

La evolución conceptual en el aprendizaje de conceptos físicos mediada por unidades didácticas

Francy Nelly Jiménez-García ^{a,d}, Ligia Beleño-Montagut ^b, Carolina Márquez-Narváez ^a, Jairo de Jesús Agudelo-Calle ^{a,d} & Jorge Luis Muñiz-Olite ^c

^a Departamento de Física y Matemática, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia. francy@autonoma.edu.co

^b Departamento de Matemáticas y Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. lbeleno@unab.edu.co

^c Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia. jmuniz@utb.edu.co

^d Departamento de Física y Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia. fjnimenezg@unal.edu.co

Resumen— Los estudiantes, en general, tienen ideas previas al iniciar el estudio de un tema en particular, se busca con el proceso educativo el cambio conceptual que los lleve al conocimiento científico. El propósito de este estudio fue determinar la evolución conceptual que logran los estudiantes de ingeniería en la adquisición de conceptos físicos a partir del análisis de ideas previas. Se partió de la identificación de los obstáculos de aprendizaje a partir de la aplicación de un test de ideas previas; se realizó la implementación de las unidades didácticas; y se analizó la evolución conceptual que logran los estudiantes al contrastar los resultados del test de ideas previas antes y después de la intervención didáctica y mediante la contrastación con un grupo control. Se encontraron diferencias significativas entre el grupo control y el experimental y se evidenció cambio conceptual en los estudiantes en relación con los conceptos abordados en los cursos.

Palabras Clave— unidades didácticas; ideas previas; estilos de aprendizaje; movimiento oscilatorio; movimiento ondulatorio.

Recibido: 1 de abril de 2018. Revisado: 23 de julio de 2018. Aceptado: 27 de julio de 2018.

The conceptual evolution in the learning of physical concepts mediated by didactic units

Abstract— Students, in general, have previous ideas when starting the study of a subject, the conceptual change is sought with the educational process that leads them to scientific knowledge. The purpose of this study was to determine the conceptual evolution that engineering students achieve in learning physics concepts from a previous ideas analysis. It started with the identification of learning obstacles from the application of a previous ideas test; the didactic units implementation was carried out and the conceptual evolution achieved by the students was analyzed by comparing the results of the previous ideas test before and after the didactic intervention and by contrasting with a control group. Significant differences were found between the control and experimental groups and conceptual change in the students in relation to the concepts addressed in the courses was evidenced.

Keywords— didactic units; previous ideas; learning styles; oscillatory movement; wave motion.

1 Introducción

En los últimos años se vienen adelantando acciones que buscan mejorar la calidad de la educación en sus distintos niveles. Estas acciones han sido tomadas tanto desde la administración de los

sistemas educativos como desde la academia, la cual está cada vez más interesada en la investigación en temas de educación, tendientes a cambiar la estructura y organización del sistema educativo y a incrementar su calidad. Los resultados de la investigación en el aula demandan de los docentes cambios en sus metodologías de enseñanza con base en la cualificación de sus conocimientos y en la didáctica específica de la disciplina [1].

Para romper con el paradigma de enseñanza tradicional se requiere repensar las estrategias de enseñanza y aprendizaje como un conjunto de decisiones que se toman en el aula de clases con el objetivo de facilitar el aprendizaje significativo. Este conjunto de acciones influye sobre los procedimientos y los recursos a utilizar en las diferentes fases de un plan de acción que, organizada y secuenciada coherentemente con los objetivos de cada momento del proceso, permitan dar respuesta a la finalidad última de la tarea educativa [2].

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) permiten la implementación de estrategias de enseñanza y aprendizaje que atiendan la diversidad de estilos de aprendizaje de los estudiantes. La organización de estas estrategias ofrece una formación más personalizada, así como la posibilidad de establecer un seguimiento continuo del estudiante y de sus progresos; de otra parte, permite también optimizar los tiempos de aprendizaje, los procesos de aprendizaje en forma presencial y no presencial, la capacidad de trabajo individual y colectivo del que aprende, y la estructuración de la información. Además, se favorecen entornos educativos desde el aprendizaje cooperativo mediado por la actuación del profesor [3]. De otra parte, los entornos virtuales son un espacio propicio para la creación, gestión y entrega de secuencias de actividades de aprendizaje propuestas por el profesor que los estudiantes pueden seleccionar y desarrollar [4]. Desde esta perspectiva, es posible la implementación y desarrollo de unidades didácticas (UD) para la enseñanza y el aprendizaje de diversos conceptos utilizando como mediación los ambientes virtuales.

Las UD son una forma de programación de la enseñanza, que trata de incluir al máximo los elementos que intervienen en el proceso educativo. En dichas UD se propicia la interrelación de

Como citar este artículo: Jiménez-García, F.N., Beleño-Montagut, L., Márquez-Narváez, C., Agudelo-Calle, J.deJ. and Muñiz-Olite, J.L., La evolución conceptual en el aprendizaje de conceptos físicos mediada por unidades didácticas. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 1-8, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

todos los elementos que intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje con una coherencia interna metodológica y por un período de tiempo determinado. Lo anterior permite al docente hacer seguimiento al aprendizaje permitiendo una ruptura con el paradigma de la enseñanza tradicional [5].

El diseño de UD requiere de una planeación relacionada con elementos como: los objetivos de la enseñanza, los contenidos a desarrollar, las actividades de aprendizaje a diseñar, las estrategias de enseñanza a emplear y las actividades de evaluación a realizar [6]. Un elemento relevante a la hora de desarrollar UD es la identificación de las ideas previas. Las ideas previas o ideas alternativas de los estudiantes son foco de atención en diversas investigaciones de la didáctica de la ciencia.

De acuerdo con los resultados arrojados por la investigación didáctica, las ideas previas son una especie de saber básico; su desconocimiento en la praxis educativa es propio de modelos didácticos transmisionistas que repiten contenidos curriculares sin éxito en el aprendizaje de los estudiantes [7]. Las ideas previas son construcciones personales mediadas por varios factores donde el que percibe y procesa una realidad brinda explicaciones, descripciones o predicciones de los fenómenos o conceptos científicos. Su carácter de constructo personal las hace universales y resistentes al cambio a pesar de los intentos de la instrucción. Por tanto, se constituyen en esquemas representacionales que no modelan concepciones científicas adecuadas, por lo que se convierten en un obstáculo que no favorecen el cambio conceptual [8] y se requiere por tanto conocerla para poder enfrentarlas.

Existe cierto consenso en definir el cambio conceptual como un proceso de aprendizaje donde el estudiante modifica sus concepciones previas sobre un fenómeno o principio mediante la reestructuración de su estructura cognitiva. Por tanto, para favorecer el cambio conceptual se precisa de elementos como: una enseñanza basada en la implementación y desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje que tengan como punto de partida el conocimiento previo y las experiencias del estudiante; la identificación de preconcepciones comunes que orienten la planificación de actividades adecuadas para el entendimiento de los conceptos; y la estimulación permanente para que el estudiante modifique su estructura cognitiva para alcanzar un aprendizaje significativo del nuevo conocimiento [9].

En esta investigación se plantea el uso de una metodología basada en la aplicación de UD para la enseñanza y el aprendizaje de los temas movimiento oscilatorio y ondulatorio con estudiantes de ingeniería de dos universidades del país. Estas UD fueron diseñadas partiendo de la identificación de obstáculos de aprendizaje que presentaban los estudiantes a partir de la aplicación de un test de ideas previas a 173 estudiantes de ingeniería de cinco universidades del país. Seguidamente se diseñaron actividades de aprendizaje teniendo en cuenta la teoría de estilos de aprendizaje de Honey-Munford en las cuales se buscaba favorecer los cuatro estilos (reflexivo, teórico, activo y pragmático). Posteriormente, se hizo la aplicación de las UD a 66 estudiantes de dos universidades del país y se analizó la evolución conceptual que logran los estudiantes al contrastar los resultados del test de ideas previas aplicado antes y después de la intervención didáctica.

Se empleó un grupo control al cual se le aplicó el test en dos

momentos al igual que el grupo experimental, pero con este último no se empleó la metodología de UD, sino que se siguió un proceso de instrucción tradicional. El análisis de la información se realizó en forma cualitativa y cuantitativa, se emplearon para ello algunas técnicas estadísticas como pruebas de hipótesis de proporciones, pruebas T pareadas, la técnica numérica análisis envolvente de datos (DEA), entre otras. Se encontró que hay diferencias significativas entre el grupo control y el experimental, a favor del grupo experimental.

2 Metodología

Para el estudio de ideas previas en relación con los temas movimiento oscilatorio y ondulatorio se diseñó un test sobre los diferentes conceptos basados en algunas experiencias previas en construcción de este tipo de test [10, 11].

El test diseñado contiene 19 preguntas de las cuales 4 permiten respuestas abiertas y las demás respuestas cerradas, esto con el fin de poder realizar tanto un análisis cualitativo como cuantitativo de los resultados. Se enfatizó en cuatro categorías: identificación de movimientos, fuerza y energía, relación entre cantidades físicas y nuevos conceptos.

- Categoría 1: Identificación de movimientos: En esta categoría se indaga por conceptos característicos de cada tipo de movimientos como el comportamiento de la posición, la velocidad y la aceleración, esto se hace a través de las preguntas 1, 4, 5, 11, 13, 14, 15, 17. Los conceptos de esta categoría han sido estudiados y aplicados por los estudiantes en otros tipos de movimiento estudiados en los cursos de física mecánica previos a este tema, se espera conocer como hacen la transposición de los mismos a otro tipo de movimiento.
- Categoría 2: Fuerza y energía: Mediante planteamientos particulares se busca conocer qué idea tienen los estudiantes sobre la naturaleza de las fuerzas y conceptos de energía que inciden en los movimientos oscilatorio y ondulatorio. Las preguntas 2, 8, 9 y 19 dan cuenta de esta categoría.
- Categoría 3: Relación entre cantidades físicas: En esta categoría se indaga por el tipo de relación que existe entre cantidades físicas como posición vs tiempo y período de un péndulo vs longitud o masa, lo cual se hace a través de las preguntas 3, 6, 7 y 10.
- Categoría 4: Nuevos conceptos: En esta categoría se hace relación a conceptos que, aunque pueden haber visto en otros cursos del bachillerato, no son tan comunes en su uso, tales como longitud de onda, efecto Doppler, reflexión etc. Las preguntas 16, 18 y 20 hacen parte de esta categoría.

Las preguntas cerradas presentan cuatro opciones de respuesta en las cuales cada una de ellas da información de una forma particular de pensamiento sobre el concepto.

Después de diseñar el test se recurrió a un tribunal de 5 expertos temáticos para su validación, todos profesores investigadores con experiencia en la enseñanza de la física y las matemáticas con estudiantes de programas de ingeniería que analizaron varios factores desde sus áreas de conocimiento. Este grupo de expertos valoró lo adecuado de las preguntas y los ítems aportando sugerencias y en algunos casos,

recomendando posibles modificaciones.

Este test fue aplicado inicialmente a un grupo de 173 estudiantes de ingeniería de cinco universidades del país ubicadas en los departamentos de Caldas, Santander, Cundinamarca, Ibagué y Bolívar. Al realizar los análisis de los resultados del test se logró la identificación de las ideas previas de los estudiantes y los obstáculos para enfrentar el proceso de aprendizaje. A partir de estos obstáculos se diseñaron dos unidades didácticas, una para cada tema: oscilaciones y ondas mecánicas.

2.1 Aplicación del test de ideas previas

Seguidamente, el instrumento fue revisado y validado y se aplicó en el II semestre de 2016 a dos grupos: un grupo control, que se denominará GC, conformado por 66 estudiantes de dos instituciones del país ubicadas en los Departamentos de Caldas y Santander, quienes tomaban el curso de física oscilaciones y ondas; y un grupo experimental, que se denominará GE, conformado por 57 personas que incluía estudiantes de las dos instituciones, quienes tomaban el curso con docentes diferentes a los del grupo control. La aplicación del test se realizó en línea a través de la plataforma Moodle en un aula digital implementada para los cursos Física II que se orientan en estas instituciones de la Red Mutis. Finalmente, se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo tanto para las preguntas cerradas como para las abiertas y se estableció una comparación entre ambas aplicaciones para estudiar el cambio en las ideas previas que presentan los estudiantes.

2.2 Instrucción en el aula

En el grupo control se siguió la metodología particular de cada docente que es más de corte tradicional, es decir expositiva por parte del docente; los estudiantes realizaron ejercicios para practicar los conceptos estudiados además de participar en los laboratorios presenciales programados habitualmente para el curso. En el grupo experimental se siguió una metodología que consistió el uso de dos unidades didácticas previamente diseñadas, una para el tema de oscilaciones y otra para el tema de ondas mecánicas.

Las unidades diseñadas contienen elementos tales como: los objetivos de aprendizaje, los contenidos desarrollados en clase por el docente y fuera de clase acompañados de objetos de aprendizaje [12], las actividades de aprendizaje diseñadas teniendo en cuenta tanto los estilos de aprendizaje como los obstáculos de aprendizaje identificados a partir del estudio de las ideas previas y, finalmente, las actividades de evaluación. Todo ello enmarcado dentro de un proceso de gestión del aula claramente planificado [6].

Las actividades de aprendizaje fueron de cuatro tipos: de reflexión, de conceptualización, de experimentación y de aplicación, teniendo en cuenta la teoría de estilos de aprendizaje propuesta por Honey-Munford. En cuanto a las actividades de reflexión se realizaron foros virtuales y presenciales, así como lecturas complementarias que incluían aplicaciones de los temas las cuales se resumieron en mapas conceptuales que debían socializar con el grupo. Las actividades de

conceptualización incluían, de una parte, la solución de problemas particulares que debían sustentarse en clase y, de otra parte, la ejercitación con simuladores desarrollados por los docentes en un software libre para ayudar a la conceptualización sobre el modelamiento matemático de los conceptos físicos estudiados previamente. En relación con las actividades de experimentación se realizaron: laboratorios virtuales enlazados en el aula digital del curso adaptados de unos existentes en la red para los cuales se elaboró la guía respectiva; y laboratorios presenciales apoyados en los manuales de cada institución participante. Las actividades de aplicación constaron del desarrollo de un proyecto integrador sobre la aplicación de un Yugo Escocés que debían diseñar e implementar y finalmente presentar en forma oral y escrita.

2.3 Técnicas empleadas para los análisis de los resultados

Para el análisis de la información se emplearon algunas técnicas estadísticas como pruebas de hipótesis de proporciones, pruebas pareadas no paramétricas, la técnica numérica análisis envolvente de datos (DEA), las cuales se describen brevemente a continuación.

La prueba de hipótesis de proporciones permite probar hipótesis nula de igualdad de dos proporciones o parámetros binomiales; el estadístico en el que se basa la decisión es la diferencia entre las proporciones poblacionales la cual se distribuye de forma aproximadamente normal para muestras suficientemente grandes.

El análisis envolvente de datos (DEA) permite medir las eficiencias de un conjunto de unidades de decisión y ubicar con mayor eficiencia a aquellas que consumen menos recursos en las entradas para obtener mayores salidas.

La prueba de hipótesis para las medias permite comparar las medias de dos grupos de casos. Lo ideal es que para esta prueba los sujetos se asignen aleatoriamente a dos grupos, de forma que cualquier diferencia en la respuesta sea debida al tratamiento (o falta de tratamiento) y no a otros factores. La prueba t para dos muestras es bastante robusta a las desviaciones de la normalidad. La hipótesis experimental consiste en que las medias de determinado evento medido en muestras independientes son diferentes.

La prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones se emplea cuando queremos comparar una respuesta que se mide como una proporción entre dos o más niveles y necesitamos pruebas que nos indiquen si hay diferencias entre estas proporciones, es decir, si se distribuyen homogéneamente entre los niveles de la variable o, por el contrario, existen diferencias.

En las pruebas pareadas se calcula la diferencia dentro de cada par de mediciones antes y después, se determina la media de estos cambios de peso y se informa si la media de las diferencias es estadísticamente significativa. Puede ser más potente que una prueba t de 2 muestras, porque esta última incluye la variación adicional que es causada por la independencia de las observaciones. Una prueba t pareada no está sujeta a esta variación, porque las observaciones pareadas son dependientes. La hipótesis experimental es que las medias de las mediciones antes y después son diferentes.

3 Resultados y discusión

3.1 Identificación de ideas previas

Del análisis del test de ideas previas aplicado en el primer momento se determinaron los obstáculos de aprendizaje más sobresalientes que presentaron los estudiantes participantes en este estudio para enfrentarse al aprendizaje de los temas movimiento oscilatorio y movimiento ondulatorio. A partir de estos obstáculos se realizó todo el diseño de las unidades didácticas. De acuerdo con los resultados del test de entrada se encontró que a los estudiantes se les dificulta:

- Comprender la posición, velocidad y aceleración como cantidades cinemáticas que pueden variar simultáneamente.
- Establecer diferencias entre el movimiento oscilatorio y el movimiento ondulatorio.
- Diferenciar las representaciones gráficas de posición-tiempo de la trayectoria de la partícula.
- Considerar que la dirección de una fuerza que actúa sobre un cuerpo no necesariamente coincide con la dirección de movimiento del cuerpo.
- Separarse de la simple intuición a la hora de establecer relaciones entre cantidades físicas.
- Diferenciar entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y otras cantidades físicas escalares.
- Establecer relaciones entre cantidades físicas ya sea en un enunciado verbal o empleando ecuaciones.
- Asociar el movimiento ondulatorio con el transporte de energía más no de masa.
- Considerar que la masa no influye en el período de un péndulo simple.

Después de identificar estos obstáculos se realizó la intervención didáctica en la cual se realizaron actividades de aprendizaje diseñadas para ayudar a la conceptualización y a superar los obstáculos encontrados. A continuación, se presentan los análisis estadísticos realizados a los resultados de las pruebas que evidencian las diferencias entre ambos procesos de enseñanza.

3.2 Análisis General

En las Figs. 1 y 2 se muestran los valores medios de las respuestas correctas a cada una de las preguntas del test de entrada y salida tanto para el grupo control como para el experimental. Se ha empleado la siguiente codificación: Grupo Control Entrada (GCE), Grupo Control Salida (GCS), Grupo Experimental Entrada (GEE) y Grupo Experimental Salida (GES).

Para el GC, de acuerdo con los resultados mostrados en la Fig. 1, se evidencia una evolución en el 63 % de las preguntas. Además, es importante anotar que sólo en el 42 % de las respuestas dadas en la segunda aplicación del test se encuentran porcentajes de acierto que sobrepasan el 50 %. Sería deseable que este porcentaje fuera superior después de un proceso de enseñanza aprendizaje.

