema inmersivo fueron grabadas en formato .mp4 y se reproducen acorde a las escenas y las decisiones del estudiante.

3. Resultados

Para alcanzar el objetivo de esta investigación, se realizó una prueba piloto con un grupo experimental para examinar que tanto apropiaron los estudiantes el PSM mediante el uso del entorno inmersivo. Se ha asumido que tal apropiación del concepto se puede representar mediante el cociente entre el cambio obtenido en los promedios de los puntajes respecto a lo que hace falta a la población por aprender. Tal cociente corresponde a un indicador de aprendizaje denominado ganancia, específicamente, la ganancia promedio normalizada, $\langle g \rangle$, de Hake de datos tomados de las respuestas de un cuestionario sobre el PSM. Participaron 20 estudiantes de los grupos de Física I (Física mecánica) de la Universidad Central, los cuales fueron sometidos a un test de selección múltiple de 9 preguntas antes y después de interactuar con el sistema inmersivo.

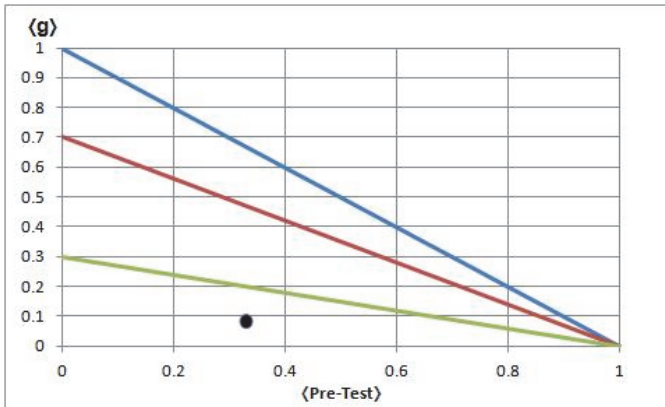


Figura 10. Se muestra la ganancia normalizada versus el promedio del pre-test; se distinguen tres regiones de niveles de ganancia: alta ganancia entre 0.7 y 1.0, media ganancia entre 0.3 y 0.7 y baja ganancia entre 0.0 y 0.3. En nuestro caso, el dato de ganancia normalizada cae en el rango más bajo y corresponde a un valor de $\langle g \rangle = 0.08$ y una desviación estándar de la ganancia de $\Delta(g) = 0.28$. Fuente: elaboración propia
Fuente: Los autores.

Si se define que P_o es el puntaje pre-test y P_f es el puntaje post-test se puede calcular la ganancia normalizada de Hake [28], definida por la ec. (1)

$$\langle g \rangle = \frac{\langle P_f \rangle - \langle P_o \rangle}{1 - \langle P_o \rangle} \quad (1)$$

Se puede construir un gráfico como el de la Fig. 10 de ganancia contra puntaje promedio de pre-test y dar cuenta de la efectividad de la instrucción con la herramienta. El resultado de la Fig. 10 indica que el sistema inmersivo para instruir el principio de superposición no generó ganancia sobre la población de 20 estudiantes intervenida. El valor de ganancia obtenido fue de $\langle g \rangle = 0.08$. Este valor es menor a 0.1 y como se observa en la Fig. 10 cae dentro de la zona de baja ganancia dada entre 0 y 0.3. Si se compara con los resultados del método con secuencia didáctica de videos usado para instruir PSM en la referencia [3] donde ellos obtuvieron $\langle g \rangle = 0.29$, no se ha podido mejorar en nada la ganancia. Normalmente, el método tradicional arroja ganancias cercanas a la línea verde mientras que las metodologías activas logran ganancia entre 0.3 y 0.7.

Aunque la muestra de estudiantes es pequeña, se puede inferir que un mundo virtual con una secuencia de escenas para instruir un tema determinado casi no origina cambios conceptuales en la población en un solo intento. Sin embargo, este resultado es poco confiable ya que la población que se intervino ya había tenido instrucción con el método tradicional y cuando se instruyó con el entorno de realidad virtual, básicamente no originó ningún cambio conceptual del PSM.

También se puede inferir que la herramienta por sí sola no es suficiente para que un estudiante mejore su comprensión de un tema determinado porque no posee acompañamiento del profesor para que lo cuestione, le refute, le haga énfasis en el conocimiento clave y le haga síntesis de lo importante.

Otro elemento relevante es que la herramienta no posee ningún momento de interacción social entre estudiantes y este ingrediente es clave para que un estudiante mejore su comprensión de un

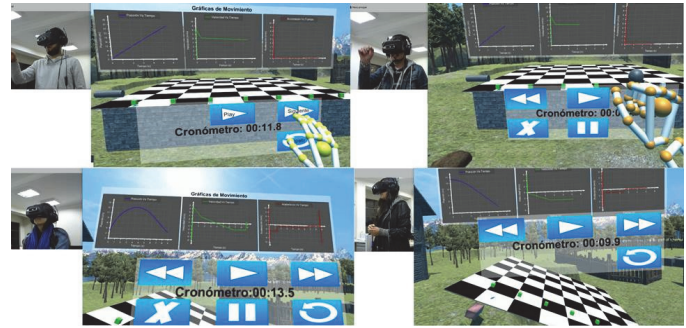


Figura 11. Interacción de algunos estudiantes en el sistema inmersivo. Las escenas se van desplegando por control del estudiante sobre un menú virtual. La secuencia se ha organizado de modo que dos escenas muestran hechos y en una tercera escena surge como resultado de las dos anteriores. Fuente: Los autores.

determinado tema. Estos dos elementos serán vinculados en una segunda fase de investigación de la herramienta y se reportará en una siguiente publicación. Pero se debe reconocer que incorporar el elemento de acompañamiento del profesor y el elemento de interacción social entre estudiantes eleva los costos de implementación de un método de instrucción mediado como un entorno inmersivo como el diseñado en este estudio. Ahora bien, por el momento es importante no perder el norte de este estudio que solo pretende reportar el proceso de diseño, construcción y ensamble de un entorno inmersivo para instruir el PSM en estudiantes de ingeniería. Falta también, en otro momento, evaluar qué sucederá en la ganancia de una población determinada si se hacen varios intentos de uso de la herramienta. Por supuesto, no se puede dejar de lado, el bajo costo por licencia de *Unity* al usar un solo equipo. Si se trata de implementar masivamente la herramienta, otro elemento de costo adicional, seguramente serán las licencias del software.