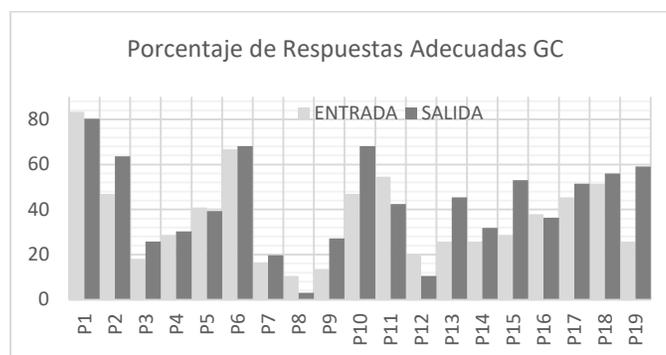


Figura 1. Resultados generales para el grupo control GC
Fuente: Los autores

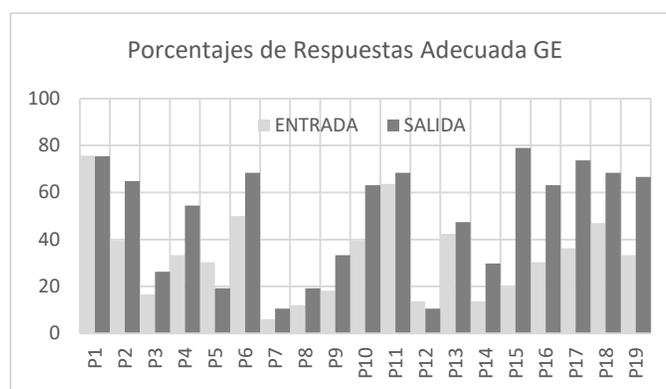


Figura 2. Resultados generales para el grupo experimental GE
Fuente: Los autores

Para el GE, de acuerdo con los resultados que se muestran en la Fig. 2, se observa una evolución en el 90% de las preguntas y en el 63% de las mismas se logran porcentajes de acierto superiores al 50%, lo cual es deseable que suceda cuando se ha realizado un proceso de enseñanza aprendizaje.

El GCE tuvo mejor porcentaje de acierto en el 63% de las preguntas del test de entrada que el grupo experimental, pero en el de salida este porcentaje se invirtió, es decir un 63% de las preguntas tuvieron mejor acierto para el grupo experimental. Lo anterior indica que los resultados alcanzados por el grupo experimental son significativos.

Se realizó una prueba de hipótesis para las medias de cada una de las preguntas, los resultados se muestran en la Tabla 1. En este análisis se obtuvo que: a la entrada solo para la P14 hay diferencias significativas entre ambos grupos; esto indica que ambos grupos están iniciando en condiciones similares, lo cual es buen punto de partida para este estudio. A la salida para 7 de las 19 preguntas se tiene diferencias significativas, siendo más favorable para el grupo experimental. Este resultado es un indicador de la eficiencia de la estrategia implementada.

Como en este análisis de medias no se tiene en cuenta a la salida el nivel de la entrada, se propone un análisis de pruebas de hipótesis para las diferencias de proporciones en el cual si se tenga en cuenta el nivel en el cual inicia cada grupo; dicho análisis se presenta a continuación.

Tabla 1.
Resultados prueba de hipótesis para las medias de ambos grupos

P#	Medias Salida		Prueba de hipótesis		Medias entrada		Prueba de hipótesis	
	GCS	GES	p-val	Rech Ho	GCE	GEE	p-val	Rech Ho
1	0,80	0,75	0,52	No	0,83	0,75	0,28	No
2	0,64	0,65	0,88	No	0,46	0,39	0,38	No
3	0,26	0,26	0,90	No	0,18	0,16	0,82	No
4	0,30	0,54	0,01	SI	0,28	0,33	0,58	No
5	0,39	0,19	0,02	SI	0,40	0,30	0,21	No
6	0,68	0,68	0,98	No	0,66	0,50	0,05	No
7	0,20	0,11	0,16	No	0,16	0,06	0,06	No
8	0,03	0,19	0,003	SI	0,10	0,12	0,79	No
9	0,27	0,33	0,47	No	0,13	0,18	0,48	No
10	0,68	0,63	0,56	No	0,46	0,39	0,38	No
11	0,42	0,68	0,003	SI	0,54	0,63	0,29	No
12	0,11	0,11	0,99	No	0,19	0,13	0,35	No
13	0,45	0,47	0,83	No	0,25	0,42	0,04	Si
14	0,32	0,30	0,81	No	0,25	0,13	0,08	No
15	0,53	0,79	0,002	SI	0,28	0,19	0,23	No
16	0,36	0,63	0,002	SI	0,37	0,30	0,36	No
17	0,52	0,74	0,01	SI	0,45	0,36	0,29	No
19	0,56	0,68	0,16	No	0,51	0,46	0,60	No
19	0,59	0,67	0,39	No	0,25	0,33	0,34	No

Fuente: Los autores.

3.3 Prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones

Se realizó una prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones en las respuestas correctas del GC y del GE tanto en el test de entrada como en el de salida. En la Tabla 2 se presentan los p-valores obtenidos y las proporciones de acierto respecto al total de preguntas contestadas que se obtuvieron en el análisis estadístico para ambos grupos.

Los resultados que se observan en la Tabla 2 permiten evidenciar varios hechos: primero, se puede afirmar que la proporción de respuestas correctas en el test de entrada es estadísticamente diferente a dicha proporción en el test de salida para ambos grupos, de acuerdo a los p-valores; segundo, la proporción de aciertos en la aplicación final es mayor que en la inicial en ambos grupos; tercero, al analizar la diferencia entre ambas proporciones para cada grupo se encuentra un aumento en un 0,066 en el GC y en un 0,169 en el GE. Estos resultados son evidencia de que la instrucción influyó en el proceso de aprendizaje en ambos grupos, pero fue más significativa en el GE. De otra parte, se encuentra que ambos grupos a la entrada son similares lo cual se esperaba porque los estudiantes no fueron seleccionados intencionalmente; además, se encontraron diferencias significativas de ambos grupos a la salida lo cual establece que el grupo experimental mostró mejor desempeño en términos generales.

Tabla 2.
Resultados de la prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones

	GCE	GCS	GEE	GES
Total respuestas	1250	1250	1250	1080
Total aciertos	454	536	410	537
Proporción	0,363	0,429	0,328	0,497
p-valor	3,7e-4		5,6e-17	

Fuente: Los autores.

3.4 Pruebas pareadas por categorías para el grupo experimental

Con el fin de realizar una comparación entre grupos homogéneos (en este caso el mismo grupo experimental a la entrada y a la salida) se realizó una prueba pareada.

Ya que la diferencia entre los porcentajes de acierto por categorías no cumple el supuesto de normalidad, pero si el de homogeneidad de varianzas (homocedasticidad), entonces se realizó una prueba pareada no paramétrica mediante el test no paramétrico o prueba de los rangos con signo de Wilcoxon (Wilcoxon Signed-rank test), también conocida como test de Wilcoxon, en el cual se comparan las medianas en lugar de medias. El resultado del test se basa en comparar los rangos medios de valores por encima y por debajo de la mediana hipotética (M) y se asigna una categoría de la diferencia absoluta más pequeña, es decir, sin signo, una categoría de 2 a la siguiente más pequeña, y así sucesivamente. Cuando el valor absoluto de dos o más diferencias es el mismo, se asigna a cada uno el promedio de los rangos que se asignarían si las diferencias fueran distinguibles. Si la hipótesis nula es verdadera, el total de los rangos que corresponden a las diferencias positivas debería ser casi igual al total de los rangos que corresponden a las diferencias negativas. La hipótesis nula se puede rechazar a favor de la hipótesis alternativa si el total de los rangos que corresponden a diferencias positivas y negativas son diferentes.

En cada uno de los casos las hipótesis de trabajo fueron:

Ho: No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las dos muestras.

H1: Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las dos muestras. Nivel de confianza del 95 %. Nivel de significancia: 0,05. Los resultados de esta prueba se presentan en la Tabla 3.

Puesto que el valor de p para esta prueba es menor que 0,05 en todas las categorías, se puede rechazar la hipótesis nula en el nivel de confianza de 95,0%. Estos resultados son favorables para el grupo experimental a la salida por ser mayores los rangos medios de valores por debajo de la mediana hipotética. Se observa, además, que los resultados son más concluyentes para las categorías 2 y 4 siendo la 4 la que más diferencias significativas presenta al tener un p-valor tan pequeño.

Tabla 3.
Resultados prueba pareada no paramétrica para la diferencia de medianas

	Valores por debajo de M	Valores por encima de M	p-valor	Estadístico de prueba
Categoría 1	23,69	20,20	0,023	2,26
Categoría 2	21,34	14,81	9,2 e-5	3,91
Categoría 3	21,46	16,27	2,6 e-3	3,01
Categoría 4	26,99	14,58	6,3 e-8	5,41

Fuente: Los autores

3.5 Análisis de eficiencia de los procesos de instrucción (DEA)

Se realizó los análisis de eficiencia de los procesos de enseñanza seguidos en cada grupo mediante un modelo DEA,

para lo cual se definieron dos variables de entrada y una de salida, así:

VE1: La variable de entrada 1 se definió como el inverso del porcentaje de aciertos para cada grupo en la prueba de entrada. Se tomaron los inversos ya que son estos los que representan la dificultad que se encuentra para mejorar el aprendizaje, es decir, entre mayor es la entrada se está más arriba en la curva de aprendizaje y conseguir pequeños aumentos en la misma será más difícil que cuando se está más abajo. Para el modelo DEA esto indica que si con menores entradas se logran buenas salidas, es porque el proceso es más eficiente.

VE2: La otra variable de entrada es la suma de los porcentajes de respuestas incorrectos en la prueba de entrada para cada grupo. Un valor alto de esta variable se convierte en desfavorable para la eficiencia ya es más difícil lograr cambios en la forma de pensar de un mayor número de personas.

VS: La variable de salida se denomina la Ganancia, entendida como la diferencia entre los porcentajes de acierto a la salida y a la entrada para cada grupo.

El modelo DEA usado fue un CCR- I (CCR input oriented) con retorno a escala constante. Los valores de las diferentes variables y las eficiencias calculadas para cada categoría y para cada grupo se presentan en la Tabla 4.

Los promedios de eficiencia para el proceso de instrucción realizado en cada grupo son: para el GE de 0,64 y para el GC de 0,30. Estos resultados permiten concluir que fue más exitoso el proceso de instrucción seguido en el grupo experimental que en el grupo control, de acuerdo con los resultados del test aplicado a la entrada y a la salida.

De los resultados que se muestran en la Tabla 4, es claro que el grupo experimental tiene eficiencias más altas que el grupo control en cada categoría. Se debe destacar un buen resultado del grupo experimental en las preguntas de categoría 4, lo cual corrobora el resultado presentado en el análisis de la prueba pareada para esta misma categoría. Se observa además que en el grupo experimental se ha logrado una eficiencia importante en la categoría 1 comparado con su respectivo valor en el grupo control. Cabe mencionar que en la categoría 4 las eficiencias para ambos grupos son similares, aunque es un tanto mayor para el grupo experimental. En general se encontraron mayores ganancias en eficiencia en el grupo experimental en todas las categorías al comparar con el grupo control.

Tabla 4. Resultados prueba DEA para análisis de eficiencia de los procesos de instrucción

	Categoría 1		Categoría 2		Categoría 3		Categoría 4	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
VE1	2,53	2,64	3,26	3,43	2,69	3,57	2,39	3,36
VE2	483,3	496,9	277,3	283,3	251,5	287,9	174,2	210,6
VS1	0,0	65,39	27,27	69,30	33,33	56,30	60,61	129,9
Eficiencia	0,0	0,64	0,22	0,52	0,32	0,41	0,66	1,0

Fuente: Los autores.

3.6 Análisis por pregunta

En los apartados anteriores se tuvieron en cuenta solo las respuestas correctas, pero es importante anotar que, en las opciones de respuestas consideradas no correctas, se presentan ciertos grados de acierto que pueden denotar evolución conceptual, además es importante analizar a la luz de esas otras opciones cuales son los obstáculos de aprendizaje que se identifican. A continuación, se presenta un análisis puntual de cada pregunta el cual permite identificar los obstáculos de aprendizaje que se superan o aún persisten.

3.6.1. Categoría 1: identificación de los movimientos

La P1 establece que el movimiento de un cuerpo se considera periódico cuando sus características cinemáticas posición, velocidad y aceleración: aumentan, disminuyen o se repiten en tiempo. A esta pregunta la mayoría de los estudiantes (porcentajes alrededor del 80%) respondió acertadamente que se repiten en el tiempo.

En la P4 que indicaba que en ausencia de fricción una partícula que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio mantiene constante su velocidad o aceleración o período o las tres, los porcentajes de acierto disminuyeron, lo cual indica que, aunque saben que en el movimiento oscilatorio algo se repite, como lo manifestaron en la P1, no tienen claro que es lo que se repite. El GC pasa de un porcentaje de acierto en esta pregunta del 28,8 al 30% mientras en el GE pasa del 33,3 al 54,4%, esto evidencia lo difícil que es cambiar la confusión entre las cantidades cinemáticas velocidad y aceleración que ya se habían determinado en trabajos anteriores [10], además los estudiantes vienen habituados a trabajar las cantidades cinemática en las cuales alguna de ellas permanece constante y no interioricen fácilmente que las tres puedan cambiar simultáneamente.

De otra parte, en las P11, P15 y P17 se nota confusión entre el movimiento oscilatorio y ondulatorio, por ejemplo, consideran que la oscilación de un péndulo es un movimiento ondulatorio y que la perturbación generada en una cuerda genera un movimiento oscilatorio a lo cual llaman onda. Ideas similares han sido identificadas por otros autores con estudiantes de otros contextos [13].

3.6.2. Categoría 2: fuerza y energía

La P2 pregunta directamente por la fuerza elástica recuperadora, en el GCE el 47% aciertan mientras en el GEE lo hacen el 39,4%, el resto decide la dirección contraria de la fuerza lo que indica que no tienen claro el carácter restaurador de la fuerza. Se logran avances en esta pregunta así: GCS 63,6% y GES 64,9%.

La P9 indaga por las fuerzas presentes cuando un cuerpo que se suspende de un resorte colgado en forma vertical se alarga un poco verticalmente hacia abajo y se libera. Se encuentra que hay confusión entre algunas fuerzas y parámetros que no son fuerza, así por ejemplo consideran el coeficiente de rozamiento o la constante elástica del resorte como fuerzas e incluyen algunas que no están presentes como la fuerza normal.

La P8 indaga por la explicación más adecuada, en términos de fuerza, para que un péndulo inicie su movimiento y lo continúe. En el test de entrada muchos estudiantes no se arriesgaron a responder, pero en el de salida si lo hicieron, se observa que consideran que es necesaria la existencia de una fuerza para que haya movimiento lo que se ocasiona por una mala interpretación de la segunda ley de Newton. Por otro lado, consideran que la fuerza gravitacional se opone al movimiento del péndulo cuando es esta fuerza la que permite que se dé el movimiento.

La P19 buscaba conocer que consideran más posible que transporte una onda: materia, velocidad, fuerza o energía. Se encuentra que hay cierta confusión entre los conceptos de fuerza y energía, en menor proporción creen que transporta materia. Otros autores han encontrado que los estudiantes consideran que las ondas toman rasgos de la categoría materia y que su velocidad aumenta o disminuye al aplicarle una fuerza [14], lo cual reafirma la confusión identificada entre estas cantidades. Este error pueda darse por el no entendimiento del principio de conservación de la energía y los conceptos de trabajo mecánico y cantidad de movimiento lineal. Además, se evidencian problemas de entendimiento del sentido físico de la variación de magnitudes físicas como la cantidad de movimiento lineal e identificar la energía como algo material que se transfiere de un sistema a otro.

3.6.3 Categoría 3: relación entre cantidades físicas

En la P7 se buscaba identificar como varía el período de un péndulo simple con la longitud y con la masa de este. En un test inicial que se hizo se detectó que era obvio para los estudiantes expresar la relación de la longitud con el período, pero no tan fácil la relación de la masa con el período. Al fusionar ambas preguntas en una sola se observa la importancia que los estudiantes dan a la masa la cual consideran que es un factor incidente en la oscilación, estos hallazgos están de acuerdo con los encontrados por otros autores en los cuales identificaron la creencia de que la amplitud y la velocidad del movimiento y el período del péndulo dependen de su peso [15]. La mayoría de los estudiantes selecciona la opción que incluye ambas variables a la vez en lugar de aquellas que las toman por separado, lo cual hizo que el porcentaje de acierto en esta pregunta fuera tan bajo para ambos grupos.

Otra relación estudiada fue la variación de la posición con el tiempo en un movimiento armónico simple, esta relación se estudió en la P3 y la P10. Se encontró una fuerte tendencia a confundir el gráfico posición-tiempo con la trayectoria de la partícula. Esta idea previa ya se había detectado en un trabajo anterior [10] en el estudio de movimiento rectilíneo y, como era de esperarse, se mantiene al trabajar con otros tipos de movimiento.

En la P6 se buscaba que identificarán la relación posición-tiempo en forma gráfica para un movimiento oscilatorio, en el GC el acierto pasó de un 66,7 a 68,2% y en el GE de 50% a 68,4%. De otra parte, en la P10 se buscaba conocer cual relación matemática se ajustaba más a la existente entre las variables posición-tiempo en un movimiento oscilatorio; dentro de las opciones se tenían las relaciones: directamente proporcional,

forma cuadrática, lineal y relación sinusoidal. Se encontró que el porcentaje de acierto del GC pasó de 47% a 68,2% y en el GE de 39,4% a 63,2%. Lo anterior permite ver que el análisis gráfico se les hace más sencillo de realizar, aunque en la parte matemática hay más dificultad a pesar de ser relaciones matemáticas bastante conocidas, lo cual concuerda con resultados de otros trabajos [15]. Se encontró que hay una movilización importante de la relación lineal, que inicialmente consideran con más fuerza, a la sinusoidal que es característica de este tipo de movimientos.

3.6.4 Categoría 4: nuevos conceptos

En esta categoría se pretendía conocer lo que los estudiantes saben o intuyen sobre nuevos conceptos o al menos conceptos no tan comúnmente empleados como son, longitud de onda, Efecto Doppler y reflexión en cuerdas.

Se encuentra que en las preguntas relacionadas con estos conceptos, P12, P16, P18 y P10, los aciertos a la salida fueron significativamente mayores a los de la entrada. Lo anterior indica que se requiere mayor esfuerzo para lograr pequeños cambios conceptuales en ideas ya establecidas que en la apropiación de nuevos conceptos que no se enlazan fuertemente con otros.

4 Conclusiones

En el resultado del test aplicado se evidencia una relación de acierto con respecto a respuesta de 0,36 y 0,427 a la entrada y a la salida en el grupo control y de 0,328 y 0,486 en el grupo experimental. Lo anterior muestra una mejora significativa en el grupo experimental respecto al grupo control en los conceptos trabajado en las Unidades Didácticas.

Esta metodología de enseñanza permitió alcanzar mejores resultados que el proceso tradicional, aunque es claro que algunas de las ideas previas identificadas persisten aun después de la enseñanza, aunque en menores proporciones que cuando se empleó la metodología tradicional

Se observa un cambio conceptual en los estudiantes del grupo experimental en algunos de los conceptos abordados en los cursos, aunque aún es necesario seguir trabajando en la interiorización de esta metodología para que dicha evolución se haga cada vez más fuerte.

A pesar de la intervención adelantada aún persisten dificultades en un porcentaje de estudiantes en cuanto a la comprensión de ciertas magnitudes físicas y su variación, entender a profundidad las características y propiedades de movimientos diferentes al movimiento de traslación, entender la representación de magnitudes físicas en un plano como algo independiente a la trayectoria de la partícula, y comprender el significado físico e implicaciones en los modelos matemáticos de las fuerzas restauradoras.