El resultado clave de este artículo ha sido mostrar las etapas de diseño, construcción y puesta a punto de un entorno didáctico inmersivo para instruir el principio de superposición de movimientos. Este entorno de inmersión muestra algunas escenas como se observa en la Fig. 11. Un entorno de tal naturaleza sirve para generar un cúmulo de vivencias que el profesor puede usar posteriormente para anclar, construir lenguaje y conocimiento. Es decir, resuelve el problema de la poca experiencia que tiene el estudiante para anclar el PSM, pues como se dijo antes, el movimiento de una partícula cerca de la tierra, cuando se lanza al aire, sucede tan rápidamente que no es una experiencia adecuada para anclar el PSM.

4. Conclusiones

Se ha construido un entorno de inmersión 3D con audio para generar un cúmulo de vivencias, de experiencia que puede inducir al estudiante a comprender el principio de superposición de movimientos de Galileo. El entorno está constituido de un hardware descrito en la sección 2. Para su funcionamiento requiere un software que fue programado en *Unity 3D*. Cuando se acciona mediante la gafas de realidad virtual inmediatamente se entra en un mundo virtual que despliega un cúmulo de vivencias a través de 20 escenas que recrean una esfera moviéndose en distintas trayectorias.

Las escenas están dispuestas en una secuencia didáctica de modo que dos trayectorias de la esfera sobre la superficie sumadas generan una trayectoria resultante. Por ejemplo, una trayectoria de mur de la esfera en el eje “x” más una trayectoria de mur en el eje “y” origina una trayectoria de mur de la esfera en el plano con aporte de las dos trayectorias iniciales como se ilustra en las 8 primeras escenas de la herramienta. Cada escena describe el movimiento de la partícula y además despliega en el mundo virtual la gráfica de alguna variable cinemática respecto al tiempo con el fin de que el estudiante note si cambia o se mantiene constante, esto se observa en la Fig. 11; controlado por el profesor este puede ser un elemento de gran valor pedagógico.

El entorno presenta bondades como pausar los movimientos, observar el cambio o no de variables cinemáticas de las partículas respecto al tiempo, con bastante precisión y facilidad, que difícilmente podrían verse en experimentos de laboratorios habituales.

Al probar la aplicación con un grupo de estudiantes se ha encontrado que no experimentan ganancia con el uso del entorno inmersivo, según la Fig. 10. La ganancia normalizada de Hake cae en una zona de baja ganancia, con un valor de tan solo 0,082. Este valor es casi nulo, si se compara con el método tradicional que arroja valores mayores a 0,2 o con métodos activos cercanos a 0,5. Ya que la ganancia normalizada de Hake es un indicador estadístico que da cuenta de la efectividad de la herramienta, se asume que un entorno virtual donde el estudiante interactúa sin acompañamiento de un experto es una herramienta pedagógica incompleta. Es como si el estudiante entrara a un mundo fantástico sin un propósito determinado, quizás necesite muchas repeticiones para que produzca mejoras en la comprensión del tema que quiere aprender. Se reconoce que una población de 20 estudiantes no es representativa para calificar el entorno como inservible, pero también se reconoce que una herramienta como esta tiene faltantes y hay que adicionarle otros elementos vitales en el aprendizaje de un tema determinado como el acompañamiento de un experto y la interacción social entre estudiantes.

Un reto importante fue el diseño visual y funcional de la aplicación, ya que incluye un menú de opciones, gráficas de variables cinemáticas, una superficie, una partícula y otros elementos. Se obtuvo un entorno realista y con diversas opciones, pero con información que el estudiante pasa por alto si un experto en el tema no llama la atención. A pesar de que la aplicación cuenta con grabaciones de audio que guían al estudiante, es clave la intervención del profesor para lograr claridades y anclar ideas importantes. Esto no se hizo para reconocer qué tanto alcance tiene esta tecnología, y lleva a inferir que es necesaria la acción facilitadora del profesor. Una limitación inicial para que simultáneamente no hubiese un profesor interviniendo y estudiantes con interacción entre ellos fue el costo de los equipos y dispositivos. Se hubiese requerido de al menos otros dos kits como el descrito en la sección 2.2 de la metodología y hubiese desbordado el patrocinio inicial aprobado para la investigación.

Por ser una tecnología relativamente nueva, en el ámbito educativo, las posibilidades de montar aulas con esta tecnología resultan costosas, pero lo mismo sucedió hace unos años con el

proyector de video (video beam), ahora es un instrumento en la mayoría de aulas de nuestra universidad y sin duda, a largo plazo, esta tecnología de inmersión será una herramienta importante en centros educativos y universidades.

Agradecimientos

Se expresa especial agradecimiento a la Universidad Central, a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas por el apoyo en esta investigación mediante el Proyecto No 20301111 de 2016.

Referencias

- [1] McDermott, L.C. and Redish. E.F., Resource letter: PER-1: Physics education research, *Am. J. Phys.*, 67(9), pp. 755-767, 2007. DOI: 10.1119/1.19122
- [2] Sánchez-Velásquez, J., Oliva-Martínez, J.M., Rosado-Barbero, L. y Cruz-González, M.I., Detección de las ideas previas en cinemática utilizando la composición de movimientos, *Investig. en la Esc.*, 19, pp. 105-116, 1993.
- [3] Barbosa, L.H. y Organista, J.O., Instrucción del principio de superposición a estudiantes de ingeniería mediante una secuencia didáctica de videos, *Rev. Edu. en Ing.*, 9(18), pp. 106-118, 2014.
- [4] Chau, M., Wong, A., Wang, M., Lai, S., Chan, K., Li, T., Chu, D., Chan, I. and Sung, W., Using 3D virtual environments to facilitate students in constructivist learning, *Decis. Support Syst.*, 56, pp. 115-121, 2013. DOI: 10.1016/j.dss.2013.05.009
- [5] Lorenzo, G., Pomares, J. and Lledó, A., Inclusion of immersive virtual learning environments and visual control systems to support the learning of students with Asperger syndrome, *Comput. Educ.*, 62, pp. 88-101, 2013. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.10.028
- [6] Fällman, D., Backman, A. and Holmlund, K., VR in education: An introduction to multisensory constructivist learning environments, [En Línea]. 1999. Disponible en:
- [7] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?sessionid=DE0847EFF15D71D69C472B536D941D54?doi=10.1.1.77.5980&rep=rep1&type=pdf>
- [8] Lee, E.A.-L. and Wong, K.W., A review of using virtual reality for learning, in: *Transactions on Edutainment I*, Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 231-241. DOI: 10.1007/978-3-540-69744-2_18
- [9] Flores-Cruz, J.A., Camarena-Gallardo, P. y Avalos-Villarreal, E., La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería, *Rev. Innovación Educ.*, 6(2), pp. 10-11, 2014.
- [10] Yang, J.C., Chen, C.H. and Chang-Jeng, M., Integrating video-capture virtual reality technology into a physically interactive learning environment for English learning, *Comput. Educ.*, 55(3), pp. 1346-1356, 2010. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.06.005
- [11] Farinazzo-Martins, V., Gregório-de Oliveira, A.J. e Guimarães, M. de Paiva, Implementação de um laboratório de realidade virtual de baixo custo: estudo de caso de montagem de um laboratório para o ensino de Matemática, *Rev. Bras. Comput. Apl.*, 5(1), pp. 98-12, 2013. DOI: 10.5335/rbca.2013.2810.
- [12] Vieira-Frade, B., Campos, P. e De Sousa, P., O uso da realidade virtual como objeto de aprendizagem da matemática, *Virtual Augment. Real. (SVR)*, 2015 XVII Symp., pp. 137-141, 2015. DOI: 10.1109/SVR.2015.27
- [13] Colomeischi, A.A. and Colomeischi, T., The students emotional life and their attitude toward mathematics learning, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 180, pp. 744-750, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.02.192
- [14] Salinas, P., González-Mendivil, E., Quintero, E., Ríos, H., Ramírez, H. and Morales, S., The development of a didactic prototype for the learning of mathematics through augmented reality, *Procedia Comput. Sci.*, 25(81), pp. 62-70, 2013. DOI: 10.1016/j.procs.2013.11.008