Se infiere de los resultados obtenidos la persistencia de tratar de explicar la realidad a partir de la intuición y la experiencia cotidiana. Esto genera problemas en el establecimiento de diferencias entre magnitudes físicas y la identificación de las fuerzas actuantes sobre los objetos bajo estudio en el entorno que los rodea.

Dentro de los preconceptos encontrados en los estudiantes se pudo percibir que para ellos era fácil expresar la relación de la longitud con el periodo, pero no tanto la relación de la masa con el periodo. Cuando se les pide analizar la relación existente entre el periodo, la masa y la longitud, dan más importancia a la masa, la cual la consideran como un factor incidente de la oscilación independiente de las características de la longitud. Esto evidencia, la existencia de preconcepciones Aristotélicas al atribuir a la masa implicaciones sobre las oscilaciones armónicas de un sistema en condiciones ideales y considerar que sólo objetos físicos son los que se pueden transportar entre sistemas.

En general se puede concluir que hay una mayor dificultad para dar respuesta a las preguntas abiertas frente a las cerradas, lo cual da muestra de la falencia de los estudiantes en cuanto a expresar sus ideas o argumentos ante una situación, por lo tanto, es importante emplear estrategias que conduzcan al estudiante a hacer planteamientos y socializar sus opiniones.

De otra parte, al analizar aquello que los estudiantes saben o intuyen acerca de nuevos conceptos o al menos conceptos no tan comúnmente empleados, se concluye que es más fácil que se apropien de estos nuevos conceptos a que se modifiquen aquellos que están indebidamente arraigados. Se intuye que se requiere mayor esfuerzo para lograr pequeños cambios conceptuales a crear nuevos conceptos que no requieren fuertemente de otros.

Finalmente, con los resultados de este trabajo se evidencia que las ideas previas de los estudiantes se constituyen en obstáculos para el cambio conceptual que lleva al aprendizaje; por tanto, conocer estas ideas se constituye en una oportunidad para que los docentes mediante un trabajo juicioso y propositivo favorezcan el aprendizaje significativo de sus estudiantes.

Referencias

- [1] Domingo, G. M., Urionabarrenetxea, S., & Bañales, M. A., Cambios en metodologías docentes y de evaluación: ¿mejoran el rendimiento del alumnado universitario? *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 18(3), pp. 1-18, 2016.
- [2] Pérez, J. C., Las estrategias de enseñanza como factor de cambio en los Estilos de Aprendizaje, *Un Estudio Longitudinal. Journal of Learning Styles*, 9(18), pp. 135 -164, 2016.
- [3] García, O. B., La incorporación de plataformas virtuales a la enseñanza: una experiencia de formación on-line basada en competencias. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 41(1), pp. 77 -98, 2005.
- [4] Bustos, A. S., Los entornos virtuales como espacio de enseñanza aprendizaje. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 14(44), pp. 163-184, 2010.
- [5] Díaz, J. M., Unidades didácticas: por una enseñanza asistida de la matemática. *Revista caribe*, 5(18), pp. 7-12, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5377/farem.v0i18.2766>
- [6] SanMarti, N., El Diseño de Unidades Didáctica. En P. C. Leon, *Didáctica* pp. 239-266, 2002.
- [7] Badillo, R. G., Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), pp. 301 -319, 2004.
- [8] Bello, S., Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*, 15(3), pp. 210-217, 2004.
- [9] Mirna, C. M., Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias, *Formación Universitaria*, 3(1), pp. 11 - 20, 2010. DOI: 10.4067/S0718-50062010000100003
- [10] Jiménez, G. F.N, Calle, A. C., & Sánchez, V. J., 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] Martínez, J. E., & Jiménez, F. N. Estudio ideas previas sobre el tema de electroquímica en estudiantes de 10 grado de la institución educativa cañaveral

- basada en la evolución histórica de la ciencia. *Memorias: Segundo Encuentro Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales*, Universidad Católica de Pereira, pp. 109 – 117, 2013.
- [12] Jiménez, G. F.N, Márquez, N. C., Agudelo, C. J., Beleño, M. L., Leyton, V. H., & Muñoz, J. L., Una experiencia didáctica en el diseño e implementación de objetos de aprendizaje para la enseñanza de la física, *Revista Educación en Ingeniería*, 11(22), pp.13-20, 2016.
 - [13] Welti, R., Concepciones de estudiantes y profesores acerca de la energía de las ondas, *Enseñanza de las ciencias*, 20(2), pp. 61 -
 - [14] Pérez, M. D., Algunos problemas en la conceptualización de ondas mecánicas, *Enseñanza de las Ciencias*, VII Congreso (Número extra), pp. 1 - 6, 2005.
 - [15] Trigueros, M. G., Ideas acerca del movimiento del péndulo, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), pp. 1207 - 1240, 2006.

F.N Jiménez-García, es Ing. Química, MSc. en Ciencias Física y Dra. en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y Esp. en Computación para la Docencia de la Universidad Antonio Nariño. Actualmente es docente titular en dedicación de catedra de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y docente titular de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Manizales (UAM). Cuenta con 23 años de experiencia docente y trabaja en investigación en temas de didáctica de la física y la matemática, así como en el estudio de materiales de ingeniería. Recibió el título de mejor docente en la facultad de ingenierías en el 2008 y mención por sus logros académicos e investigativos en el 2015 en la UAM. Es actualmente coordinadora del Departamento de Física y Matemáticas y líder del grupo de investigación en física y matemática con énfasis en la formación de ingenieros de la UAM.
ORCID: 0000-0003-1546-8426

L. Beleño-Montagut, es Física, MSc en Física y MSc en Ingeniería Ambiental de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Docente desde 1992 en la Universidad Autónoma de Bucaramanga en la línea de física en los cursos teóricos y de laboratorio correspondientes a mecánica, electromagnetismo y ondas y partículas. Profesora vinculada al grupo de investigación en ciencias aplicadas (GINCAP) de la UNAB, el cual actualmente lidera.
ORCID: 0000-0002-6958-6367

C. Márquez-Narváez, es Tecnólogo en Desarrollo de Software en el año 2010 y de Esp. en Desarrollo de Aplicaciones Móviles en el año 2013 ambas en el SENA Regional Caldas. Es Ingeniera de Sistemas en el 2014 de la Universidad Autónoma de Manizales -UAM, Colombia. Actualmente es docente de la UAM y estudiante de la Maestría en ingeniería misma institución. Perteneció al grupo de investigación de Física y Matemáticas en el cual se desempeñó como Joven investigadora en el período 2015-2016.
ORCID: 0000-0002-2716-844X

J.J. Agudelo-Calle, es Ing. Químico en 1994 de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Esp. en Computación para la Docencia en 1998 de la Universidad Antonio Nariño y MSc. en Ciencias Físicas en 2006 de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Actualmente es docente en la Universidad Nacional de Colombia y docente de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Manizales. También orienta un curso en la maestría en enseñanza de las ciencias en la Universidad Nacional de Colombia. Autor del libro de Matemáticas básicas con Mathcad publicado por la Universidad Autónoma de Manizales y coautor de los textos de laboratorios de Física de la UAM y de Física Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia. Es miembro activo del grupo de Investigación en Física y Matemáticas con énfasis en la formación de ingenieros de la UAM.
ORCID: 0000-0003-2189-2143

J.L. Muñoz-Olite, es MSc. en Educación con énfasis en Cognición de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Esp. en Estadística Aplicada de la Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia. Esp. en Física de la Universidad de la Habana, La Habana, Cuba. Diplomado en Gestión y Calidad del Aire, del Banco Mundial Internacional. Lic. en Educación, especialidad Física y Astronomía del Instituto Superior Pedagógico Félix Varela, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Investigador del grupo de Educación e Innovación Educativa en el área de Didáctica de las Ciencias Naturales. Experiencia de más de 30 años en la enseñanza de la Física, en la Educación Superior en las Repúblicas de Cuba y Colombia. Elegido Docente Meritorio de la UTB en el año 2004. Actualmente se desempeña como Decano de la Facultad de Ciencias Básicas de la UTB.
ORCID: 0000-0001-6160-1916

Ingeniería Gráfica, dos experiencias docentes en la Universidad Politécnica de Catalunya para un mismo objetivo

Oscar Farrerons-Vidal ^a & Anna Pujol-Ferran ^b

^a Escuela de Ingeniería de Barcelona Este, Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), Barcelona, España. oscar.farrerons@upc.edu
^b Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa, Universidad Politécnica de Catalunya, Terrassa, España. anna.pujol.ferran@upc.edu

Resumen— Las escuelas de ingeniería industrial de Barcelona (EEBE) y Terrassa (ESEIAAT) de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) consiguen que sus estudiantes adquieran un elevado nivel de ingeniería gráfica gracias al trabajo continuado en clase y en casa, mediante herramientas Diseño Asistido por Ordenador y croquis, junto con el tipo de ejercicios, las clases de teoría expositiva y teoría aplicada, que permite a los alumnos tener suficientes recursos para poder superar de una manera brillante la evaluación de la asignatura. El artículo permite ver la organización de la asignatura en las dos principales escuelas de la UPC, mediante la combinación de teoría y práctica, su evaluación mediante rúbricas públicas, y la realización de proyecto de ingeniería.

Palabras Clave— ingeniería gráfica; aprendizaje; diseño gráfico; evaluación.

Recibido: 6 de junio de 2018. Revisado: 23 de julio de 2018. Aceptado: 30 de julio de 2018.

Graphic Engineering, a teaching experience at the Polytechnic University of Catalonia

Abstract— The industrial engineering schools of Barcelona (EEBE) and Terrassa (ESEIAAT) of the Polytechnic University of Catalonia (UPC) ensure that their students acquire a high level of graphic engineering. It thanks to continued work in class and at home, using Assisted Design tools by Computer and sketch, different types of exercises and lectures on technical theory and applied theory. Students have enough resources to be able to overcome the evaluation of the subject in a brilliant way. The article allows explain the subject's organization in the two main UPC schools, the combination of theory and practice, the evaluation through public rubrics, and the realization of engineering project.

Keywords— graphic engineering; learning; graphic design; evaluation.

1. Introducción

La Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) es una universidad pública catalana especializada en los ámbitos de ingeniería, arquitectura y ciencias. Fue fundada en 1971 en Barcelona, y actualmente dispone de centros educativos en Castelldefels, Manresa, San Cugat del Vallés, Terrassa, Vilanova i la Geltrú, y en tres campus repartidos por la ciudad de Barcelona. En 2012 recibió el reconocimiento como mejor universidad politécnica de España, y actualmente está situada en el número 77 del ranking mundial de universidades de ingeniería y tecnología según QS World University.

El Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería (EGE) de la UPC es el encargado de impartir la docencia en ingeniería gráfica y proyectos en casi una decena de escuelas de

la UPC. Ofrece enseñanza en grados de Ingeniería de diseño industrial y desarrollo de producto, tecnologías industriales, tecnología y diseño textil, biomédica, química, ingeniería de la energía, eléctrica, electrónica industrial y automática, mecánica, materiales, y finalmente en ingeniería aeroespacial.

En este artículo se expone la metodología docente de la asignatura troncal “Expresión Gráfica”, impartida en los dos principales centros de la UPC, la Escuela de Ingeniería de Barcelona Este (EEBE) y la Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT). Se trata de dos escuelas de ingeniería relacionadas con un ámbito comarcal próximo de gran peso industrial, y que simultáneamente tienen el mayor número de alumnos y docentes que imparten esta asignatura (660 alumnos y 19 profesores la EEBE, y 260 alumnos y 10 profesores la ESEIAAT).

Esta asignatura de Ingeniería Gráfica tiene asignados 6 créditos docentes en el European Credit Transfer System (ECTS) [1], lo que equivale a 150 horas de trabajo repartidas en actividades de teoría, problemas, actividades no presenciales y pruebas orales y gráficas. Esta carga académica se distribuye a lo largo de 20 semanas. La organización propia de la asignatura en cada una de las dos escuelas (EEBE y ESEIAAT) está coordinada por un profesor responsable, aunque la programación ha sido un trabajo en equipo de los principales profesores de cada escuela, para llegar a un mismo objetivo didáctico.

Al final del curso los alumnos han de ser capaces de tener una visión espacial desarrollada y un conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de Diseño Asistido por Ordenador. También habrán de tener capacidad para aplicar con buen criterio los reglamentos y normas de dibujo estándar ISO, y saber aplicar las técnicas de ingeniería gráfica.

2. Ingeniería Gráfica en EEBE

2.1 Objetivos

En la EEBE todos los contenidos de la asignatura están definidos a nivel específico. Los Objetivos tienen asignado su

Como citar este artículo: Farrerons-Vidal, O. and Pujol-Ferran, A., Ingeniería Gráfica, dos experiencias docentes en la Universidad Politécnica de Catalunya para un mismo objetivo. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 9-17, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

nivel de competencia, siguiendo el modelo basado en el Proyecto Tuning (Tuning Educational Structures in Europe) [2], estando agrupados por tipos: Objetivos para el Autoestudio, Objetivos para DAO, Objetivos de Conocimiento Combinado, y Objetivos Transversales

Los objetivos para el autoestudio definen los contenidos teóricos que el alumno debe alcanzar mediante el estudio personal. Se recogen en un documento público y quedan vinculados con la bibliografía básica a partir de los ficheros de cada sesión, para que el alumno tenga la adecuada referencia de estudio. Este tipo de objetivos poseen competencias de conocimiento y comprensión.

Los objetivos para DAO son específicos para las habilidades prácticas, se alcanzan mediante ejercicios a realizar en clase y en casa siguiendo guías paso a paso, desarrollando la competencia de aprendizaje como la habilidad genérica que detecta deficiencias en el propio conocimiento y las supera mediante la reflexión crítica y la elección de la mejor actuación para ampliar este conocimiento [3].

Los objetivos de conocimiento combinado requieren la aplicación de los conocimientos teóricos y las habilidades prácticas, con competencias de aplicación, comprensión, síntesis y evaluación.

Los objetivos transversales son aquellos que valora el trabajo en equipo.

2.2 Formación de grupos

La planificación de la asignatura está realizada para utilizar dos tipos de grupos de alumnos, el grupo base (que trabaja en clase de forma coordinada y fuera de ella de forma individual) y el grupo de proyecto (fuera del aula), acordes con innovaciones en metodologías de aprendizaje [4,5]. Se organizan actividades en el aula y fuera siguiendo el ejemplo de modelos de aprendizaje diferentes al presencial [6].

El grupo base es creado por el profesor, formado por 3 integrantes, que serán llamados A, B, C. Se les asignan trabajos rotativos y específicos para cada uno. En general este grupo trabaja en clase, por lo tanto no es necesario que tengan afinidades. Cada semana recibe el encargo de estudiar unos temas (diferente para cada integrante) para ser explicados en clase en el entorno de grupo. El hecho de que un alumno reciba el encargo de explicar un tema, no quiere decir que no deba estudiar los temas propuestos a los otros estudiantes, de hecho puede que necesite comprenderlos para poder explicar su parte.

El grupo de proyecto se recomienda que sea formado por los propios alumnos, debido a que podrán garantizar la coincidencia de horarios. También pueden agruparse por intereses temáticos. El tamaño de grupo es de 3 miembros, pero en este caso no es tan importante pudiendo decidirse el número en función de la cantidad de trabajo que implique un proyecto.

2.3 Elementos del curso

Los ordenadores son un elemento crucial en el curso, pero por si solos no cambian nada, son los docentes los que cambian la enseñanza para adaptarla a los retos del nuevo modelo que las TIC propician [7]. Para ello la asignatura se compone de 5 elementos base:

- Clases de teoría (Autoaprendizaje y Expositivas)
- Ejercicios de croquización
- Ejercicios de DAO del tutorial SolidWorks para resolver en casa, y ejercicios DAO para resolver en clase.
- Proyecto
- Carpeta del Estudiante

2.3.1 Clases de teoría

La teoría correspondiente a la asignatura se imparte en forma de autoaprendizaje y mediante clases expositivas. El autoestudio de los contenidos teóricos se utiliza para el estudio de la normativa, mediante la técnica del puzle utilizada en formación cooperativa [8,9].

Se utiliza la estructura de grupo base donde cada integrante está identificado por una letra. Cada semana recibe el encargo de estudiar unos temas para ser explicados en clase en el entorno de grupo.

Los alumnos deben estudiar y realizar un resumen de la materia estudiada. Dicho resumen, fotocopiado, debe ser entregado al resto de integrantes del grupo, de forma que todos los integrantes tendrán un resumen de todos los temas estudiados a lo largo del curso. Si un estudiante tiene dificultades para entender la información, debe dejar este punto para que lo explique el profesor. En la correspondiente sesión presencial, el grupo se reúne y cada integrante explica los contenidos que tiene adjudicados.

El profesor recoge las preguntas de todos los grupos y realiza la exposición ordenada que las resuelve. Terminada esta exposición se abre turno de preguntas por si quedan elementos sin comprender. Finalizada la fase de preguntas se realizará una prueba de autoevaluación a través de un cuestionario online.

La geometría del espacio es la parte relativa a figuras posicionadas en cualquier situación del espacio. Esta parte del contenido teórico de la asignatura se basa en la geometría euclidiana. Dadas las complejidades teóricas se cree más interesante utilizar las clases expositivas para fijar estos contenidos teóricos. Para mejorar la calidad de las exposiciones se utilizan diapositivas con gráficos y se resuelven pequeños ejemplos en 3 dimensiones con el programa SolidWorks.

2.3.2 Ejercicios de croquización

Este tipo de tarea requiere un proceso individual, sin embargo se considera de gran utilidad que se realice una corrección en grupo y guiada, permitiendo la entrega de los ejercicios una vez corregidos individualmente y en grupo.

Consiste en la realización de croquis a mano alzada de 20 piezas presentadas en dibujos axonómicos. Los ejercicios se resuelven en un librito a la venta en copistería, donde cada hoja con el enunciado esta cuadrículada para facilitar el trabajo.

2.3.3 Ejercicios de DAO

El trabajo en grupo puede ser muy enriquecedor pero en ningún caso sustitutivo del individual. Una buena alternativa es combinar las dos opciones, pero sin utilizar la técnica del puzle, que no sería adecuada. En este caso se propone la resolución en grupo de un ejercicio y la resolución individual en otro, para cada sesión.

La técnica de trabajo en grupo usada consiste en cada día un alumno diferente del grupo utiliza un único ordenador mientras todos discuten y aportan técnicas de resolución.

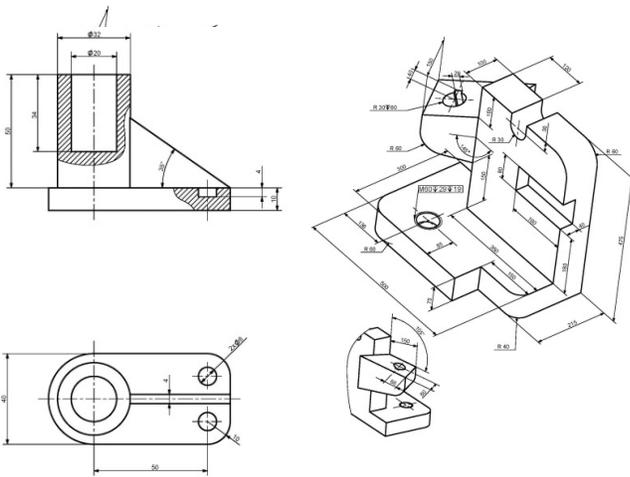
Los ejercicios constan de código de referencia, enunciado en pdf, soluciones en formatos SolidWorks, y guía para la solución.

Se proponen 4 tipos de ejercicios de DAO: Modelado en 3D partiendo de planos en diédrico, Modelado en 3D y planos partiendo de axonométrico, ejercicios de geometría en el espacio y ejercicios de superficies

Los ejercicios de Modelado en 3D partiendo de planos en diédrico acotado (Fig. 1) permiten practicar las técnicas de modelado y la interpretación de vistas y acotaciones diédricas. Se trata de construir un modelo virtual 3D a partir de las vistas diédricas enunciadas.

El Modelado en 3D y planos partiendo de axonométrico (Fig. 2) permite practicar las técnicas de modelado, junto las normas de representación y acotación en planos. Permite practicar la interpretación de dibujos axonométricos. Se trata de definir un modelo virtual 3D a partir de un plano axonométrico acotado.

Los ejercicios de geometría del espacio y superficies permiten aplicar la teoría para la resolución de problemas complejos de modelado. Mejoran capacidad de visión espacial del alumno.



Figuras 1 y 2. Ejercicios tipo de modelado 3D, que se desarrollan en la EEBE.
Fuente: Los autores.

2.3.4 Proyecto

Durante las semanas del curso los alumnos van desarrollando un proyecto gráfico de un objeto industrial aplicando las técnicas de dibujo aprendidas en cada sesión mediante aprendizaje cooperativo y constructivista [10]. El trabajo es tutelado por el profesor, que especifica las tareas a llevar a cabo y controla los trabajos en cada momento (Fig. 3).

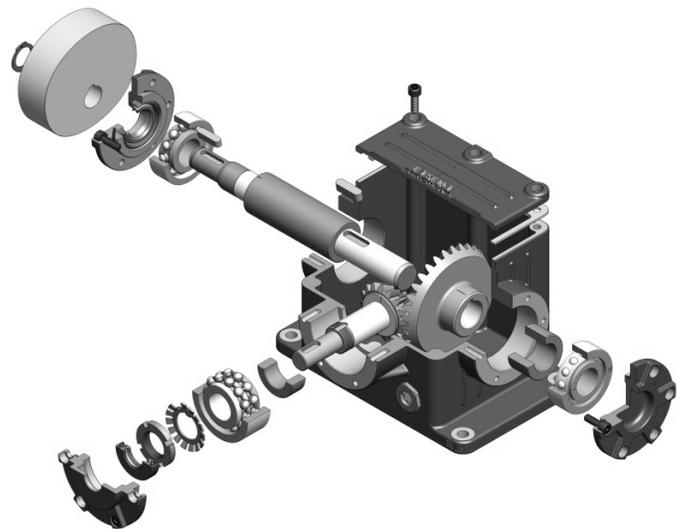


Figura 3. Ejemplo de proyecto realizado en EEBE.
Fuente: Los autores.

2.3.5 Carpeta del estudiante

La correcta programación de las actividades permite a los estudiantes tener una “carpeta” que les alcance los objetivos formativos marcados en el currículum [11]. Esta carpeta compuesta por los trabajos a realizar por los alumnos: los entregables (en formato papel y en electrónico). Todos los trabajos en formato electrónico son recogidos por el profesor y puestos a disposición del alumno. Los entregables en papel son devueltos al alumno una vez revisados.

2.4 Rúbricas

El departamento facilita a los estudiantes las rúbricas públicas de calidad [12], que son las descripciones de los criterios de evaluación de cada tipo de ejercicios. Las notas se actualizan semanalmente para asegurar un correcto retorno, necesario para el progreso del curso, así como ser una evaluación de carácter formativo y sumativo [13].

2.4.1 Resúmenes

Son entregables en papel que el profesor, devuelve evaluados al alumno para formen parte de su carpeta. Deben de servir de recordatorio de la materia. También sirven como guía en la exposición a los compañeros. Se evalúa el hecho de que se entreguen y de que su confección implique un trabajo de estudio adecuado.

2.4.2 Pruebas de autoestudio

Son entregables en papel que el profesor devuelve al alumno para formen parte de su carpeta. Cada prueba consiste en 3-6 preguntas. La máxima puntuación por cada prueba es de 3 puntos. Se realizan 9 pruebas en total. Es un componente de la competencia transversal “Trabajo autónomo” en un 15%.

2.4.3 Tutorial DAO

Son los ejercicios a realizar en casa con el tutorial en línea SolidWorks. Se evalúa el hecho de que se entreguen bien ejecutados sin evidencias de no haber sido copiados por el alumno. Se realizan 10 entregas en total. Es un componente de la competencia transversal “Trabajo autónomo” en un 70%.

2.4.4 Corrección de croquis

Sirve para poner nota al alumno por la entrega del libro de Croquis. Se evalúan tanto el número de croquis resueltos, como la limpieza del trabajo y que éstos estén bien corregidos. El número total de croquis a entregar es de 20. Componente de la competencia transversal “Trabajo autónomo” en un 15%.

2.4.5 Ejercicios modelos y planos

Para puntuar la entrega del trabajo realizado en clase en ejercicios de modelado 3D y creación de planos. De valoración voluntaria por parte de cada profesor debido a la gran cantidad de ejercicios.

2.4.6 Ejercicios geometría y superficies

Para puntuar entrega del trabajo realizado en clase en ejercicios de geometría y superficies. Voluntaria por parte del profesor debido a la gran cantidad de ejercicios.

2.5 Evaluación y condicionantes

Los “Condicionantes” son limitaciones que se imponen al mal uso de la política de evaluación, por lo tanto únicamente pretenden que la política de evaluación sea eficaz y justa.

2.5.1 Condicionantes

La obligatoriedad de la realización del Proyecto es una condición necesaria para superar la asignatura. La nota mínima para considerar el proyecto presentado es un 3,5 sobre 10.

La sanción por copia fraudulenta en trabajos y pruebas es otro condicionante. Las acciones irregulares que puedan conducir a la variación significativa de una evaluación en uno o más alumnos se consideran realizaciones fraudulentas de una evaluación. La evaluación fraudulenta se califica con un suspenso y valor numérico de cero en el ejercicio en cuestión. La repetición de una evaluación fraudulenta por un alumno implica el suspenso de la asignatura.

2.5.2 Evaluación, superados los condicionantes

El sistema de evaluación de la asignatura se basa en criterios de calidad [14] y de innovación docente [15] y se asienta en una estrategia de evaluación continuada con el siguiente criterio de base: Entregables = 40%; Evaluación Modelado y Planos = 25%; Evaluación Geometría= 15%; Proyecto= 20%.

Está prevista la realización de dos pruebas prácticas de recuperación. Se proporcionará una sesión para recuperar las pruebas prácticas de “Modelado y Planos” y “Evaluación

Geometría”. La máxima nota alcanzable en una prueba de recuperación práctica es de 5. Las pruebas de recuperación de prácticas no están sujetas a las rúbricas, solo admiten dos calificaciones: un 5 o la misma nota anterior.

2.6 Recursos

Para el correcto funcionamiento de la asignatura se imparte en un grupo de como máximo 30 alumnos, y siempre en aula informática. Es necesario que los ordenadores de las aulas informáticas dispongan de acceso a internet y de sistema operativo Windows para poder soportar SolidWorks.

UPC dispone de licencia estudiante del programa SolidWorks actualizada anualmente. La licencias permiten un uso ilimitado del programa en entrono UPC y un uso simultáneo de hasta 500 licencias en casa. Ello permite desarrollar la competencia de aprendizaje autónomo como una competencia esencial para el aprendizaje de la asignatura, tal y como se recoge en los descriptores de Dublín [16], el criterio 3 de ABET [17] y los "Benchmark Statements" establecidos en el Reino Unido por la QAA (The Quality Assurance Agency for Higher Education) [18].

Las aulas informáticas deben disponer de ordenador para profesor con mismas características que los alumnos y pantalla de proyección de grandes dimensiones y cañón de calidad.

La asignatura tiene un espacio operativo en el campus virtual de la UPC ATENEA donde se estructura el contenido teórico y los entregables. Además se complementa con un espacio FTP accesible con el link facilitado por el profesor. En este espacio se pueden encontrar carpetas de recursos didácticos.

3. Ingeniería gráfica en ESEIAAT

3.1 Objetivos

Los objetivos de aprendizaje de la asignatura en ESEIAAT, persiguen facilitar y potenciar la capacidad de abstracción [19], desarrollar y ejercitar la imaginación espacial [20], Introducir conceptos, técnicas y metodologías propias de Ingeniería Industrial, y utilizar el lenguaje técnico gráfico propio del entorno industrial.

Los objetivos comprenden los contenidos teóricos que el alumno tiene que aprender y aplicar en las prácticas. Están definidos por sesiones, con una descripción exhaustiva, al mismo tiempo que se especifican las actividades vinculadas y los objetivos específicos.

Los objetivos para DAO son las habilidades de conocimiento del software Solidworks [21]. Su rápida y correcta utilización será clave para conseguir estos objetivos.

Para obtener los objetivos de conocimiento combinado se requieren aplicar los conocimientos teóricos y las habilidades prácticas, con competencias de comprensión, aplicación, síntesis y evaluación.

La asignatura cuenta con objetivos transversales:

- Trabajo en equipo, coordinación y organización.
- Buena comunicación, ya que los proyectos se presentan oralmente en clase.
- Actitud crítica y resolutive para solucionar los problemas

- que surgen en el proyecto de equipo [22].
- Objetivos generales personales de aprendizaje y mejora.

3.2 Formación de grupos

En la ESEIAAT se utiliza un solo tipo de grupo, para el proyecto, que trabajan de forma coordinada dentro y fuera de clase.

Se recomienda que esté compuesto por 3 miembros. Los grupos son creados por los propios alumnos. El grupo tendrá que trabajar coordinadamente en las 3 sesiones de proyecto de grupo en el aula y después repartirse el trabajo a desarrollar fuera del aula. En las sesiones presenciales de grupo, el profesor sigue y tutoriza el desarrollo del mismo, dando autonomía a los alumnos, pero al mismo tiempo, ofreciendo consejos y directrices para la consecución del mismo.

Una buena organización, coordinación e implicación equitativa de todos los miembros del grupo es fundamental para los buenos resultados del proyecto.

3.3 Elementos de curso

La asignatura Expresión Gráfica se imparte en un semestre, que se divide en 2 parciales.

1º parcial= 7 sesiones+ 1ª prueba de croquis + 1ª prueba parcial

2º parcial= 6 sesiones + 2ª prueba de croquis + 2ª prueba parcial

Para entender los elementos base de la asignatura cabe explicar primero la dinámica habitual de las clases. Cada sesión son 4 horas de clase:

1ª parte 1,50h + 20' descanso + 2ª parte 1,50h

En la 1ª parte de la clase la dinámica es teórica expositiva y aplicada y en la 2ª parte la dinámica es práctica con distintos tipos de ejercicios.

A partir de aquí la asignatura se compone de 9 elementos base, repartidos en las 2 partes de las sesiones:

1ª parte clase teórica: Clases de teoría-expositiva + Clases de teoría-aplicada

2ª parte clase práctica: Ejercicios de croquización + DAO para resolver en clase + DAO para resolver en casa + Proyecto de grupo.

3.3.1 Clases de teoría-expositiva

Las clases de Teoría- expositiva son contenidos expuestos por el profesor en los 55' primeros de cada sesión. Se tiene que tener en cuenta que en Expresión gráfica en la Ingeniería hay muchos contenidos de Representación gráfica básica [23], Geometría [24], Dibujo industrial y normalización [25], como acotación, sesiones, diseño de planos técnicos, y Geometría 3D [26] que requieren del conocimiento de unas bases teóricas.

Tal y como se ha comentado, el estudio de la Geometría se basa en el sistema euclidiano [27]. Toda la documentación sobre los contenidos teóricos está colgada en el campus digital ATENEA para que el alumno los pueda consultar en cualquier momento.

Que esta parte de las sesiones sea Teórica-explicativa por

parte del profesor, no quiere decir que no haya intervenciones de los alumnos, ya que se intenta interpelarlos para fomentar su sentido crítico.

A partir de la sesión, también se resuelven las dudas que han surgido en la ejecución de los ejercicios propuestos en la sesión anterior, especialmente los ejercicios DAO de casa.

3.3.2 Clases de Teoría-aplicada

Las clases de Teoría-aplicada siguen siendo contenidos explicados por el profesor, pero que hacen referencia a procesos y procedimientos de ejecución [28], así como el aprendizaje progresivo en el conocimiento del software.

Es importante que los alumnos aprendan la mejor eficiencia y utilización del software para resolver los ejercicios en un tiempo prudente y con una calidad aceptable de comprensión.

Esta parte ocupa 55' en la 1ª parte de la sesión, justo antes del descanso y después de la clase teórica-explicativa, ya que tiene estrecha relación con la primera parte comentada.

Clase práctica (2ª parte)

En la parte práctica de las sesiones se piden 2 tipos de ejercicios: a resolver en clase y entregar al final de la misma sesión, a resolver en casa durante la semana.

Todos los ejercicios de la parte práctica se entregan. Los croquis en formato papel, los ejercicios DAO por el campus ATENEA. Cada sesión, el alumno realiza de 2 ejercicios de clase y se le pide 2 ejercicios a realizar en casa.

3.3.3 Ejercicios de croquización

Tanto si son ejercicios presenciales o no, una de las modalidades de ejercicios son los croquis a mano alzada. Los ejercicios de croquis son de ejecución individual. Consisten en distintas representaciones:

- Ejercicios de realización de vistas a partir de una pieza 3D.
- Ejercicios de realización de la pieza 3D a partir de las vistas gráficas.

En la asignatura hay un formato de plano con el cajetín correspondiente, que los alumnos pueden imprimirse para realizar estos ejercicios.

Los alumnos pueden acompañarse en herramientas básicas de dibujo [29] (escuadra, cartabón) aunque el alumno que tenga buen pulso puede hacerlo sin ayuda. Son ejercicios hechos a lápiz. Estos ejercicios ayudan a la comprensión de piezas y vistas y agilizan la visión espacial de cuerpos. Son una excelente herramienta para los futuros ingenieros para poder explicar con una hoja y un lápiz cualquier solución a un problema de manera gráfica.

3.3.4 Ejercicios de DAO presenciales

Los ejercicios presenciales en DAO se realizan de forma individual, aunque los alumnos se consultan entre ellos y el profesor participa activamente. Hay distintos tipos de ejercicios DAO:

- Ejercicios de Modelado en 3D, se trata de construir modelos virtuales de piezas representadas con planos de sistema diédrico o axonométrico.

- Ejercicios de planos gráficos de Normalización, a partir del Modelado 3D, se realiza el plano técnico.
- Ejercicios de geometría avanzada, de resolución de problemas complejos de modelado y visión espacial.

Para la realización de estos ejercicios, el alumno cuenta con enunciado en PDF, explicaciones previas del profesor, tutorial de ayuda [30] en Atenea, y la solución del ejercicio (Fig. 4).

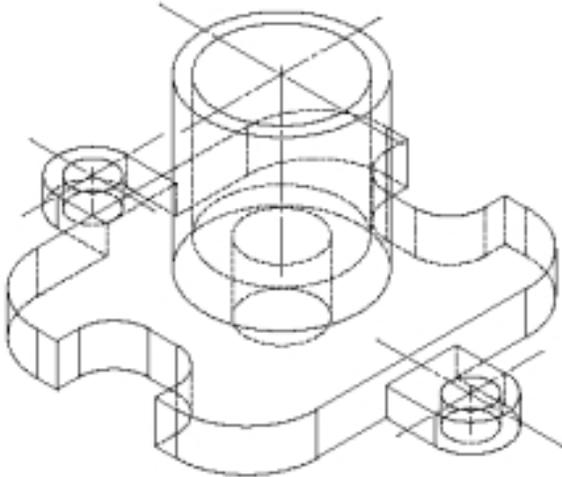


Figura 4. Ejercicio tipo de modelado 3D, realizado en ESEIAAT.
Fuente: Los autores.

3.3.5 Ejercicios de DAO no presenciales

Los ejercicios no presenciales DAO son los que el alumno tiene una semana para resolverlos de forma individual, Los tipos de ejercicios DAO no presenciales son iguales que los presenciales. Para la realización de estos ejercicios el alumno tiene que demostrar que ha entendido los conocimientos teóricos, aplicados y de ejecución para poder llevarlos a cabo. Al ser parecidos a los presenciales, estos ejercicios ayudan a practicar y consolidar el aprendizaje.

3.3.6 Proyecto de grupo

Durante 3 semanas del semestre los alumnos desarrollan un proyecto en grupo. Se trata del proyecto gráfico de un objeto real que ellos pueden escoger. Irán desarrollando el proyecto con el asesoramiento del profesor, que les guiará para su favorable consecución.

Este proyecto será presentado oralmente y visualmente en la última sesión del semestre, y tendrán que defender todas las cuestiones que se les planteen sobre el mismo.

En este proyecto (Fig. 5) los alumnos presentan distintos elementos: Memoria escrita con explicación del proyecto y planos gráficos, poster A3 [31] con la definición y las imágenes principales, presentación visual donde explicarán el proceso seguido y los resultados, y defensa oral del proyecto.



Figura 5. Ejemplo de proyecto realizado en ESEIAAT.
Fuente: Los autores.

3.3.7 Pruebas de croquis

Hay 2 pruebas de croquis durante la asignatura, una en cada parcial. La primera se desarrolla durante la semana 5 y la segunda se desarrolla en la 9. Esta prueba dura 1 hora, y consiste en representar 2 ejercicios a mano alzada, parecidos a los desarrollados en clase, a resolver individualmente.

3.3.8 Pruebas parciales

Al final de cada parcial hay la prueba parcial correspondiente. Se llevan a cabo durante la semana de exámenes y entregas. Son pruebas a desarrollar en SolidWorks que duran 2,5h. Se desarrolla un ejercicio que sintetiza los conocimientos aprendidos en cada parcial.

3.4 Rúbricas

Hay distintas rúbricas en los elementos de la asignatura, algunos son determinados y fijados por cada profesor y otros son consensuados por todos los profesores que la imparten.

3.4.1 Ejercicios de croquis

En todos los ejercicios de croquis, tanto presenciales como no presenciales, el profesor escoge la cantidad de ejercicios que evalúa de cada alumno, que acostumbra a ser 2 ejercicios. Estos se vuelven corregidos con las indicaciones de los errores y los criterios seguidos. Cada profesor estipula su propia rúbrica.

Los croquis siempre se ejecutan en una hoja, se corrigen y se devuelven al alumno. Habitualmente el profesor escoge cual ejercicio evalúa sin que lo sepa el alumno, debido a la gran cantidad de ejercicios entregados. De esta forma el alumno ha de trabajar y entregar todos los ejercicios.

3.4.2 Ejercicios DAO presenciales

Se sigue el mismo sistema que los croquis, el profesor escoge 2 ejercicios a evaluar, sin que el alumno sepa cuales son. Para devolver el ejercicio corregido al alumno, el profesor tiene 2 sistemas de respuesta. O imprime los planos del ejercicio corregido de cada alumno o envía un comentario con todas las correcciones al alumno.