- [15] Sommerauer, P. and Müller, O., Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition, *Comput. Educ.*, 79, pp. 59-68, 2014. DOI: /10.1016/j.compedu.2014.07.013
- [16] Boletsis, C. and McCallum, S., The table mystery: An augmented reality collaborative game for chemistry education, *Lecture Notes in Computer Science*, 8101, pp. 86-95, 2013. DOI: 10.1007/978-3-642-40790-1_9
- [17] Merchant, Z., Goetz, E.T., Keeney-Kennicutt, W., Kwok, O.M., Cifuentes, L. and Davis, T.J., The learner characteristics, features of desktop 3D virtual reality environments. *College chemistry instruction: A structural equation modeling analysis*, *Comput. Educ.*, 59(2), pp. 551-568, 2012. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.02.004
- [18] Korallo, L., Foreman, N., Boyd-Davis, S., Moar, M. and Coulson, M., Do challenge, task experience or computer familiarity influence the learning of historical chronology from virtual environments in 8 – 9 year old children?, *Comput. Educ.*, 58(4), pp. 1106-1116, 2012. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.12.011
- [19] Kysela, J. and Štorková, P., Using augmented reality as a medium for teaching history and tourism, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 174, pp. 926-931, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.713
- [20] Jara, C.A., Candelas, F.A., Puente, S.T. and Torres, F., Hands-on experiences of undergraduate students in automatics and robotics using a virtual and remote laboratory, *Comput. Educ.*, 57(4), pp. 2451-2461, 2011. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.003
- [21] Jin, G. and Nakayama, S., “Virtual reality game for safety education,” in *Int. Conf. Audio, Lang. Image Process.* 2014, pp. 95–100.
- [22] DOI: 10.1109/ICALIP.2014.7009764
- [23] Lam, C.K., Sundaraj, K. and M Sulaiman, N., Virtual reality simulator for phacoemulsification cataract surgery education and training, *Procedia Comput. Sci.*, 18, pp. 742-748, 2013. DOI: 10.1016/j.procs.2013.05.238
- [24] Lin, Y., Wang, X., Wu, F., Chen, X., Wang, C. and Shen, G., Development and validation of a surgical training simulator with haptic feedback for learning bone-sawing skill, *J. Biomed. Inform.*, 48, pp. 122-129, 2014. DOI: 10.1016/j.jbi.2013.12.010
- [25] Yen, J.-C., Tsai, C.-H. and Wu, M., Augmented reality in the higher education: Students’ science concept learning and academic achievement in astronomy, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 103, pp. 165-173, 2013. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.10.322
- [26] Ibáñez, M.B., Di Serio, Á., Villarán, D. and Delgado Kloos, C., Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness, *Comput. Educ.*, 71, pp. 1-13, 2014. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.09.004
- [27] Chiu, J.L., Dejaegher, C.J. and Chao, J., The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students’s understanding of gas properties, *Comput. Educ.*, 85, pp. 59-73, 2015. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.02.007
- [28] Kozhevnikov M. and Gurliitt, J. Immersive and non-immersive virtual reality system to learn relative motion concepts, in: *Interdisciplinary Engineering Design Education Conference (IEDEC)*, 2013, pp. 168-172. DOI: 10.1109/IEDEC.2013.6526781
- [29] Feynman, R.P., Leighton R.B. and Sands, M.L., *The Feynman lectures on physics*. Vol. I, Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co., 1963.
- [30] Hake, R.R., Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *Am. J. Phys.*, 66(1), pp. 64-74, 1998. DOI: 10.1119/1.18809

D. Castro-González, estudiante de último semestre de Ingeniería Electrónica de la Universidad Central, Colombia. Experiencia de 1 año desarrollando entornos virtuales con temáticas educativas en proyectos de investigación vinculados con la Universidad Central, Colombia.
ORCID: 0000-0001-6565-9197

L.H. Barbosa, recibió la Lic. en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, Colombia, en 1995, el título de Esp. en Ciencias Físicas en 2001, el título de MSc. en Ciencias Físicas en 2006, ambos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Se graduó como Dr. en Ciencias en Física Educativa del Instituto Politécnico Nacional, México, en 2012. Ha sido docente de la Universidad Pedagógica Nacional desde el año 1998 hasta el 2004. Desde el

año 2003 a la actualidad es docente de tiempo completo de la Universidad Central, Bogotá, Colombia y desde el año 2009 es catedrático de la Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia. Fue ganador de la Presea Lázaro Cárdenas 2013, que cada año entrega el presidente de México como reconocimiento a la excelencia de quienes han contribuido a mejorar, mediante la ciencia, la vida del hombre y han dado prestigio tanto al IPN como a sus instituciones de origen.
ORCID: 0000-0003-2227-6000

V. Prada-Jiménez, recibió el título de Ing. en Mecatrónica de la Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, en 2009, el título de MSc. en Sistemas Automáticos de Producción de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, en 2012. Actualmente cursa Doctorado en Ingeniería en Sistemas Robóticos y Mecatrónicos en el Instituto Politécnico Nacional, México. Desde el 2014 a la actualidad es docente de tiempo completo del grupo de investigación MAXWELL de la Universidad Central, Colombia. Sus intereses de investigación incluyen las energías renovables, mecatrónica y bio-robótica. El profesor Prada ha sido miembro de IEEE-RAS.
ORCID: 0000-0002-4086-2989