3.4.3 Ejercicios DAO no presenciales

Se sigue el mismo sistema que los croquis y los ejercicios presenciales, el profesor escoge 2 ejercicios a evaluar. El alumno ha de entregar todos los ejercicios. Cada profesor estipula su propia rúbrica en cada ejercicio. Igual que antes, el profesor tiene 2 sistemas de respuesta.

Todos los ejercicios evaluados entre croquis, DAO presenciales y DAO no presenciales son un 5% de la nota final de la asignatura.

3.4.4 Pruebas de croquis

Como se ha dicho anteriormente, hay 2 pruebas de croquis, una en cada parcial. Cada una supone un 10% de la nota final de la asignatura. En el enunciado de la prueba suele haber la rúbrica consensuada entre todos los profesores de la asignatura. La segunda prueba de croquis, en el segundo parcial además funciona como prueba de reevaluación.

3.4.5 Pruebas parciales

En los enunciados de estas pruebas parciales aparecen las rúbricas y criterios de evaluación para que el alumno conozca los criterios puntuables [32]. Estas rúbricas especifican puntos repartidos por todo el proceso de ejecución del ejercicio. En los últimos puntos del ejercicio, se tiene en cuenta la pulcritud, el orden y las nomenclaturas adecuadas en el plano. Las 2 pruebas parciales funcionan de la misma manera, y con criterios muy parecidos. Cada prueba parcial se pondera con un 30% de la asignatura.

3.4.6 Proyecto de grupo

En el proyecto se evalúan diferentes partes, aunque cada profesor de la asignatura emite sus propias rúbricas. Las partes presentadas son las siguientes:

- Presentación oral y visual, donde se tiene en cuenta el trabajo en equipo, la claridad expositiva, la comunicación oral [33], y la defensa del proyecto con argumentos constructivos.
- Memoria gráfica, orden y una comunicación escrita depurada. La parte más significativa es la representación gráfica de los planos.
- Poster A3 teniendo en cuenta la composición visual, las imágenes adecuadas y la legibilidad del proyecto [34].

3.5 Evaluación y condicionantes

3.5.1 Condicionantes

Una evaluación tiene la condición sancionadora por copia fraudulenta tanto en trabajos como pruebas, se califica con un

suspense y valor de 0 en el ejercicio en cuestión. La repetición de una evaluación fraudulenta por uno o más alumnos implica el suspenso de la asignatura.

3.5.2 Evaluación superados los condicionantes

Las pruebas de croquis y pruebas parciales son consensuadas por todos los profesores de la asignatura en ESEIAAT. En cambio, las rúbricas de ejercicios de clase, croquización, presenciales o no presenciales son establecidas según el criterio de cada profesor. Los porcentajes ponderados de la asignatura son:

- 5%- Ejercicios de clase
- 10%- Primera prueba de croquis
- 30%- Prueba primer parcial
- 10%- Segunda prueba de croquis
- 30%- Prueba segundo parcial
- 15%- Proyecto de grupo

3.5.3 Recuperación de pruebas prácticas

Tal y como se ha comentado en el apartado sobre pruebas parciales, la segunda prueba de croquis en el segundo parcial, además funciona como prueba de reevaluación.

Si con todos los porcentajes ponderados, el alumno no supera la nota de 5, tendrá que repetir la asignatura, porque no habrá alcanzado las competencias de la misma. Se puede tener en cuenta la progresión favorable de un alumno, y comprobar que al final ha superado las competencias de la misma.

3.6 Recursos

Los recursos en el aula son parecidos a la EEBE. Los grupos de la asignatura son medianos (máximo 30 alumnos), porque se considera una asignatura instrumental y siempre en aula informática. Los ordenadores de las aulas informáticas disponen de acceso a internet y de sistema operativo Windows, así como el software de dibujo, SolidWorks.

Los alumnos dispondrán de una licencia de estudiante del programa SolidWorks, que se actualiza cada año, para poder trabajar en casa y desde su ordenador personal. Las aulas informáticas disponen de ordenador para profesor conectado a una pantalla de proyección de grandes dimensiones, así como de pizarra para acompañar las explicaciones del profesor. La asignatura tiene un espacio operativo en el campus virtual de la UPC ATENEA donde se estructura el contenido teórico y los entregables.

4. Análisis

Tal y como se ha visto el objetivo común de la asignatura de ingeniería gráfica es el mismo en EEBE que en ESEIAAT. En las dos escuelas de la UPC los alumnos que superan la asignatura consiguen unas mismas competencias genéricas (aprendizaje autónomo, trabajo en equipo y comunicación oral y escrita) y unas mismas competencias específicas (adquisición y mejora de la capacidad visual, y aprendizaje de las principales técnicas de comunicación gráfica). Pero para llegar a esta

misma meta, las dos experiencias docentes, aunque se basan en elementos comunes, no son siempre iguales.

Las dos escuelas fomentan el trabajo en grupo a partir del proyecto encargado. En el caso de la EEBE existe además un segundo grupo de trabajo para la preparación de la teoría.

En cuanto a elementos de grupo, se imparten clases de teoría aplicada y de teoría expositiva en ambos centros, aunque con diferentes calendarios. Tanto EEBE como ESEIAAT llevan a cabo ejercicios de croquización, como fomento de la capacidad visual espacial. De la misma manera hay ejercicios de DAO presenciales y no presenciales, y la entrega final del proyecto, con su defensa pertinente en ambos centros. Para fomentar la evaluación continuada hay varias pruebas parciales durante el curso, y en el caso de la ESEIAAT incluso unas pruebas grupales.

En ambas escuelas se usan las rúbricas para la corrección de ejercicios de DAO presenciales o no, croquis, pruebas parciales y el proyecto de grupo. En EEBE existen además rúbricas para resúmenes teóricos y pruebas de autoestudio.

La política de condicionantes y evaluación es parecida en ambos casos, orientada a favorecer el aprendizaje a través de una evaluación continuada e impedir las acciones irregulares que puedan conducir a la variación significativa la evaluación. En ambos casos existen diferentes tipos de pruebas prácticas de recuperación.

Los recursos usados en la asignatura son parecidos en EEBE y ESEIAAT, puesto que los grupos son de un máximo de 30 alumnos, siendo como es una asignatura instrumental, la docencia se imparte en ambos casos en aula informática, con acceso a internet y el mismo software de dibujo.

En la Tabla 1 puede verse las principales similitudes.

Tabla 1
Estructura de la asignatura por escuela.

	EEBE	ESEIAAT
Objetivos	Competencias transversales Competencias específicas	Competencias transversales Competencias específicas
Formación de grupos	Grupo base de teoría y Grupo de proyecto	Grupo de proyecto
Elementos del curso	Autoaprendizaje, Croquización, Ejercicios DAO presenciales y no presenciales, Proyecto de grupo, Pruebas Parciales individuales	Teoría expositiva y aplicada, Croquización, Ejercicios DAO presenciales y no presenciales, Proyecto de grupo, Pruebas Parciales individuales y de grupo
Rúbricas	Test autoestudio, DAO presenciales y no presenciales, Corrección y pruebas de croquis, Prueba Modelos y planos, Prueba Geometría y superficies, Proyecto Grupo (memoria + exposición	DAO presenciales y no presenciales sin rubricas, Corrección y pruebas de croquis, Primera prueba parcial, Segunda prueba parcial, Proyecto Grupo (memoria + exposición + poster)
Evaluación y Condición	Condicionado a nota mínima 3.5 en proyecto, Evaluación continuada, formativa y sumativa, Recuperación sin rúbrica	Condicionado a evaluación fraudulenta, Evaluación continuada, formativa y sumativa, Recuperación de pruebas prácticas
Recursos	Máximo 30 alumnos, Aula informática (acceso internet), Campus digital ATENEA	Máximo 30 alumnos, Aula informática (acceso internet), Campus digital ATENEA

Fuente: Los autores.

5. Conclusiones

Las metodologías docentes que el departamento EGE utiliza en las escuelas EEBE y ESEIAAT permiten a los estudiantes adquirir un nivel elevado de ingeniería gráfica si se tienen en cuenta el número de aprobados de la asignatura: en el presente curso un 82% en ESEIAAT y un 73% en EEBE, cuando el nivel de aprobados en el conjunto de asignaturas no llega al 70%. El trabajo continuado en clase y en casa mediante herramientas DAO y croquis, junto con el tipo de ejercicios y las clases de teoría expositiva y teoría aplicada permite a los alumnos tener suficientes recursos para poder superar de una manera brillante los objetivos de la asignatura.

Aparte de los datos estadísticos que demuestran que hay un porcentaje mayor de aprobados en la asignatura, se comprueba que el nivel que aportan los alumnos en asignaturas posteriores continuas es mayor, con una incidencia más positiva para enfrentarse a ellas, sobre todo en asignaturas de proyectos, representación o 3D. Aunque se ha podido ver pequeñas diferencias en la organización de la asignatura en EEBE respecto a ESEIAAT, la combinación de teoría y práctica, su evaluación mediante rúbricas públicas, y el tipo de proyecto a realizar, demuestran que la materia docente está coordinada entre las dos escuelas, y responde a lo que se espera de ellas por parte del departamento EGE.

Los conocimientos, habilidades y actitudes de las competencias se evalúan con las prácticas de aprendizaje.

Se persigue el reto que los alumnos adquieran competencias transversales, tales como la comunicación oral y visual, la defensa argumentativa, la planificación individual, el trabajo de equipo y su liderazgo organizativo. En cuanto a competencias específicas, estas se focalizan en la representación espacial, la resolución de problemas técnicos, aplicación de conocimientos de geometría 3D y aplicación adecuada del software.

La ingeniería gráfica puede convertirse en una fuente de nuevas oportunidades para el área del departamento EGE, siempre que se aproveche el potencial de las herramientas de que disponemos y para lo que se debe trabajar más allá del aula. Por ello es necesario una buena programación docente que tenga en cuenta los objetivos, el trabajo en grupo, los elementos del curso, las rúbricas, el tipo de evaluación que llevaremos a cabo junto con la existencia de condicionantes y recuperaciones, y los recursos que se destinan a la asignatura. Todas las competencias, habilidades y métodos impartidos pretenden conseguir proyectos de ingeniería de calidad y eficientes.

Referencias

- [1] ICE, L'avaluació en el marc de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EES), 2008, 40 P.
- [2] González, J. y Wagenaar, R., Una introducción a Tuning Educational Structures in Europe. La contribución de las universidades al proceso de Bolonia, Bilbao Publicaciones la Univ. Deusto, 2009.
- [3] Universitat Politècnica de Catalunya. Institut de Ciències de l'Educació, Aprenentatge autònom. [Online]. Available at: https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions_ice/guies-per-desenvolupar-les-competencies-generiques-en-el-disseny-de-titulacions/aprenentatge-autonom.

- [4] Roca, J., Reguant, M. y Canet, O., Aprendizaje basado en problemas, estudio de casos y metodología tradicional: una experiencia concreta en el grado en enfermería, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 168, pp. 163-170, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.07.029
- [5] López-Pastor, V.M., Evaluación formativa y compartida en la universidad: clarificación de conceptos y propuestas de intervención desde la Red Interuniversitaria de Evaluación Formativa, *Psychol. Soc. Educ.*, 4(c) pp. 117-130, 2012.
- [6] Heinze, A. and Procter, C., Reflections on the use of blended learning, *Educ. a Chang. Environ.*, September, pp. 1-12, 2004.
- [7] Farrerons, O. y Olmedo, N., *Las TIC y la ingeniería gráfica*, 1a ed. Barcelona, 2016. DOI: 10.3926/oms.306
- [8] Martínez-Martínez, M.C.A., El puzzle como actividad de evaluación en el aula en grupos numerosos, in CIDUI, 2010.
- [9] Aronson, M., Blaney, E., Stephin, N., Sikes, C. and Snapp, J., *The Jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA: Sage Publishing Company, 1978.
- [10] Morato-Moreno, M., Dos años de experiencia con la enseñanza reglada del dibujo asistido por ordenador, VII Congr. Univ. Innovación Educ. en las Enseñanzas Técnicas. Libr. Actas, II(2), pp. 1554-1564, 1999.
- [11] Torra-Bitlloch, I., Identificación, desarrollo y evaluación de competencias docentes en la aplicación de planes de formación dirigidos a profesorado universitario, 2010, 200 P.
- [12] Cano, E., Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación superior: ¿Uso o abuso?, *Profesorado. Rev. Currículum y Form. del Prof.*, 19(2), 2015.
- [13] López-Pastor, V.M., Best practices in academic assessment in higher education, *J. Technol. Sci. Educ.*, 1(2), pp. 25-39, 2011. DOI: 10.3926/jotse.20
- [14] Urraza G., y Ortega, J.M., Diseño de una experiencia de aprendizaje por proyectos en la asignatura de expresión gráfica y diseño asistido por ordenador mediante grupos cooperativos, *Rev. Form. e innovación Educ.*, 2, pp. 128-138, 2009.
- [15] Cadenato, A. y Martínez, M., *Criterios para prácticas de evaluación de calidad*, CIDUI. Barcelona, 2012.
- [16] Marco de cualificaciones del espacio europeo de educación superior. [Online]. Available at: <https://www.uco.es/ciencias/principal/ees/documentos/descriptoresublin.pdf>
- [17] Criterion 3. Program outcomes and assessment, accreditation board for engineering and technology. [Online]. Available at: <http://www.abet.org>.
- [18] QAA, Benchmark Statements, The quality assurance agency for higher education. [Online]. Available at: <http://www.qaa.ac.uk/academicinfrastructure/benchmark/statements/engineering06.asp>.
- [19] Seemann, K.W., Capacity for abstraction and the applied technology learner, ePublications@SCU. Southern Cross University. Lismore, Australia, 2004.
- [20] Vergara, D. y Rubio, M.P., Una innovadora metodología para ejercitar la capacidad de visión espacial de los estudiantes de ingeniería, *REDU Revista de Docencia Universitaria*, 1, pp. 329-347, 2013.
- [21] Gómez-González, S., *Solidworks práctico I. Pieza, ensamblaje y dibujo*, Marcombo Ediciones Técnicas, 2012, 17 P.
- [22] Abellán, M., *Plus design. Beautiful design for living*, Instituto Monsa de Ediciones, 2011.
- [23] Ching, F.D.K. y Jurosek, S.P., *Dibujo y proyecto*, Editorial Gustavo Gili, 2ª edición, Barcelona, 2016, pp 117-119.
- [24] Agarwal, M. y Cagan, J., On the use of shape grammars as expert systems for geometry-based engineering design, *AI EDAM*, 14(5), pp. 431-439, 2000.
- [25] Pu, J. y Ramani, K., On visual similarity based 2d drawing retrieval, *Computer-Aided Design*. 38(3), pp. 246-259, 2016.
- [26] Pepik, B., Stark, M. and Gehler, P., Teaching 3D geometry to deformable part models, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition- CVPR, Providence (USA), 2012. DOI: 10.1109/CVPR.2012.6248075
- [27] Mariño, G., *El dibujo espontáneo y la concepción del espacio en los adultos de los sectores populares. Proyecto Colciencias*, Ministerio de Educación Nacional Dimensión Educativa, Bogotá. 1993.
- [28] *Guía de aprendizaje: dibujo industrial II*, Universidad Politécnica de Madrid. Proceso de seguimiento de títulos oficiales, ANX-PR/CL/001-02, curso 2015-16.
- [29] Bargueño, E., *Dibuix tècnic 1*, Editorial Mc Graw-Hill, Colecció Batxillerat, 2006. pp 12-15
- [30] Garcia-Llamas, J.L. y Martínez-Mediano, C., El apoyo tutorial en la educación superior a distancia, *Bordón. Revista de Pedagogía*. 41(3), pp. 501-510, 1989.
- [31] Kerr, J., Eves, F.F. and Carrol, D., The influence of poster prompts on stair use: the effects of setting, poster size and content, *British Journal of Health Psychology*, 6(4), pp. 311-405, 2010. DOI: 10.1348/135910701169296
- [32] Simon, M. and Forgette-Giroux, R., A rubric for scoring postsecondary academic skills, *Practical Assessment, Research & Evaluation Journal*. 7(18), pp. 1-4, 2001.
- [33] Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P., *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education, 6ª edición, 2014, 234 P.
- [34] Garriga, I. y Martí, X., Los caminos de la innovación. Como abordar la fase creativa de un proyecto de innovación para el sector del ocio y las emociones. *Digitalent*, capítulo 5 en: *Conceptes i models d'innovació a 22@network*. Editorial UOC, Economía y Empresa, Barcelona, 2011, pp.33-35.

O. Farrerons-Vidal, recibió el título de Arquitecto en 1995, el título de Doctor en Ingeniería Multimedia en 2011, y el título de postgrado en Enseñanza Universitaria en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) en 2017, todos ellos de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. De 1989 a 2000 trabajó en despachos profesionales de arquitectura e ingeniería de obra civil. Se vinculó al Consorcio de la Escuela de Ingeniería de Barcelona de 1995 a 2000 en el departamento de proyectos, y a partir de esta fecha a la Universidad Politécnica de Catalunya como profesor TC en el departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Actualmente es subdirector de dicho departamento. Forma parte de los grupos de investigación “Ingeniería de Proyectos” (GIIP) y “Innovación en Sistemas para el Diseño y la Formación en la Ingeniería” (INSIDE), y del grupo de Evaluación de la Práctica Académica (GRAPA). Posee más de treinta años de experiencia profesional en diseño gráfico de ingeniería civil como colaborador en despachos profesionales de Barcelona. Ha llevado a cabo auditorías técnicas de proyectos de ingeniería. Sus ámbitos de colaboración profesional están referidos a ingeniería civil, urbanismo, sostenibilidad en ingeniería, accesibilidad, e investigación de aguas naturales. Miembro de la Mesa Territorial de Adaptación al Cambio Climático del Montseny (MeTACC) en el proyecto LIFE-CLINOMICS. ORCID: 0000-0002-2292-6184

A. Pujol-Ferran es doctora Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona-ETSAB de la Universidad Politécnica de Cataluña-UPC en 2006. Ingeniera Técnica Industrial por la Escuela Universitaria de Ingeniería Industrial de Barcelona-EUETIB de la UPC en 1993. Licenciada en Bellas Artes, en la especialidad de Diseño, en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Barcelona-UB en 1990. Con 27 años de experiencia docente, 20 de los cuales a nivel universitario, impartiendo asignaturas de Representación, Diseño y Metodología en diferentes escuelas de diseño y universidades. Actualmente es profesora asociada en la UPC, en la ESEIAAT donde imparte las asignaturas de Expresión Gráfica y Metodología de Proyectos. Participa en el Master Barcelona Design- MBDesign. Ha publicado diferentes artículos de divulgación del diseño, los estudios de ingeniería y de las mujeres ingenieras. Colabora habitualmente en las Aulas de Extensión Universitaria para gente mayor de la UB y en la Escuela de Nuevas Tecnologías Interactivas-ENTIDAD, centro adscrito a la Universidad de Barcelona-UB. Compagina la docencia con la carrera profesional en diseño e ingeniería, colaborando con constructoras y en diferentes proyectos de diseño de interiores, textiles y gráficos. Ha desarrollado tareas como consultora de formación, creando e impulsando nuevas formaciones de postgrado, con una fuerte relación Universidad-Empresa. Por su defensa en la Igualdad de género y con la voluntad de dar visibilidad a las mujeres científicas y técnicas, colabora con diferentes entidades como el Colegio de Ingenieros de Barcelona y el Observatorio Mujer, Empresa y Economía-ODEE de la Cámara de Comercio de Barcelona. ORCID: 0000-0003-2321-7619

Mejoramiento del proceso de diseño de prácticas de laboratorio de la facultad de ingeniería de Uniminuto

María José Rodríguez-Barrero

Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia. mjrodriguez@uniminuto.edu

Resumen—La Corporación Universitaria Minuto de Dios, buscando generar un proceso de gestión organizado, estandarizado y eficiente, ha realizado certificaciones de calidad y desarrollo de Sistemas de Gestión de la calidad encaminados a alinear sus procesos en todos los niveles a través de su mapa de procesos institucional, desde el cual todas las dependencias definen sus proyectos estratégicos. La Facultad de Ingeniería desarrolla sus macroprocesos dentro de dicho modelo y es en este desarrollo en donde se evidencia una relación tensionante [1] entre las actividades académicas y las administrativas, llegándose a percibir en instantes contraposiciones y conflictos que impiden la eficaz prestación de sus funciones sustantivas. Utilizando la metodología Ciclo de Mejora de Procesos (CMP) desarrollado por Berenguer y Ramos [2] se seleccionó el subproceso Diseño De Prácticas De Laboratorio para realizar una mejora que, además de optimizarlo le permita convertirse en una herramienta de gestión académica y administrativa de manera simultánea buscando aliviar dicha tensión entre ellas.

Palabras clave— procesos; lean; administración; práctica de laboratorio; gestión.

Recibido: 20 de abril de 2018. Revisado: 23 de julio de 2018. Aceptado: 6 de agosto de 2018.

Improvement of the laboratory practice design process of the uniminuto faculty of engineering

Abstract— Corporación Universitaria Minuto de Dios, routed to achieve an organize, standardized and efficient management process, realize Quality certification, develop Quality Management System routed to achieve an alignment in all their process in all levels through the Institutional process map, from where, all section development their own process and strategic projects. The Engineering Faculty, realize macro process inside this model and, in this development is where the stressful relationship between academic activities whit managerial, in moments cause troubles, conflicts that cut off the normal service in their substantive functions. Using the Cycle Process Improvement Business method (CMP) development by Berenguer and Ramos [2] the sub process “Laboratory practices design” was selected to improve to optimize it and convert it in a simultaneously academicals and administrative management tool that relieve the stressful relationship between them.

Keywords: Process planning, Management, Lean, Laboratory practices, Administration

1. Introducción

La Corporación Universitaria Minuto de Dios, es una entidad de educación superior que cuenta con presencia nacional y que en 2017 cumplió 25 años de servicio a la educación superior de calidad al alcance de todos [3]. A través

de sedes y regionales hace presencia en el país y a 2016 contaba con aproximadamente 160 mil estudiantes en sus modalidades presencial, virtual y a distancia. Dentro de las sedes con que cuenta el Sistema Uniminuto, se encuentra ubicada en Bogotá la Sede Principal que a su vez cuenta con 5 Facultades y 5 escuelas y centros con los que da servicio a alrededor de 10 mil estudiantes [4]. La Facultad de Ingeniería de la Sede Principal es la más grande de la misma, atiende a aproximadamente 5 mil estudiantes en modalidad presencial y cuenta para ello con unidades de coordinación y servicio entre las que se encuentran los Laboratorios especializados que como unidad transversal de la Facultad atienden las necesidades de práctica libre, práctica dirigida y proyectos de investigación surgidas en las áreas de conocimiento de sus 8 programas [5].

Se cuenta con 22 laboratorios para las áreas de Física, Química, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial, Redes de computadores, Agroecología, electrónica, informática, entre otros. Estos ambientes de aprendizaje son gestionados por la coordinación de laboratorios que se encarga de satisfacer las necesidades de los programas académicos y realizar la administración de dichos espacios [5].

La asignación de los laboratorios es producto de un proyecto estratégico de la Facultad a 2019 que pretende dotar a la misma de todos los ambientes necesarios para garantizar el correcto desarrollo del modelo pedagógico de la Institución, que basa en la praxis el desarrollo del conocimiento del futuro profesional de Ingeniería de Uniminuto.

La coordinación de laboratorios presta servicio a los 8 programas de la Facultad, esto incluye organizar la programación del uso de los espacios, realizar las compras de insumos y equipos necesarios para el desarrollo de los servicios, proyectar las fases siguientes de construcción de ambientes de aprendizaje, contratar y administrar la gestión de los laboratoristas, realizar mantenimiento a los espacios y a los equipos y en general garantizar que se puedan realizar todos los tipos de practica necesarios determinados por los programas académicos. Esta labor no puede realizarse de manera independiente a los requerimientos o procesos académicos de diseño de las prácticas de laboratorio ya que se estarían realizando esfuerzos y procesos sin articulación con los grupos

Como citar este artículo: Rodríguez-Barrero, M.J., Mejoramiento del proceso de diseño de prácticas de laboratorio de la Facultad de Ingeniería de Uniminuto. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 18-29, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

de interés y el cliente final. Por ello es necesario encontrar un elemento que permita el link entre la academia y la gestión administrativa de los laboratorios y facilite la administración de los mismos sin dejar de lado la rigurosidad académica.

Cuando se trata de encajar el desarrollo de las actividades de una institución de educación superior dentro de los estándares de análisis y clasificación de organizaciones, es común definir que son empresas de servicios, lo cual no dista de la realidad. Ante la creciente masa de usuarios que desean ampliar sus fronteras y aprender, la Universidad se ha visto abocada a organizar sus procesos en Sistemas de Gestión y dinamizar sus prácticas administrativas en busca de responder a las necesidades apremiantes de sus grupos de interés. Esto presenta un panorama complejo a la hora de “governar” una institución de educación superior, actividades difíciles de estandarizar (Docencia, Investigación y proyección social), no se busca maximizar las ganancias sino los resultados intangibles en cuanto al conocimiento, pero se debe responder a estándares gubernamentales nacionales e internacionales y se suma que las unidades académicas que les constituyen trabajan de manera casi independiente, dada la alta relevancia académica y calificación de sus miembros. [6]

Dentro de dicha dinámica, es aceptable que las universidades apuesten al uso de modelos de análisis de problemas, mejoramiento, los cuales, bajo esquemas de aseguramiento de la calidad, han sido ampliamente utilizados y probados en empresas de manufactura, en donde los procesos de análisis y medición son más tangibles y por tanto controlables y han generado textos y literatura disponible para su desarrollo y como base de estudios y proyectos. En el campo de los servicios este proceso ha sido más complejo, dado que, en este tipo de organizaciones, los momentos de la verdad siempre se dan en presencia del cliente, los indicadores de mejora son intangibles en muchos casos y la evidencia de la misma también; y si se habla de empresas de servicios, se incluye a las empresas de Educación entre ellas, en donde, el carácter académico, disciplinar y formativo puede hasta entrar en desacuerdo en catalogarlas como una empresa [7]. Dado el carácter evolutivo y dinámico de la sociedad actual, potenciado en la disponibilidad inmediata de la información para cualquier persona, ha llevado a las Universidades a responder a esta dinámica de una forma cada vez más eficiente y eficaz, lo que, sumado a las regulaciones de los entes gubernamentales, obliga a que se piensen como una organización orientada al servicio y orienten todo su quehacer académico – administrativo al cumplimiento de normas, regulaciones y al obligado diseño de sistemas de gestión, modelos de gestión organizacional y demás elementos de planeación estratégica antes no tan relevantes en su quehacer científico.

Es así que Uniminuto, dentro de dicho esquema, ha orientado todo su quehacer académico administrativo y ha definido un Mapa Institucional de procesos [4] y a través del Sistema de gestión de Calidad ha buscado estrategias que le permitan garantizar calidad, rigurosidad académica y satisfacción de necesidades a sus grupos de interés, todo dentro de una dinámica social incluyente y cambiante del entorno inmediato.

Dentro del análisis y mejoramiento de procesos, se ha

evidenciado una tensión entre los procesos académicos y los procesos administrativos en las universidades en general [1] lo que hace aún más complejo el desarrollo de proyectos que busquen la mejora de procesos, y más si estos son procesos académicos; hay antecedentes de trabajos realizados, utilizando la metodología CMP, en la Universidad Cooperativa de Colombia [8] en donde se aplicó el modelo con el fin de reducir tiempo, desplazamientos y acumulación de tareas en el proceso de Obtención de paz y salvo para grados y en donde la metodología redundó en el uso de una plataforma de software y otras tecnologías en dicha mejora; en 2009 se presentó en el 7° LACCEI (Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology) un estudio conceptual de la Gestión de la Mejora de la Calidad en Instituciones de Educación Superior, en donde se evidencia que en el contexto de las universidades, se ha investigado poco o se ha analizado poco en la medición de factores internos de calidad percibida debido posiblemente a la falta de una estructura conceptual aplicable a la gestión de la calidad en la educación. Este hecho se evidencia también en el desarrollo de modelos de gestión aplicables a una Institución de educación Superior, en donde se han planteado modelos de gestión generales que deben adaptarse a la medida de la Institución que lo desarrolle ya que cada estructura universitaria es diferente y maneja dinámicas sociales distintas, se planteó un posible modelo en 2008, en el proyecto “Un modelo de gestión para procesos académico – administrativos para instituciones de educación superior” [9] en donde se establecen las relaciones entre los factores relevantes de la gestión universitaria y se evidencia la necesidad de desarrollar aplicaciones multinivel en entornos web que faciliten el proceso gestor y se confirma la alta complejidad a la hora de generar modelos de gestión para instituciones universitarias, lo que sirvió como base para el presente proyecto que pretende la mejora de la gestión pero en aspectos más específicos y medibles. Se ha incursionado en el análisis de la gestión por procesos, entendiéndose la gestión por procesos como una forma diferente de la clásica funcional que permite organizar los esfuerzos y la utilización de los recursos para lograr la satisfacción balanceada de todos los entes vinculados a cada uno de los procesos que definen al sistema organizacional; aplicando dicho concepto a una Institución Universitaria, se estudió su aplicación para el desarrollo de un Modelo de gestión por procesos para la comunicación organizacional como recurso intangible en instituciones de educación superior en las coordinaciones académicas de la Universidad de Guyana en donde se estudia bajo el concepto de gestión por procesos un intangible de la Institución como lo son sus procesos de comunicación, así se lograron analizar los aspectos de clientes internos y externos del proceso y la necesidad del mismo y así generar un mapa del proceso que se convierte en la base de análisis para su mejora, con lo que se evidencia que es posible realizar una gestión por procesos en organizaciones de servicios y entre ellas las Instituciones de educación superior.

Se realiza un análisis de los procesos u subprocesos de la Facultad de Ingeniería y utilizando el método CMPTM para resolución de problemas, el proceso de diseño de prácticas de laboratorio actual se somete a un análisis de agregación de valor y se determinan las ineficiencias en cuanto al proceso como tal y a su relación con la gestión, de donde se definen las necesidades de mejora y se plantea un proceso mejorado en una

primera versión que ahora debe implementarse para evaluar que satisfaga el objetivo previsto.

La solución adoptada parte de la aplicación del Ciclo de Mejora de Procesos de Negocio (CMP) [2] sobre el proceso de diseño de prácticas de laboratorio basado en un enfoque de procesos en la Facultad, que responde con ellos al mapa de procesos de la Institución y se cruza con los proyectos estratégicos de la Facultad para lograr optimizar el servicio que se ofrece a sus grupos de interés.

El proceso mejorado busca aprovechar un recurso hasta ahora netamente académico en un proceso de gestión administrativa, con el fin que esta última responda cabalmente a las necesidades de los grupos de interés y le permita proyectarse y mejorar su servicio. Dicho proceso se analiza y se incluye al mismo un módulo de planeación, que cruzado con la información de registro de los laboratorios permite, a partir de datos básicos del grupo de diseño, generar datos y estrategias de distribución de franjas, compra de insumos, compra y mantenimiento de equipos, alistamiento y diseño de nuevos ambientes, el módulo académico, que es de completa potestad del programa y área específica, es mejorado en cuanto a que se disminuyen las actividades que no agregan valor, pero la

esencia académica no es objeto de análisis o mejora por ser tan específica de cada una de las áreas.

2. Situación de partida

La Facultad de Ingeniería de Uniminuto desarrolla todos sus procesos bajo los lineamientos generales del Mapa de procesos de la Institución que se observa en la Fig. 1 y el Sistema de Gestión de calidad y dada su concepción y su especificidad en el área de la Ingeniería, maneja procesos y subprocesos que permiten su desarrollo de manera eficaz y eficiente dando respuesta a la necesidad de los distintos grupos de interés [10].

Por ello, el primer paso del proyecto se dirigió a la identificación de todos los procesos de la Facultad y posteriormente determinar la relación que dichos procesos tenían tanto con el mapa de procesos de la institución como con los planes estratégicos de la Facultad para el periodo 2013 a 2019. Esto permite que los procesos que se seleccionen para ser mejorados respondan a los lineamientos estratégicos de la Institución y armonicen con los procesos institucionales y de calidad.

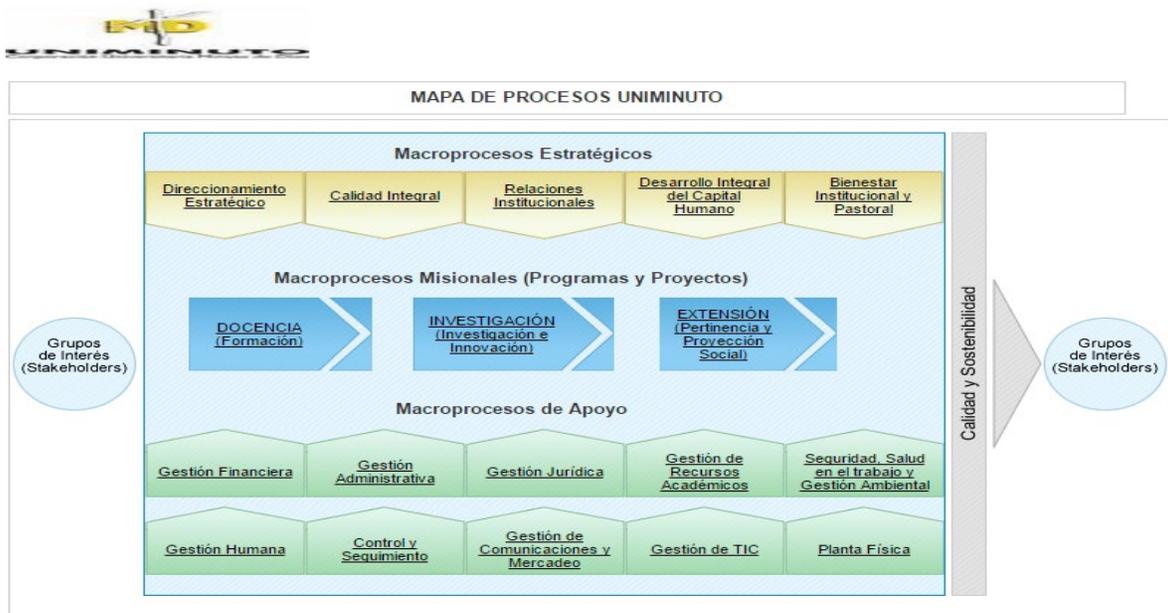


Figura 1. Mapa de procesos UNIMINUTO.

Fuente: Recuperado de. (UNIMINUTO, 2015, <http://isolucion.uniminuto.edu/isolucion/FrameSetGeneral.asp?Pagina=SucursalSeleccion.asp&CargaPagina=ModuloProcesos&IdModulo=3>)

Una vez se desarrolló dicha actividad, se permitió filtrar y depurar los procesos candidatos a mejora, los cuales fueron evaluados con una matriz relevancia – robustez, que finalmente identificó el proceso que se va a mejorar. Es importante resaltar que la Facultad se encuentra en la tarea de armonizar las actividades académicas con las administrativas y de gestión, con el fin de que unas y otras se conviertan en instrumentos de mejoramiento y desarrollo armonioso de los procesos de la Facultad en bien de sus *stakeholders*, el mejoramiento de los mismos y la posibilidad de generar nuevos servicios y ofertas

respondiendo a las necesidades del entorno.

El proceso actual es eminentemente académico y se resalta que no se pretende cuestionar o modificar el área netamente académica del diseño de prácticas de laboratorio, sino que se busca que dicho diseño además de satisfacer todos los criterios pedagógicos y académicos se convierta en un elemento clave en la gestión adecuada de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería y permita realizar programación, proyección y diseño de los espacios actuales y los futuros.

2.1 Facultad de ingeniería

La Facultad de Ingeniería de Uniminuto fue creada mediante el acuerdo No. 004 del 18 de septiembre de 1990 del Consejo Superior de la Entidad, en 1993 inicia operaciones su programa de Ingeniería Civil que es la base de la obra social del Padre Rafael Garciaherreros, en 1998 se crea una Facultad de Informática y Telecomunicaciones que en 2004 se fusiona a la Facultad de Ingeniería a través del Departamento de Informática y tecnología (DIE), en 1993 se crea como departamento adscrito el Departamento de Ciencias Básicas y su desarrollo de proyectos sociales se inicia con el Cenvis que fue creado en 1999 y que hoy se adscribe al programa de Ingeniería Civil.

A 2016, la Facultad ofrece cuatro programas académicos de pregrado en el área de la ingeniería a saber, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Agroecológica y cuatro programas de formación tecnológica, Tecnología en Informática, Tecnología en Electrónica, Tecnología en gestión de seguridad en redes de computadores y Tecnología en logística empresarial [5].

Para la adecuada entrega de estos servicios, la Facultad de Ingeniería se tiene una organización que es presidida por El Decano, quien cuenta con un equipo de coordinaciones que prestan servicios a los programas académicos (8), Departamentos (2) y a la Escuela de Ingeniería Social, estas coordinaciones pretenden ser un soporte y consolidador de la gestión en cada una de las áreas que a su vez sea la vía oficial de comunicación entre la Facultad y la Sede principal. Las coordinaciones son: Secretaría Académica para todo lo pertinente a la gestión académica y atención al estudiante, dicha secretaria cuenta con un equipo de asistentes y recepcionistas que se encargan de la gestión de solicitudes y procesos académicos de estudiantes; la coordinación de calidad, encargada de apoyar el desarrollo de autoevaluaciones, registros calificados, acreditaciones de alta calidad y creación de programas y soporte a la Decanatura en este tema; la coordinación de laboratorios, que se encarga de la gestión administrativa de los 22 laboratorios de la Facultad, el manejo de laboratoristas y desarrollo de proyectos de aumento y mejora de los ambientes físicos de aprendizaje de la Facultad; Coordinación de prácticas profesionales que se encarga de consolidar todo lo relacionado al desarrollo de las prácticas profesionales de los estudiantes de la Facultad; la coordinación de eventos que apoya el desarrollo de los eventos académicos de los programas de la Facultad. A este equipo se suman el profesional de medios encargado del manejo de medios e información de la Facultad y el apoyo a los eventos, el profesional de desarrollo humano que coordina el programa MAIE (Modelo de atención integral al estudiante) y que con un equipo de apoyo se encarga del seguimiento y apoyo a los estudiantes de la Facultad y se cuenta con las asistentes administrativas que son el conducto con la Dirección administrativa y Financiera de la Sede y apoyan a la Decanatura en procesos administrativos.