G. Conde-Méndez, recibió el título de Ing. Electrónico de la Universidad Central, Colombia, en 2006, el título de MSc. en Ingeniería Electrónica y de Computadores de la Universidad de Los Andes, Colombia, en 2010. Actualmente cursa Doctorado en Ingeniería en la Universidad de Los Andes, Colombia. Desde el 2008 a la actualidad es docente de tiempo completo del grupo de investigación MAXWELL de la Universidad Central, Colombia.
ORCID: 0000-0002-8155-5889

Modelamiento físico en geotecnia aplicado a la docencia

Julián Alfonso Tristanchó-Ortiz

Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. jatristanchoo@udistrital.edu.co

Resumen— En el presente documento se plantea el uso de la centrifuga geotécnica como herramienta didáctica. Se presenta un marco referencial sobre el uso de prácticas de laboratorio dentro de la didáctica de los cursos de ingeniería, y su importancia según el modelo Kolb de aprendizaje. Se describe luego la solución completa del modelamiento en centrifuga de un problema típico de geotecnia basado en la estructura de un túnel poco profundo en suelo blando. En la parte final se hace una discusión sobre las ventajas y desventajas que este tipo de laboratorios presenta frente a las técnicas de laboratorios virtuales.

Palabras Clave— Centrifuga geotécnica, Modelo Kolb, Prácticas de laboratorio, Túneles poco profundos.

Recibido: 15 de octubre de 2016. Revisado: 17 de enero de 2017.

Aceptado: 27 de enero de 2017.

Physical modelling in geotechnics applied to education

Abstract— This document poses the use of geotechnical centrifuge as a didactic tool. A framework of teaching of engineering courses of the use of this equipment in laboratory practices is presented. Also is presented then Kolb learning model and its interconnection with laboratory practices. The complete solution in centrifuge modeling a typical problem geotechnics based on the structure of a shallow tunnel in soft ground is then described. At the end of a discussion of the advantages and disadvantages between the "real" laboratories and "virtual" laboratories it is done.

Keywords— Geotechnical centrifuge, Kolb model, Laboratories practices, shallow tunnels.

1. Introducción

Los ingenieros en su desempeño profesional tienen que manipular materiales, energía o información. La organización ABET (ABET son las siglas en inglés de Accreditation Board for Engineering and Technology. La ABET es una entidad no gubernamental, sin ánimo de lucro dedicada a la acreditación universitaria de ciencias aplicadas, ingeniería y tecnología. ABET ha acreditado unos 3100 programas de 660 instituciones en 23 países), define como las principales habilidades que un ingeniero debe tener al momento de salir de la universidad como las mostradas en la Tabla 1

Las técnicas tradicionales de enseñanza-aprendizaje son centradas en el profesor (clases magistrales, solución de problemas teóricos, prácticas de laboratorio definidas en cuanto a sus metodologías y resultados, etc.), relegando al estudiante a un estado pasivo. Con una metodología de enseñanza tradicional es muy difícil lograr cumplir las habilidades esperadas según la Tabla 1.

Tabla 1.

Habilidades esperadas de formación para un ingeniero

Habilidades cognitivas	Habilidades profesionales
Aplicar los conocimientos	Funcionar en equipos multidisciplinares
Diseñar y realizar experimentos, analizar e interpretar datos	Responsabilidad ética y profesional
Diseñar un sistema, componente, o proceso para satisfacer necesidades teniendo en cuenta sus impactos	Comunicarse efectivamente
Identificar, formular y solucionar problemas de ingeniería	Comprender los posibles impactos de las soluciones de ingeniería
Usar las técnicas, habilidades, e instrumentos modernos de ingeniería	Compromiso con el aprendizaje durante toda la vida

Fuente: Adaptado de [1]

Los estudios realizados en [2], demostraron que los procesos pasivos de enseñanza (metodología tradicional) llegan a niveles de retención inferiores al 50 %. Un proceso de enseñanza activa obtiene niveles superiores al 70%. La enseñanza activa vincula al estudiante de manera permanente en su formación. Estudios adicionales como los desarrollados en [3-6], han demostrado lo expuesto [2]. La enseñanza activa fortalece el desarrollo de habilidades para diseñar y realizar experimentos, incluyendo un proceso o componente, capacidad para identificar y formular problemas de ingeniería, correspondientes todos a las habilidades cognitivas necesarias de un ingeniero.

En los estudios desarrollados por [7], se concluyó que para aprender algo, este nuevo conocimiento debe ser trabajado o procesado a partir de: una experiencia directa y concreta o bien de una experiencia abstracta. Este nuevo conocimiento es apropiado una vez se elabora de manera reflexiva o experimentando de forma activa. En la Fig. 1 se muestran las diferentes etapas para el aprendizaje óptimo según el modelo Kolb.



Figura 1. Modelo de aprendizaje de Kolb.

Fuente: Adaptado de [8]

Según el modelo de Kolb cada estudiante se especializa en un tipo de aprendizaje: Activo, Reflexivo, Teórico y Pragmático. Según [9] los laboratorios de ingeniería permiten que los estudiantes atraviesen las diferentes etapas de aprendizaje y ofrecen a cada tipo de aprendizaje un campo de acción, siempre y cuando se diseñe de manera adecuada. También identificaron que el principal problema de los laboratorios diseñados de manera tradicional impide que los estudiantes creen o desarrollen una metodología para la extracción de datos o diseño de un nuevo dispositivo. Es por eso que [9] plantean que los objetivos que todo laboratorio debe cumplir para lograr su cometido formativo son las mostradas en la Tabla 2

1.1. El uso didáctico de los modelos físicos en la geotecnia

El suelo es una estructura formada por tres componentes principales en tres estados diferentes: partículas sólidas, agua líquida y aire en estado gaseoso. La descripción del comportamiento mecánico de este tipo de estructura es compleja, pues se tiene un modelo mecánico de contacto de partículas o estructura que determina el comportamiento del sistema particulado, un modelo hidráulico para el movimiento del agua y un modelo psicométrico para el aire. Cada modelo pese a que tiene leyes individuales, están interrelacionados generando complejos modelos termohidromecánicos que describen el comportamiento del sistema completo. El uso de un sistema de ecuaciones diferenciales parciales acopladas con la capacidad de modelar adecuadamente el suelo de manera implícita conlleva mucho trabajo matemático y generalmente son necesarias una gran cantidad de supuestos o reducciones, para llegar a ecuaciones “manejables”. Los modelos numéricos en cambio tienen la posibilidad de resolver estos sistemas de ecuaciones diferenciales de manera eficaz pero aislando al estudiante de la realidad física del suelo. Además el conjunto de modelos numéricos implementados dependen de una gran cantidad de parámetros que caracterizan los suelos y condiciones especiales para determinar los rangos válidos de análisis.

El uso del modelamiento físico en la geotecnia como herramienta para resolver problemas complejos o en la docencia

está ampliamente documentada. Autores como [10], reporta un importante incremento del diseño de un tipo de centrifuga especializada en la docencia. Esto originado en la miniaturización de la instrumentación, aparición de cámaras digitales de alta resolución y disminución de los costos en los sistemas electrónicos de adquisición y procesamiento. Entre las principales ventajas del modelamiento físico en el ámbito de la educación en geotecnia se tiene:

1. En los modelos físicos es posible ver mecanismos geotécnicos complejos no lineales o difíciles de visualizar de otra manera;

Tabla 2.

Objetivos que deben ser desarrollados en una práctica o laboratorio de docencia

ID	ÁREA	OBJETIVO
1	Instrumentación	Motivar la correcta selección de sensores, instrumentación y/o software para hacer la medición de las variables físicas
2	Modelos	Identificar claramente las ventajas y limitaciones que poseen los modelos teóricos usados, con respecto a los resultados del mundo real
3	Experimento	Diseñar el procedimiento experimental que debe ser seguido para obtener los resultados o mediciones deseadas
4	Análisis de datos	Diseñar el método de extracción adecuada de la información necesaria desde los datos capturados, tener la capacidad de interpretar los resultados, identificando los problemas y sacar conclusiones acordes a un nivel científico adecuado
5	Diseño	Tener la capacidad de crear procedimientos, metodologías o nuevos dispositivos que permitan obtener las mediciones necesarias
6	Realimentación positiva	Tener la capacidad de aprender de los errores cometidos durante la prueba, debidos a equipos, metodología, construcción, etc. Permitiendo usar esos errores para plantear soluciones más adecuadas o mejoras de su experimento
7	Creatividad	Usar su pensamiento creativo para la solución de problemas a partir de las herramientas disponibles y extrapolarlo a un problema del mundo real
8	Psicomotor	Demostrar competencia en el uso y selección de diferentes herramientas y recursos de ciencias aplicadas e ingeniería
9	Seguridad	Identificar claramente los riesgos y problemas ambientales que se podrían tener durante la práctica, mitigando sus posibles efectos
10	Comunicación	Tener la capacidad de comunicar efectivamente el método usado para la práctica, con sus resultados y conclusiones
11	Trabajo en equipo	Trabajar efectivamente en equipos, incluyendo estructuración individual y responsabilidad conjunta, asignados roles y responsabilidades.
12	Ética en el laboratorio	Comportamiento ético en la presentación de resultados, incluyendo el reporte de la información objetivamente.
13	Conciencia sensorial	Desarrollar el sentido común originario del uso de sus sentidos para realizar juicios de ingeniería, sobre comportamientos y problemas

Fuente: Adaptado de [9]

2. Mediante la observación de los modelos físicos, en los estudiantes generan el desarrollo de la intuición y sentido físico de los mecanismos básicos que rigen el comportamiento de las estructuras geotécnicas;

3. Los modelos físicos pueden ser probados hasta el colapso, lo que permite a los estudiantes visualizar los mecanismos de falla que generalmente no es posible ver en las sesiones de laboratorio;

4. Con el análisis de los resultados obtenidos los estudiantes pueden encontrar las diferencias entre el comportamiento del modelo y los previstos por la teoría, pudiendo identificar las limitaciones de uno u otro modelo (modelo físico vs modelo numérico)

1.2. Modelación en centrifuga geotécnica

La modelación física está dirigida a predecir el comportamiento que sufrirá un prototipo mediante la reproducción de un modelo con propiedades físicas y mecánicas muy similares a las de la obra [11]. Ante la imposibilidad de utilizar en la modelación centrífuga modelos con las mismas dimensiones a las del prototipo, el modelo diseñado es una versión a escala reducida de la obra a escala natural. Una característica especial de la modelación geotécnica es la necesidad de replicar el comportamiento del suelo en términos de su resistencia y rigidez. Los suelos, se caracterizan porque sus propiedades mecánicas presentan un comportamiento no lineal y éstas dependen principalmente de los esfuerzos efectivos de confinamiento y de la historia de esfuerzos de dicho material. La centrifuga geotécnica permite incrementar la aceleración gravitacional a un modelo de suelo en orden a producir los mismos esfuerzos efectivos en el modelo y prototipo. La relación 1/1 (modelo /prototipo) en los esfuerzos aumenta la similitud de los modelos geotécnicos y permite a su vez obtener datos precisos que ayudan a resolver muchos problemas geotécnicos complejos [12].

Con la centrifuga geotécnica se pueden reproducir los mismos esfuerzos efectivos en el modelo y prototipo. El modelado en centrifuga genera que los parámetros de escala

estén relacionados entre modelo y prototipo por la aceleración centrífuga aplicada al modelo.

En la Tabla 3 se presentan las características principales de la centrifuga didáctica de docencia, utilizada en el presente estudio para la realización de los ensayos. Esta centrifuga se puede categorizar como pequeña con respecto a otras existentes en el mundo.

1.3. Planteamiento del problema didáctico

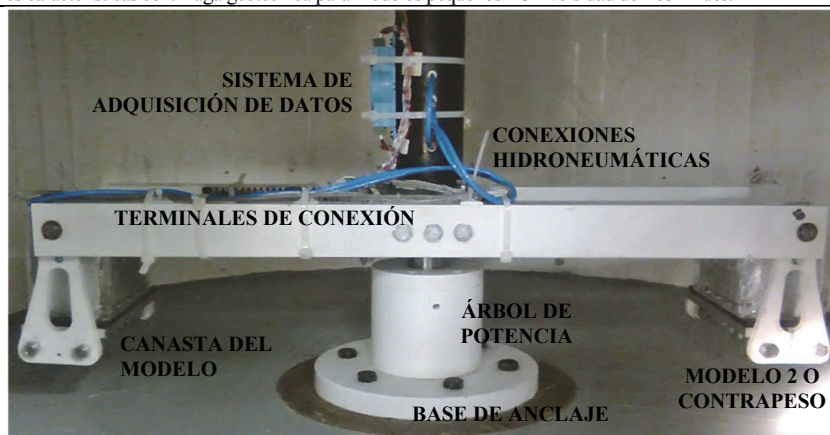
Como herramienta pedagógica para la demostración del comportamiento del suelo sobre procesos de desconfinamiento y sus efectos en estructuras civiles de superficie, se plantea el escenario de un túnel construido en suelos blandos con las dimensiones mostradas en la Fig. 2. El prototipo tiene una construcción del tipo de cimentación con losa generalizada. Se plantea que el suelo es una arcilla blanda saturada consolidada con una presión constante de 100KPa (esfuerzo de preconsolidación). Se propone que para realizar el modelo se use como suelo una composición de Caolín y Bentonita, con una composición de 60% y 40% respectivamente.