2.2 Modelo ciclo de mejora de procesos de negocio (CMP) Berenguer y Ramos (2004)

El modelo CMP, basado en el DMAIC de Six Sigma (Siyiv, Penn, 2008), fue desarrollado por Berenguer y Ramos [2] en la Universidad de Navarra y pretende a través de 8 fases cíclicas

realizar un análisis y mejora de procesos en una organización, dicho modelo ha sido aplicado y probado en numerosas organizaciones y responde a las necesidades del proyecto actual en la medida en que se enmarca en los principales marcos de calidad utilizados en organizaciones alrededor del mundo. En la Fig. 2 se pueden observar las 8 fases de dicho modelo, diferenciando las fases alcanzadas en el proyecto y las que deben ser realizadas en una fase posterior.



Figura 2. Adaptación del Modelo CMP™ de mejora de procesos. Fuente: Elaboración del autor

3. Fase 1 y 2 sensibilización e identificación del proceso a mejorar

La Facultad de Ingeniería basa su gestión en las directrices del Sistema Uniminuto, que a su vez cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad y está certificada en la norma ISO 9001:2008 y todos sus procesos están definidos en su mapa de procesos de alto nivel, el cual define y normaliza los macroprocesos estratégicos, misionales y de apoyo en busca de la satisfacción de necesidades de todos sus grupos de interés. Dicha labor la realiza a través de 10 unidades que realizan 49 procesos que se dividen a su vez en 112 subprocesos, de los cuales 36 son de apoyo, 35 son estratégicos y 41 son misionales [12]. De acuerdo con lo revisado con la Institución, es importante revisar y mejorar los procesos misionales, ya que son la razón de ser de la Facultad y responden a las funciones sustantivas de la educación. Dentro de los procesos misionales, la Facultad desea mejorar aquellos que impliquen una relación entre procesos administrativos y académicos y que permitan mejorar la relación e interacción entre estas dos áreas y hacer más eficiente la prestación del servicio, además, los procesos a mejorar deben contribuir a realizar avances dentro del plan estratégico de la Facultad de Ingeniería cuyos proyectos principales a 2019 son [5]:

- AMBIENTES DE APRENDIZAJE, que implica, diagnóstico de lo existente, diseño de plan de laboratorios a 2019 y ejecución de las fases programadas [10]
- ESCUELA DE INGENIERÍA SOCIAL, documento de diseño y creación de la Escuela, definición de líneas de trabajo, documentación y soporte y ejecución y seguimiento de proyectos de innovación social
- OFERTAS DE PREGRADO Y POSGRADO, realizar todo el proceso para aprobación e inicio de ofertas de Maestrías y especializaciones y desarrollar el análisis de la oferta existente para ajustarla a las necesidades del mercado
- MODELO DE GESTIÓN DE LA FACULTAD, análisis y mejoramiento del modelo de gestión académica y administrativa de la Facultad bajo los lineamientos

institucionales y en busca de la mejora continua

En la Tabla 1 se pueden observar los procesos y subprocesos de la Facultad que corresponden a los macroprocesos misionales de la Institución, lo que permite un primer filtro de selección. Al cruzar dichos macroproyectos estratégicos de Facultad con los procesos y subprocesos misionales identificados, se puede obtener una lista de los procesos candidatos a mejorar más depurada, esta lista se observa en la Tabla 2.

Los procesos relacionados con oferta de pregrado y posgrado son procesos que realiza la Facultad pero que están definidos por un área externa a la misma que es la Vicerrectoría Académica de la Institución y mediados por el Sistema de Gestión de Calidad, con lo que cualquier cambio de los mismos implica el no cumplimiento de parámetros externos y la aparición de no conformidades de los procesos ISO, por lo que se descartan de los procesos a mejorar. En cuanto a los procesos relacionados con la Escuela de Ingeniería Social se define que es una dependencia y un proceso muy nuevo para la Facultad y que se encuentra en proceso de diseño y desarrollo por lo que debería esperarse un lapso de tiempo más largo para evaluar su desempeño, así que se define que no entraran en los procesos candidatos a mejorar en esta práctica, con lo que quedan como candidatos de mejora los procesos de la Tabla 3.

Una vez identificados los procesos de la Facultad de Ingeniería se presenta a la Facultad a través del Consejo de Facultad el mapa de procesos y el listado de procesos identificados en la Facultad cruzados con los macroprocesos del mapa de procesos de la Universidad y los proyectos estratégicos de mejora de la Facultad en donde se depuran los procesos candidatos a mejora y se definen los criterios de relevancia y robustez para su selección, dichos criterios se discuten, se valoran y se realiza la selección a través de la matriz de la Fig. 3.

Tabla 1. Identificación de procesos misionales Facultad de Ingeniería Uniminuto.

Área Encargada	Macroproceso Institucional	Proceso Facultad	Sub Proceso Facultad
Decanatura	Investigación	Aprobación y seguimiento de grupos y misiones	Grupos de Investigación y misiones académicas
Programas Académicos	Docencia – Investigación	Diseño y validación de planes de estudios	Diseño de rutas sugeridas
			Diseño de material pedagógico
Programas Académicos	Docencia – Investigación	Atención a estudiantes	Diseño de micurriculos
			Diseño de prácticas de laboratorio
Programas académicos	Docencia (formación)	Docentes	Diseño de ambientes de aprendizaje
			Desarrollo de clases y seguimiento
Programas Académicos	Investigación	Comité de Investigación	Atención a solicitudes
			Seguimiento de casos
Secretaría	Docencia – Acompañamiento y	Acompañamiento y	Definición de perfil de docente
			Estudio de propuestas de proyectos y semilleros
Programas Académicos	Investigación	Comité de Investigación	Asignación horas y seguimiento a proyectos y semilleros
			Comunicación de resultados
Secretaría	Docencia – Acompañamiento y	Acompañamiento y	Apoyo a coordinación

Académica	Calidad Integral	asesoría académica a programas	de calidad Apoyo a programas académicos
Coord. Laboratorios	Docencia – Gestión recursos académicos	Planificación	Proyecto de uso de ambientes de aprendizaje
Coord. Laboratorios	Extensión	Servicios externos	Portafolio de servicios a externos
Escuela de Ingeniería Social	Extensión	Ecosistema Inteligente Componente ambiental Proyectos de Impacto social Proyectos externos	Seguimiento – difusión – portafolios – Licitaciones
Coord. Prácticas	Extensión	Incorporación Asignaturas Practicas Seguimiento practicantes	Inscripción Seguimiento visitas Talleres – Informes
Coord. Investigación	Investigación	Revista Inventum Grupos Investigación Semilleros Investigación Proyectos investigación	Consultoría – Gestión de pares – Edición Consolidación – Convocatorias Eventos Seguimiento e informes

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 2. Identificación de procesos misionales que fortalecen los proyectos estratégicos de la Facultad de Ingeniería.

Área Encargada	Macroproceso o Institucional	Proyecto estratégico Facultad	Proceso Facultad	Sub proceso Facultad
Decanatura	Investigación	Oferta de pregrado y posgrado	Aprobación y seguimiento de grupos y misiones	Grupos de Investigación y misiones académicas
			Diseño y validación de planes de estudio	Diseño de rutas sugeridas
Programas académicos	Docencia – Investigación	Ambientes de aprendizaje	Atención a estudiantes	Diseño de material pedagógico
			Docentes	Diseño de micro currículos
Secretaría académica	Docencia – Calidad Integral	Oferta de pregrado y posgrado	Acompañamiento y asesoría académica a programas	Diseño de prácticas de laboratorio
			Modelo de gestión de la Facultad	Diseño de ambientes de aprendizaje
Coord. Laboratorios	Docencia – Gestión recursos académicos – Extensión	Ambientes de aprendizaje – Modelo de gestión de la Facultad	Planificación	Proyección de ambientes de aprendizaje
			Servicios Externos	Portafolio servicios externos
Escuela de Ingeniería Social	Extensión	Escuela de Ingeniería Social	Ecosistema Inteligente Componente ambiental Proyectos de Impacto Social Proyectos externos	Seguimiento y difusión Licitaciones Asesoría y Consultoría Convenios

Fuente: Elaboración del autor

Para seleccionar el proceso a mejorar se utiliza la matriz relevancia – robustez en donde se entiende por relevancia la característica, del proceso que esté alineado con la estrategia de la organización lo que podemos evidenciar en la Tabla 3 a través del relacionamiento de los procesos y subprocesos con los proyectos estratégicos de la Facultad de Ingeniería y robustez como medida del desempeño de cada uno de los procesos. Se establecen los siguientes criterios de relevancia y robustez (Tablas 4 y 5)

Una vez definidos los criterios y realizadas las consultas a los implicados en los procesos, se procede a calificar a cada uno de ellos obteniendo los resultados presentados en la Tabla 6 y que se visualizan en la matriz Relevancia robustez presentada en la Fig. 3.

De acuerdo con el análisis relevancia – robustez, los procesos P1 – Diseño de material pedagógico y P2 – Diseño de prácticas de laboratorio se encuentran en el cuadrante Q1, lo que indica que son procesos prioritarios que exigen una mejora inmediata, siendo el proceso P2 el de mayor relevancia y menor robustez con lo que es el proceso seleccionado para ser mejorado a través de la metodología del ciclo de mejora de procesos de negocios – extensión Lean (CMP – Lean).

Tabla 3. Procesos candidatos a mejora Facultad de Ingeniería.

No.	Proceso Facultad	Subproceso Facultad	Proyecto estratégico Facultad
P1	Diseño y validación de planes de estudios	Diseño de material pedagógico	Ambientes de aprendizaje
P2	Diseño y validación de planes de estudio	Diseño de prácticas de laboratorio	Ambientes de aprendizaje
P3	Diseño y validación de planes de estudio	Diseño de ambientes de aprendizaje	Ambientes de aprendizaje
P4	Atención a estudiantes	Atención a solicitudes	Modelo de gestión de la Facultad
P5	Atención a estudiantes	Seguimiento de casos	Modelo de gestión de la Facultad
P6	Planificación	Proyección de uso de ambientes de aprendizaje	Ambientes de aprendizaje – Modelo de gestión de la Facultad
P7	Servicios Externos	Portafolio de Servicios externos	Ambientes de aprendizaje – Modelo de gestión de la Facultad

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 4. Criterios de relevancia para calificar los procesos

	Criterio de RELEVANCIA	Peso
CR1	Alineación del proceso con los proyectos estratégicos de la Facultad	20
CR2	Alineación del proceso con las necesidades de los Programas académicos	25
CR3	Alineación del proceso con las necesidades de los estudiantes	30
CR4	Numero de momentos de la Verdad	25

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 5. Criterios de Robustez para calificar los procesos.

	Criterio de ROBUSTEZ	Peso
CRB1	Eficiencia del proyecto en cuanto a tiempo de ciclo	25
CRB2	Eficiencia en consumo de costes	25
CRB3	Extensión de resultados a otros procesos	15
CRB4	Factibilidad en 6 meses	15
CRB5	Alineación con el presupuesto	20

Fuente: Elaboración del autor

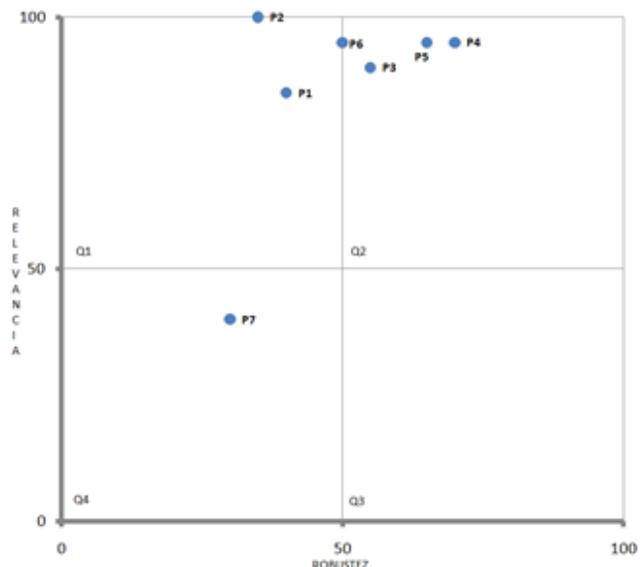


Figura 3. Matriz Relevancia Robustez de los procesos candidatos a mejora de la Facultad de Ingeniería.

Fuente: Elaboración del autor

4. Fase 3 y 4 planificación y análisis del proceso a mejorar

Dentro de los procesos que la Facultad realiza, se encuentra el de diseño de prácticas de laboratorio, en este momento el proceso no se conecta con la coordinación de laboratorios y se diseñan practicas sin conocer los equipos e insumos de los laboratorios y/o se compran equipos sin estar definidos en prácticas específico; además, en este momento no es posible realizar un diagrama semestral de uso de laboratorios en prácticas de curso y así determinar horas de uso en prácticas específicas y en práctica libre; por ello es necesario realizar una mejora al proceso para que aunque es un proceso académico permita una mejor planeación y definición de compras y uso de laboratorio y de esta manera optimizar y hacer más eficiente el uso de estos espacios.

En los procesos de autoevaluación realizados por los programas académicos que hacen parte de la Facultad de Ingeniería en años previos, se definió como un elemento a mejorar la infraestructura de laboratorios para desarrollo de prácticas que en ese momento eran insuficientes, de acuerdo con dicha evaluación se elaboraron planes estratégicos de Facultad 2013 – 2016 y 2016 – 2019 en donde se plantea el diagnostico de laboratorios existentes y el diseño y construcción de nuevos ambientes. En el desarrollo de dicho plan se han construido y dotado al día de hoy 22 laboratorios que se

encuentran ubicados en el edificio del Parque de Innovación Social de la sede calle 90 de UNIMINUTO. Estos laboratorios llevan aproximadamente un año de uso y se ha evidenciado que el uso que se les ha dado no es el máximo planeado y que hace falta un proceso integrado con la parte académica para las compras y el diseño de posteriores fases del mismo [14].

En este momento las compras de insumos se hacen basadas en las solicitudes de los programas académicos pero no tienen un soporte claro en algún documento académico, además, las necesidades de inversión en máquinas y herramientas no se basan en prácticas ya diseñadas, lo que no garantiza su uso intensivo una vez adquiridas; por otro lado, el uso que en este momento se está dando a los laboratorios se percibe bajo comparado con las necesidades que se planteaban en las autoevaluaciones (el indicador definitivo que lo prueba está en construcción) por lo que es necesario establecer un cronograma de uso en prácticas dirigidas y de esta manera poder determinar franjas de uso libre y en proyectos de investigación.

De acuerdo con el diagrama AS IS (Fig. 4) del proceso en el que se evidencian los involucrados en el mismo y sus interacciones, se puede observar que la interacción entre programas académicos y la coordinación de laboratorios se limita a entregas de documentos, pero no hay intercambio de información, experiencias y necesidades; además de que es un proceso que no involucra la parte de planeación y gestión de los laboratorios la cual puede hacerse más eficiente con un proceso mejorado.

A partir de la identificación de las actividades del mapa AS – IS, se ha realizado el análisis de la agregación de valor de cada una de ellas, comparándola con el criterio de añadir valor al cliente y de aportar a la gestión eficiente de los laboratorios, en este tipo de actividades la medición de tiempos es muy relativa ya que cada programa académico determina la cantidad de horas semanales para dicha actividad y los meses dedicados a la misma, por lo que no hay un estándar claro de tiempos no se han realizado mediciones de los mismos.

El cliente final son los estudiantes que realizaran las prácticas de laboratorios y los clientes internos son el programa académico y la Coordinación de laboratorios, de tal manera que la revisión y calificación de cada actividad se realizó teniendo en cuenta el valor agregado para ellos, discriminando si se agrega valor al cliente, al proceso o a ninguno de ellos.

El análisis AVA demuestra que, de 19 tareas, 7 agregan valor al cliente final (37%) mientras que las que no agregan valor o son de soporte representan el 63% lo que indica que este proceso debe ser mejorado. Ahora, con respecto al aporte que el diseño de la práctica hace a la gestión eficiente de los laboratorios específicamente en las tareas de planeación de horarios y franjas de desarrollo de prácticas dirigidas, prácticas libres e investigación, alistamiento de laboratorios, compra y gestión de insumos y herramientas, compra de equipos, asignación de laboratoristas y proyección de inversiones de nuevos laboratorios; aunque se tienen actividades de soporte y gestión, ninguna de ellas aporta específicamente en la gestión, lo cual es el objeto de la mejora de este proceso. En general, el análisis AVA presenta de manifiesta la necesidad de mejora del proceso en retos que le permitan convertirse, sin perder su carácter académico, en un instrumento de soporte a la gestión

de los laboratorios a través de la incorporación de un módulo de planeación que brinde las herramientas, información y soportes necesarios a la Coordinación de laboratorios para definir los elementos antes citados y realizar una gestión óptima de los recursos que se le asignan y brindar un servicio de alta calidad al cliente final.

Tabla 6.
Análisis AVA del proceso AS – IS.

Tarea	Nombre Recurso – Acción - Objeto	Tipo de actividad*
1	El programa académico define la necesidad de diseñar una práctica	V
2	El programa académico solicita al área la práctica de laboratorio	G
3	El líder de área verifica si existe la práctica	S
3.1	La práctica no existe – el líder de área selecciona docente responsable del diseño	G
3.1.1	El docente recibe la solicitud	C
3.1.3	El docente realiza la revisión bibliográfica	V
3.1.4	El docente realiza la definición de objetivos de la práctica	V
3.1.5	El docente realiza la definición de la metodología de la práctica	V
3.1.6	El docente define los materiales y procesos a realizar dentro de la práctica	V
3.1.7	El docente proyecta los entregables de la práctica	V
3.1.8	El docente organiza el documento final	G
3.1.9	El docente envía el documento al programa académico para revisión	G
3.1.10	El programa académico revisa el documento	S
3.1.11	El programa envía el documento revisado y aprobado a la Coordinación de laboratorios	C
3.1.12	La Coordinación de laboratorios recibe el documento y lo almacena en sus sistemas de información	C
3.1.13	La práctica diseñada se implementa en el desarrollo de los laboratorios	V
3.2	La práctica si existe – el líder de área envía el documento al programa académico	C
3.2.1	El documento está conforme – el programa académico vuelve al paso 3.1.11	C
3.2.2	El documento no está conforme – el programa académico vuelve al paso 2	G

Fuente: Elaboración del autor

A partir del análisis de valor agregado realizado al proceso AS IS, se puede llegar a dos conclusiones importantes:

- El proceso de diseño de prácticas de laboratorio actual es eminentemente académico y cuenta con actividades que no le agregan valor al cliente final o al proceso y por ende retrasan su uso y aplicación
- El proceso no da soporte ni apoyo a la actividad de gestión del laboratorio necesario para el desarrollo de la práctica diseñada, entendiéndose como gestión todas aquellas

actividades que llevan a la prestación de cualquiera de sus tres modalidades de servicio de manera eficiente y el desarrollo de las actividades de administración y planeación sobre una base fiable de datos que permitan un uso adecuado y eficiente del presupuesto asignado a dichos ambientes; además, no hay un proceso de comunicación eficiente entre el Programa académico y la coordinación de laboratorios con lo que el valor agregado del proceso en cuanto a la gestión de los laboratorios no se evidencia.