2. Metodología

2.1. Escalamiento del modelo

Las dos restricciones fundamentales para el escalamiento del prototipo son las limitaciones geométricas y de aceleración que presenta la máquina centrífuga. Otro factor muy importante es el efecto que la escala puede tener sobre la instrumentación del modelo o las condiciones de frontera del mismo [13], a mayor escala del modelo el efecto del tamaño del grano del suelo es más significativo, los parámetros a medir en el suelo son más pequeños y sensibles al ruido de los instrumentos. A menor escala se tiene mayor dificultad en la construcción del modelo y el escalamiento del tiempo se hace mucho más “lento”. El planteamiento del problema indica un proceso cuasi estático.

Tabla 3.
Principales características centrífuga geotécnica para modelos pequeños - Universidad de Los Andes.



DIMENSIONES	
Distancia eje plataforma	56.5 cm
Longitud del rotor	1.5 m
Diámetro sala centrifugación	1.7 m
Altura sala de centrifugación	70 cm
Longitud plataforma	17.5 cm
Largo plataforma	13.5 cm
Altura libre	10.0 cm
RENDIMIENTO	
Masa del modelo (max)	5000 g
Acel. máxima (5000 gr)	400 G
Potencia Nominal	3 HP
CONEXIONES CON EL MODELO	
Canales análogos medición	40
Contactos potencia	36
Canales hidroneumáticos	4

Fuente: Los autores

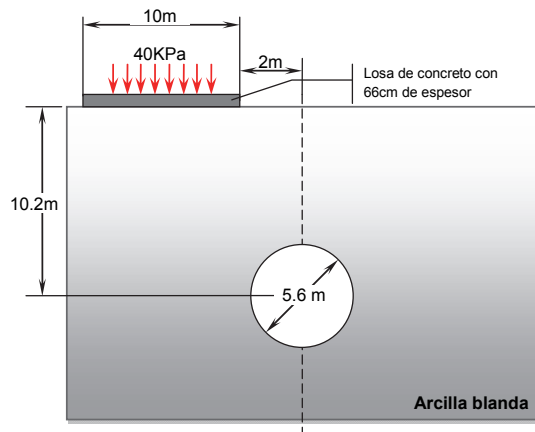


Figura 2. Dimensiones del prototipo problema.
Fuente: Los Autores

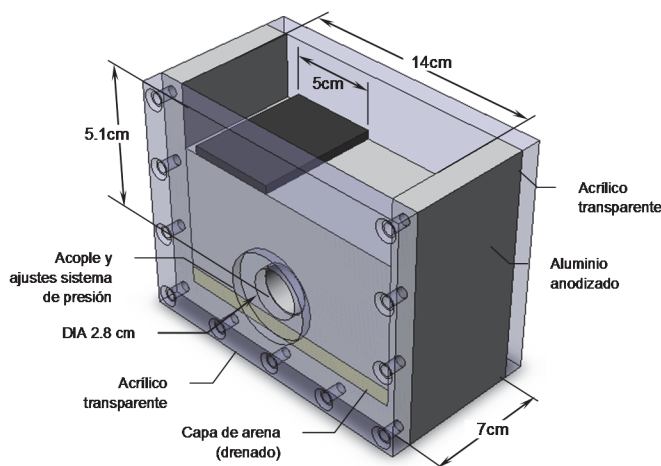


Figura 3. Dimensiones para construcción del modelo.
Fuente: Los Autores

Al aplicar los factores de escala geométrica sobre el modelo dentro del rango de funcionamiento de la centrífuga geotécnica, se tiene que con aceleraciones inferiores a 150g, el modelo debe tener unas dimensiones superiores al de la canasta disponible (profundidad del túnel superior a 10 cm) y superiores a 250g el diámetro necesario del túnel es inferior a 2 cm, con lo cual lo hace muy difícil de instrumentar. La selección de la escala de 200 g genera la necesidad de construir un modelo como el mostrado en la Fig. 3.

Al escalar la placa planteada en el problema se tiene que se debería construir una lámina de concreto de 5 cm por 3.33 mm de concreto, esa estructura es inviable de ser construida. Según las leyes de escala para deformaciones en estructuras, si se hace un cambio en el material a usar en el modelo, se debe mantener el producto del módulo de elasticidad (E) e inercia (I) igual entre el material que se usa en el prototipo y el del modelo [11]. Por lo tanto se debe mantener la siguiente relación:

$$E_C I_C = E_M I_M \quad (1)$$

Esto implica que se debe buscar materiales que puedan cumplir las condiciones de inercia y módulo de elasticidad, de tal forma que tengan unas dimensiones viables. Este proceso

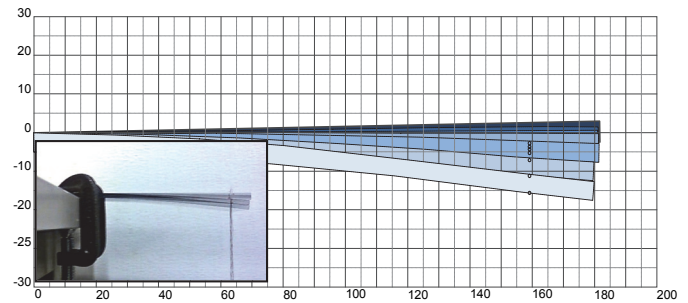


Figura 4. Determinación de módulo de elasticidad por análisis fotográfico de deflexión máxima de viga en voladizo.
Fuente: Los Autores

induce al estudiante a realizar ensayos propios como cálculo de módulo de elasticidad como el mostrado en la Fig. 4.

El estudiante mediante el uso de una cámara digital (como su celular), un soporte y sistema de carga controlada (pesos fijos identificados), es posible generar una viga en cantiléver que se flexiona por la carga aplicada. Las imágenes tomadas por la cámara pueden ser procesadas, obteniendo la curva de deformación máxima vs carga. Con una relación matemática sencilla basada en la geometría de la viga y deflexión máxima, es posible realizar una regresión lineal para obtener el módulo de elasticidad. Para el planteamiento del problema resulta como material adecuado el acrílico comercial con un espesor 5mm.

2.2. Preparación del suelo

El material utilizado para la preparación del suelo del modelo, corresponde a una mezcla de arcillas saturadas: 40% de bentonita y 60% de caolín. La preparación de la mezcla de suelo se realizó en una mezcladora industrial. El proceso de mezcla se realiza en seco las dos arcillas en las proporciones necesarias, adicionando agua hasta 1.5 veces el límite líquido de la mezcla [12].

El proceso de consolidación se realiza dentro de la canasta del modelo, garantizando la salida del exceso de agua. Para ello se crea una base de arena y un agujero de salida. Además la placa de consolidación es porosa para permitir la salida del agua. El proceso para determinar si la consolidación ha concluido es mediante el método de Asaoka [11].

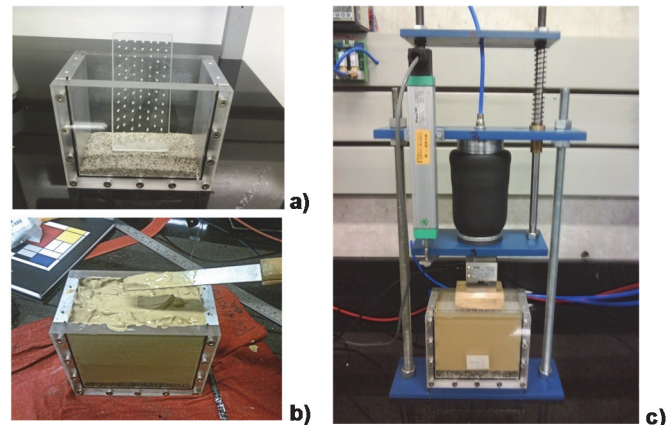


Figura 5. a) Sistema para liberación de exceso de fluido, b) Proceso de construcción del modelo y c) consolidación por prensa neumática.
Fuente: Los Autores

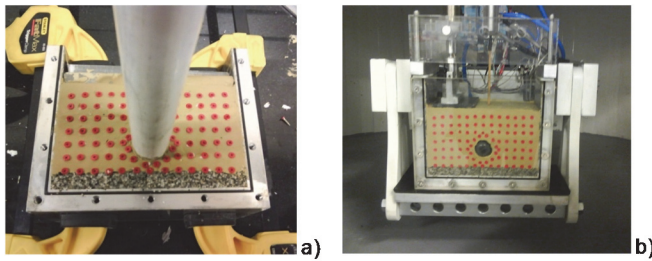


Figura 6. a) Generación de grilla de control y b) instrumentación del modelo montado sobre la centrifuga geotécnica.
Fuente: Los Autores

2.3. Instrumentación del suelo

Para controlar la deformación interna del suelo, se incrustaron sobre una de las caras del modelo marcadores de color con alto contraste con respecto al suelo. Estos marcadores se constituirán en el sistemas principal de monitoreo de la estructura, con ellos es posible obtener las deformaciones relativas del modelo al ser grabados mediante una cámara de alta resolución, para luego ser procesado por un software. Además se instaló un sensor de deformación (LVDT) en el eje del túnel con el objetivo, de obtener el asentamiento máximo del modelo, que puede ser fácilmente comparable con el asentamiento que predice la teoría para el prototipo (aplicando las leyes de escala).

3. Resultados

El proceso de ensayo consiste en aplicar una presión de confinamiento dentro del túnel mediante una membrana y aire a presión, con el objetivo que no colapse durante el ensayo. Luego a medida que se va incrementando paulatinamente la aceleración centrifuga del modelo, se va incrementando de igual manera dentro del túnel, siguiendo las leyes de escala.

Una vez se llega hasta la aceleración centrifuga final (escala modelo), se aplica la carga que simula la estructura civil en la superficie. Luego se procede a reducir la presión dentro del túnel, con lo cual se inicia la simulación de la excavación del túnel, hasta llegar al desconfinamiento completo y derrumbe de la estructura. En la Fig. 7 se puede observar diferentes fotogramas del video de un ensayo típico.

La Fig. 8 muestra el resultado final del proceso de colapso de la estructura. Usando un software especializado, es posible identificar los puntos de control instalados al inicio de la prueba, para luego poder calcular los vectores de desplazamiento del suelo. Esta información es muy útil para los estudiantes pues pueden ver como la teoría y la práctica convergen, pero al mismo tiempo se alejan un poco en algunos aspectos. Por ejemplo mientras que se ve claro que la curva de desplazamiento tiene una forma de campana invertida de Gauss y esta descentrada (con respecto al eje del túnel) por efecto de la estructura (carga) externa, como lo predice la teoría [14]. El ensayo de centrifuga muestra un colapso no homogéneo del túnel debido a las no linealidades presenten en el modelo, como lo son: fricción cara transparente del contenedor con el suelo, problemas de consolidación no homogénea, efecto local de la instrumentación instalada, entre otras.

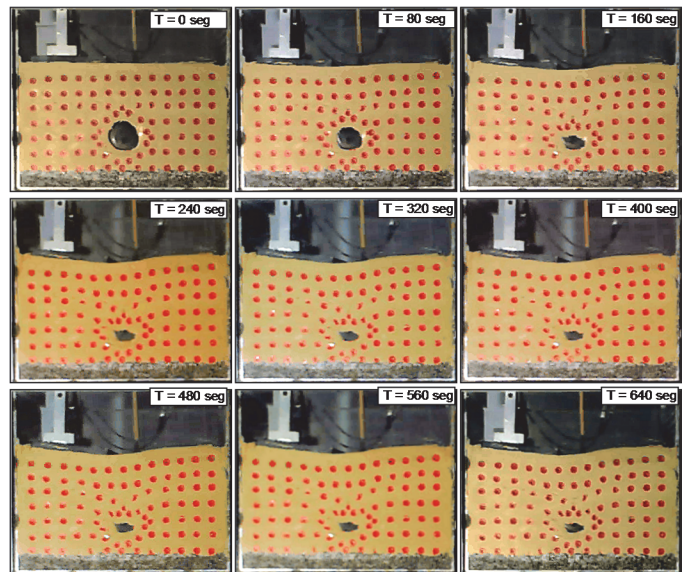


Figura 7. Fotografías en diferentes tiempos de falla del túnel en el modelo.
Fuente: Los Autores

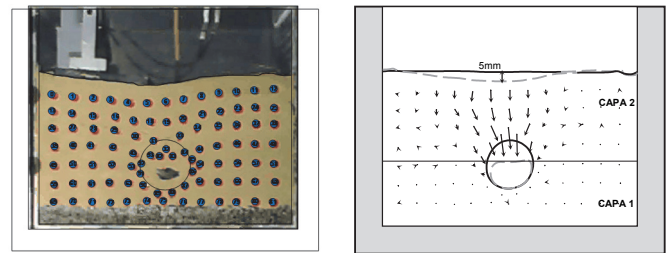


Figura 8. Izq. Fotografía de falla final del modelo y Der. Vectores de movimiento del suelo en modelo.
Fuente: Los Autores

4. Discusión

Los resultados obtenidos por los estudiantes en pruebas de laboratorio como el descrito, permiten consolidar conocimientos no solo del problema principal planteado, sino también de una serie importante de conocimientos previos que generalmente corresponden a: origen de los suelos, estructura de los suelos, procesos de consolidación, caracterización de suelos en laboratorio, suelos saturados y no saturados, instrumentación, etc.

La alternativa de laboratorio para procesos tan complejos como el mostrado seria la creación de modelos a escala real o de obras reales. Esto conllevaría mucho tiempo, riesgos laborales altos y costos muy elevados, haciéndolo imposible de realizar por un grupo de estudiantes. Pese al alto costo inicial de instalación de este tipo de laboratorios es alto, pero el campo de aplicación en geotecnia es muy amplio, tanto en docencia (caso de aplicación mostrado en el presente documento) como en investigación.

Las prácticas de laboratorio han probado de manera contundente que son fundamentales para la apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes, tal como lo muestra el modelo Kolb.

Pese a que los laboratorios se han empezado a sustituir en la educación superior por sistemas virtuales, es importante tener claro que una simulación numérica, sin importar el nivel de complejidad, siempre tendrá una serie de suposiciones para acotar el problema y encontrar una solución. Esa simplificación hace que la solución obtenida en el laboratorio virtual y la teoría aprendida en clase sea idéntica, generando que el estudiante olvide o nunca tenga en cuenta las simplificaciones originales del modelo matemático, al igual de la incertidumbre y falta de conocimiento completo de los problemas de ingeniería real. Los laboratorios con modelos a escala en cambio, pese a que tienen un ambiente controlado siempre tendrán un nivel de incertidumbre inherente, el cual el estudiante mediante la teoría y la práctica realizada tendrá que identificar, cuantificar y analizar.

5. Conclusiones

Los laboratorios en ingeniería son fundamentales para garantizar que los estudiantes se apropien del conocimiento descrito en la teoría en el desarrollo del curso.

Las prácticas reales tienen ventajas sobre las virtuales, debido a que las primeras tienen un grado de semejanza más cercano al mundo real, permitiendo una etapa de análisis por parte de los estudiantes mucho más fuerte.

Los modelos geotécnicos en centrifuga conllevan un tiempo importante de ejecución, por lo cual deben tener un proceso importante de planeación, que incluyen disposición de equipos y trabajo supervisado de los estudiantes.

Para la construcción de obras geotécnicas se puede tener acceso a una serie de métodos presentes en la literatura que generan cálculos que describen el comportamiento. Sin embargo resulta fundamental, poder reproducir las condiciones naturales en el laboratorio para posteriormente verificar su comportamiento teórico. Esto derivará en reducir la brecha de incertidumbre que se genera cuando se realizan obras civiles de alta envergadura como lo son los túneles poco profundos.

La posibilidad de escalar el tiempo en los modelos en centrifuga geotécnica, permite que se puedan realizar videos donde se puede analizar el comportamiento temporal o ante cambios en las condiciones de carga, de gran importancia didáctica.

Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a la Universidad de Los Andes por permitir la utilización de sus equipos de laboratorio. De igual manera al ingeniero Bernardo Caicedo por su apoyo científico para el desarrollo del presente proyecto.

Referencias

- [1] Shuman, L., Besterfield-Sacre, M. and McGourty, J., The ABET "Professional Skills" – Can they be taught? Can they be assessed?, *Journal of Engineering Education*, 94(81), pp. 41-55, 2005.
- [2] Chrobak, R. The globalization and the engineering teaching for the XXI Century. Primer Congreso Argentino de Enseñanza en la Ingeniería. Río (Córdoba), Argentina, 1996.
- [3] Hadim, H., Donskoy, D., Sheppard, K., Gallois, B. and Nazalewicz, J., Teaching mechanics to freshmen by linking the lecture course to a design course, *ASCE Conference Proceedings Search*, 2000.
- [4] Caro, S. y Reyes, J., Prácticas docentes que promueven el aprendizaje activo en Ingeniería Civil, *Revista de Ingeniería*, 18, pp.48-55, 2003.
- [5] Ruiz, D., Magallón, J. y Muñoz, E., Herramientas de aprendizaje activo en las asignaturas de ingeniería estructural, *Ingeniería y Universidad*, 10(1), pp.97-115, 2006.
- [6] Fernández-Sánchez, G. and Millán, M., Structural analysis education: Learning by hands-on projects and calculating structures, *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 139(3), 2013.
- [7] Kolb, D. and Fry, R., Toward an applied theory of experiential learning, in C. Cooper (ed.), *Theories of Group Process*, London: John Wiley, 1975.
- [8] Sharp, J., Harb, J. and Terry, R., Combining Kolb learning styles and writing to learn in engineering classes, *Journal of Engineering Education*, 86(2), pp.93-101, 1997.
- [9] Feisel, L. and Rosa, A., The role of the laboratory in undergraduate engineering education, *Journal of Engineering Education* 94(1), pp. 121-130, 2005.
- [10] Wartman, J., Geotechnical physical modeling for education: Learning theory approach, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 132(4), 2006. DOI: 10.1061/(ASCE)1052-3928(2006)132:4(288)#sthash.lfCu3e7j.dpuf
- [11] Taylor, R., *Geotechnical centrifuge technology*, Blackie Academic & Professional, London, 1995.
- [12] Vargas, J., Modelación física en centrifuga, de un muro pantalla apuntalado en suelos blandos de Bogotá, Tesis, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2003.
- [13] Caicedo, B., Velásquez, R. and Monroy, J., Modelación física en centrifuga, Tesis, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2004.
- [14] Lee, C., Wu, B. and Chiou, S., Soil movements around a tunnel in soft soils, *Proc. Natl. Sci. Coun. ROC(A)*, 23(2), pp. 235-247, 1999.

J.A. Tristancho-Ortiz, es Ing. mecánico de la Universidad Nacional de Colombia, MSc. en Ingeniería Electrónica y de Computadores, y Dr. en Ingeniería de la Universidad de Los Andes, Colombia. Profesor asistente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas desde 2011. Investigador del grupo DIMSI. Áreas de investigación: Automatización Industrial, Simulación y modelamiento físico, y diseño de software especializado de ingeniería
ORCID: 0000-0002-1471-1052