El proceso mejorado debe tener como objeto, respetando los elementos académicos, introducir los elementos necesarios a través de un módulo de planeación que sirvan de soporte a la Coordinación de laboratorios para realizar la gestión de todos los aspectos administrativos necesarios para llevar las prácticas a cabo y de esta manera satisfacer y dar valor al cliente final

(estudiantes), para evidenciar dicho objeto, se definen los Factores críticos de éxito (FCE's) y los Indicadores claves de desempeño (IDC's) [8] presentados en la Tabla 7 que permitirá evaluar el avance del proceso mejorado y construir un sistema estable de medida del desempeño del mismo.

Para poder evidenciar la mejora del proceso, es necesario determinar la forma de controlar las salidas necesarias del mismo, en este caso, lo que se necesita del proceso de Diseño de la práctica es que sus salidas permitan hacer más eficiente la gestión del laboratorio, por ello es necesario que los productos que el proceso primario (Diseño de la práctica) sean útiles para que el proceso subsiguiente (Gestión del laboratorio) sea eficaz. Teniendo en cuenta estas premisas, se presenta en la Tabla 7 el análisis de salidas del proceso con su respectivo estándar.

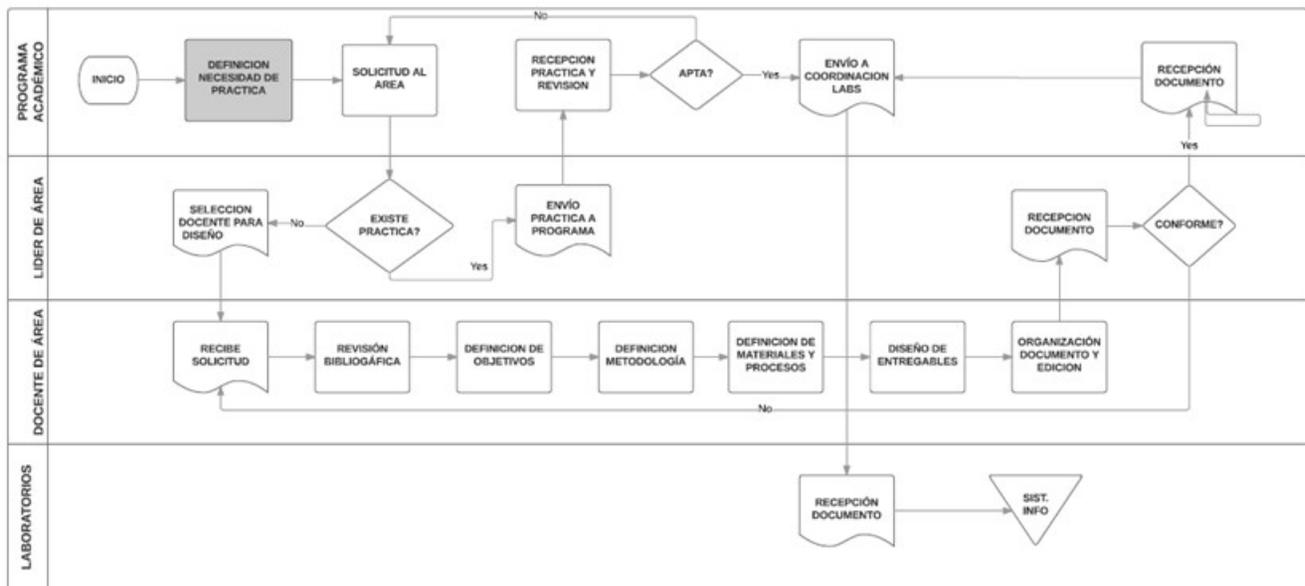


Figura 4. Diagrama AS – IS del proceso de Diseño de prácticas de laboratorio. Fuente: Elaboración del autor

5. Fases 4 y 5 de mejoramiento de procesos – análisis y diseño

Una vez analizado el proceso actual del diseño de prácticas de laboratorio, se evidenciaron dos elementos importantes:

1. El proceso eminentemente académico tiene varias actividades que no agregan valor al cliente final y por ende retrasan su uso y aplicación
2. El proceso no da soporte ni apoyo a la actividad de gestión del laboratorio necesario para el desarrollo de la práctica diseñada, no hay comunicación eficiente entre el Programa académico y la coordinación de laboratorios con lo que el valor agregado del proceso en cuanto a la gestión de los laboratorios no se evidencia.

El proceso mejorado busca, respetando los elementos académicos, introducir un módulo de planeación que sirva de soporte a la Coordinación de laboratorios para realizar la gestión de todos los aspectos administrativos necesarios para llevar las prácticas a cabo y de esta manera satisfacer y dar valor al cliente final (estudiantes), dicho modulo entrega información

a la coordinación que organizada y sistematizada le permitirá:

- Realizar la programación de horarios y franjas de atención distribuidas en prácticas dirigidas, prácticas libres y proyectos de investigación.
- Solicitar y gestionar los insumos necesarios para las prácticas de manera eficiente, sin almacenamientos innecesarios y sin realizar compras de elementos que no se utilizaran.
- Definir, a partir de las necesidades de las prácticas, las máquinas, equipos y herramientas necesarias, sus tasas de uso y la necesidad de inversión de equipos nuevos en caso de que las prácticas diseñadas así lo ameriten; de esta manera sus presupuestos de inversión estarán soportados y evidenciaran necesidades claras y concretas.
- Proyectar las siguientes fases de construcción de laboratorios con base en información concreta, clara y eficiente que le dé respuesta a las necesidades de los grupos de interés.

- En un futuro plantear la posibilidad de prestar un portafolio de servicios a externos basados en las posibilidades de prácticas de cada laboratorio.

El proceso propuesto debe ser analizado bajo los mismos criterios del proceso AS – IS, es decir, realizar un análisis de valor agregado y generar los nuevos mapas de valor, para evidenciar las mejoras y definir los Factores críticos de éxito y los Indicadores claves de desempeño, que junto con elementos que representen victorias tempranas (*quick hits*) permitan una mejor aceptación del proceso por parte de las dependencias que intervienen en el mismo, este análisis y proceso se presenta ante el Consejo de Facultad junto con un cronograma de implantación y fases de seguimiento. Una vez aprobado se definen los responsables y se inicia el cronograma teniendo al menos un semestre de ejecución con el fin de determinar los índices y medir el avance de mejoramiento.

El proceso mejorado (*TO BE*) deberá ser comunicado y apropiado por el ejecutor y las dependencias que intervienen en el mismo, para ello debe realizarse un plan de comunicación claro, concreto y que permita a cada nivel de ejecución tener claridad de la actividad y los elementos de los que precisa para su ejecución, además de favorecer un autoregulamiento a través de los indicadores de seguimiento.

Para la realización del mapa *TO BE* V1, se tuvieron en cuenta las observaciones y apreciaciones del Consejo de Facultad, además de las experiencias del practicante y el equipo de la coordinación de laboratorios, se realizaron visitas a los laboratorios y se tuvo acceso a las estadísticas y datos relevantes de gestión, se propone el mapa de la Fig. 5, en donde se integran el módulo de planeación y aparece una dependencia de apoyo que permitirá el link entre las necesidades de la academia y los procesos de la gestión, este mapa en la etapa de ejecución será sometido a los análisis AVA y a la construcción de flujos de valor para facilitar la transición a su ejecución

Para la fase de ejecución, es imprescindible que la Decanatura preste el apoyo y soporte necesario ante las dependencias involucradas, esto debido a que se deben liberar algunos tiempos y asignar horas de trabajo a las personas que participarán en la ejecución, así mismo, la Coordinación de laboratorios debe ajustar sus procesos y optimizar el manejo de la información que obtendrá para generar un semestre de transición y ajuste y de esta manera en el siguiente semestre evaluar y ajustar el proceso en donde sea necesario, esta etapa se llevará a cabo una vez aprobado el mapa y para ello es necesario solicitar tiempo en el Consejo de Facultad en donde además de presentar el mapa *TO BE* se generarán los cronogramas necesarios para el proyecto y los indicadores de seguimiento que le permitan al Consejo tomar la decisión de aprobación.

Tabla 7.
Factores críticos para el éxito e indicadores claves de desempeño.

FCE	ESTRATEGIAS	ICD'S
Realizar la programación de horarios y franjas de atención distribuidas en prácticas dirigidas, prácticas libres y proyectos de investigación.	Integrar al módulo de planeación el dato de tipo de práctica clasificado en PL (Práctica libre), PD (Práctica dirigida), PI (Proyecto Investigación)	Porcentaje de cada uno de los tipos de práctica
	Definir desde el diseño	Duración total de

	de la práctica la duración de la misma y la semana del semestre en la cual se realizará (de acuerdo con el microcurrículo de la asignatura específica)	PD proyectada
	Cruzando con datos de registro acerca de número de grupos de cada asignatura y horarios, programar las prácticas dirigidas	Parrilla de programación de prácticas dirigidas
Solicitar y gestionar los insumos necesarios para las prácticas de manera eficiente, sin almacenamientos innecesarios y sin realizar compras de elementos que no se utilizaran.	Integrar al módulo de planeación los insumos necesarios para la realización de cada una de las prácticas dirigidas	Consolidado de insumos por semestre discriminado por mes
Definir, a partir de las necesidades de las prácticas, las máquinas, equipos y herramientas necesarias, sus tasas de uso y la necesidad de inversión de equipos nuevos en caso de que las prácticas diseñadas así lo ameriten; de esta manera sus presupuestos de inversión estarán soportados y evidenciaran necesidades claras y concretas.	Dentro del diseño de cada práctica incluir los equipos y herramientas necesarios para su desarrollo	Listado de equipos necesarios para el desarrollo de las prácticas discriminando existentes y no existentes y estado actual (semestral)
	Generar un listado de las necesidades de nuevos equipos para aprobación presupuestal (anual)	Listado anual de necesidades de inversión en equipos y herramientas consolidado por toda la Facultad
Realizar el plan de mantenimiento programado de equipos a partir del cruce de horas de uso con necesidades de equipos	A partir de las necesidades y programación de uso de los equipos, realizar el plan de mantenimiento programado de cada uno con base en las fichas de equipo existentes en la actualidad	Plan de mantenimiento programado semestral
Proyectar las siguientes fases de construcción de laboratorios con base en información concreta, clara y eficiente que le dé respuesta a las necesidades de los grupos de interés.	Proyecto propuesta de las siguientes fases de ambientes de aprendizaje de acuerdo con el proyecto estratégico 2013 -2019	Proyecto de ambientes de aprendizaje fases III y IV

Fuente: Elaboración del autor

5.1 Descripción del mapa *TO BE*

El proceso de diseño de prácticas de laboratorio mejorado, busca que el material pedagógico de la práctica académica, sea también instrumento y soporte para el proceso de gestión de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería, teniendo en cuenta que las necesidades de gestión se centran en el conglomerado de necesidades de las prácticas académicas. La coordinación de laboratorios de la Facultad de Ingeniería realiza la gestión de los mismos y se soportará en el proceso mejorado de la siguiente manera:

1. Compra de insumos: la coordinación de Laboratorios realiza el consolidado de necesidades de insumos de laboratorio para el desarrollo de las prácticas y para ello es necesario que los programas académicos le informen cada mes de las mismas; el proceso mejorado proveerá esta información a través del módulo de planeación, en donde se especifican tipos, cantidades y especificaciones de los insumos necesarios con lo que la información consolidada permitirá

una compra eficiente y disminuirá las necesidades de almacenamiento de insumos no utilizados.

2. Programación de franjas: el laboratorio presta servicios para prácticas dirigidas, prácticas libres y proyectos de investigación. Con la información que provee el proceso mejorado, podrá definir con claridad las horas necesarias para prácticas dirigidas y de esta manera programar las otras dos modalidades de servicio y evitar cruces u horas de no uso.
3. Programación de mantenimiento de equipos en franjas de bajo uso.
4. Alistamiento eficiente de los espacios con base en las necesidades determinadas en las prácticas
5. Definición de necesidades de nuevos equipos o nuevos laboratorios con base en las necesidades planteadas en las prácticas diseñadas.

El módulo académico del diseño de la práctica es inherente a cada programa y especialidad, de tal manera que este proceso mejorado no está calificado para determinar elementos de análisis y evaluación de dicho módulo, lo que pretende es enriquecer el trabajo y proveer de material e información a la coordinación y hacer eficiente la gestión del mismo. Además, este proceso incluye una fase de proyección y planeación en caso de que las prácticas demuestren la necesidad de inversiones en equipos o en nuevos laboratorios.

1. Definición de Stakeholders

El proceso tiene como stakeholders a:

- Estudiantes: se consideran el cliente final, son todos aquellos grupos de estudiantes que dentro de sus asignaturas utilizarán los laboratorios en prácticas específicas de sus asignaturas y en cualquiera de las tres modalidades de servicio de los laboratorios. Su carácter de estudiantes les convierte en clientes finales, pero a su vez son responsables de cumplir con las normas definidas para su uso tanto por parte del profesor como de la coordinación de laboratorios.
- Profesores: son usuarios de los laboratorios en cualquiera de sus tres modalidades, además, son quienes validan la calidad, vigencia, validez y pertinencia de los elementos que allí encuentran para el ejercicio de su labor docente. Al igual que los estudiantes deben acatar la normatividad para el uso de los laboratorios y son la autoridad académica en el desarrollo de las prácticas.
- Programas académicos: Son usuarios indirectos de los laboratorios ya que la responsabilidad por solicitarlos, diseñarlos y proyectar su uso es de ellos. Dentro de los procesos de calidad académica son beneficiarios de la infraestructura ya que, en los procesos de Registro Calificado y acreditación, la infraestructura con la que cuentan es un factor de relevancia con el que los entes calificadoros hacen la evaluación.
- Coordinación de laboratorios: Es la dependencia encargada de la gestión administrativa de los laboratorios y su administración. Necesita de la información de los programas académicos para determinar las necesidades de los mismos y gestionar lo concerniente a la satisfacción de las mismas. Cuenta con un equipo de trabajo formado por el coordinador y los laboratoristas que apoyan todo el

proceso de soporte y alistamiento de los espacios.

2. Descripción de las actividades
 - a. Definición de la necesidad de la práctica: esta actividad tiene unas precedentes en las que se identifica el área específica del programa académico en donde la práctica en laboratorio es necesaria, dentro de dicha área es necesario identificar la asignatura y línea de profundización específica en donde se necesita de la práctica de laboratorio. Este proceso es académico y generalmente se realiza dentro de los programas académicos y sus comités curriculares. El proceso continuo si no existe la práctica o si la que hay esta desactualizada.
 - b. Selección de equipo de diseño: el líder del área específica de la práctica define su equipo de trabajo, en dicho equipo están incluidos docentes del área y personal administrativo con el fin de que se encargue en un trabajo en equipo, del módulo de planeación, en donde se van a determinar los elementos constituyentes del módulo de planeación.
 - c. Módulo académico: Dentro de este módulo el equipo de diseño realiza todo el proceso académico de la práctica que incluye la revisión bibliográfica, la definición de objetivos, el diseño metodológico de la práctica, los procedimientos específicos y entregables, la bibliografía recomendada, la estructura del informe de prácticas y la edición del documento. Este trabajo se realiza bajo los lineamientos del programa académico y el líder de área.
 - d. Definición de franja, equipos e insumos: En el proceso académico de diseño, a medida que se profundiza en la metodología y procedimientos, van surgiendo las necesidades específicas de materiales, insumos, equipos, tiempos y franjas de realización de la práctica; esta información es recibida y sistematizada por las personas del equipo de diseño y organizada para pasarla al módulo de planeación, esta actividad es transversal de todos los equipos que estén diseñando prácticas con el fin de agilizar su organización, consolidación y organización para alimentar el módulo de planeación.
 - e. Módulo de planeación: actividad encaminada a recibir la información de franjas, tiempos, insumos y equipos y consolidarla, una vez consolidada se realiza la verificación de la existencia de todos los elementos necesarios para el desarrollo de las prácticas de donde se desencadenan dos actividades: si alguno de los elementos no existe, se deriva esta información al grupo administrativo pertinente para gestionar compras e inversiones; si todos los elementos existen entonces se pasa a alimentar el módulo de planeación, que es en donde se consolida y organiza la información en distintos grupos, a saber: insumos, horario, tipo de práctica, duración, programa académico, área responsable, equipos necesarios, tipo de laboratorio, personas por grupo de trabajo. Dicho módulo es el insumo con el que la coordinación determinará franjas, horarios, necesidades consolidadas de insumos por mes o semestre y necesidades de inversión o proyección de nuevos laboratorios.
 - f. Organización de documento y edición: el documento de diseño de las prácticas tiene dos fines y para ello debe ser organizado y editado; el módulo académico está dirigido a los estudiantes con el fin de que realicen la práctica de

acuerdo con lo estipulado por el docente, su lenguaje debe ser claro, conciso y con las instrucciones y los resultados esperados expresados claramente, el módulo de planeación debe tener los datos determinados en la anterior actividad y debe ser diseñado en un soporte digital para facilitar la utilización de los mismos por la coordinación de laboratorios; a este módulo lo complementa la información obtenida de la Facultad acerca del número de programas, asignaturas y grupos que utilizarán los laboratorios y de esta manera completar la información necesaria para la gestión de los mismos.

- g. Gestión Coordinación de laboratorios: dicha coordinación recibe la información y la incluye en su plataforma, lo que le permite consolidarla para toda la Facultad e iniciar el proceso de gestión:
 - a) Con la información de insumos realiza el consolidado de compras con fecha de solicitud y cantidades con el fin de enviar a la Dirección administrativa el pedido semestral discriminado por uso mensual.
 - b) Cruzando la información de duración de prácticas con la de cantidad de grupos, realizará la programación de las franjas de practica dirigida y de esta manera tendrá también las franjas de práctica libre y de disponibilidad para proyectos de investigación.
 - c) A partir de la información de equipos necesarios, programará los alistamientos de espacios junto con los laboratoristas, además determinará el indicador de uso de cada equipo con el fin de alimentar las fichas de cada uno de ellos. Este paso también permitirá realizar

revisiones previas del estado de los equipos y garantizará que estén en adecuado estado de funcionamiento y disponibles para la práctica. Además, esta información de uso le permitirá programar las franjas de mantenimiento periódico y preventivo y así disminuir el correctivo.

- d) A partir del tipo de práctica a realizar, se pueden determinar los indicadores de uso por tipo de práctica (libre, dirigida, investigación o externa), que sirven de soporte a informes de cada programa para autoevaluación, Registro calificado y acreditación y generan el consolidado de tipo de prácticas realizadas por cada uno de los ambientes.
- h. Identificación de necesidad de nuevo ambiente: Esta actividad parte de la recepción del documento de diseño de practica aprobado en donde se evidencia que no existe el ambiente para realizar la práctica o los equipos necesarios. Con base en esta información y soportada en datos de impacto como cantidad de usuarios potenciales del ambiente, relevancia de la práctica (a partir del módulo académico), tipo de práctica, transversalidad, etc., la coordinación realizará la solicitud del mismo dentro de la proyección de inversiones de la Facultad y diseñará las fases siguientes del proyecto de ambientes de aprendizaje de la misma. Dicha solicitud también se soportará a través de los planes de mejora de los programas y planeación estratégica de la Facultad, de tal manera que responda a los proyectos estratégicos y megas de la Sede Principal y el Sistema Uniminuto.

DIAGRAMA TO BE DISEÑO PRACTICAS V1

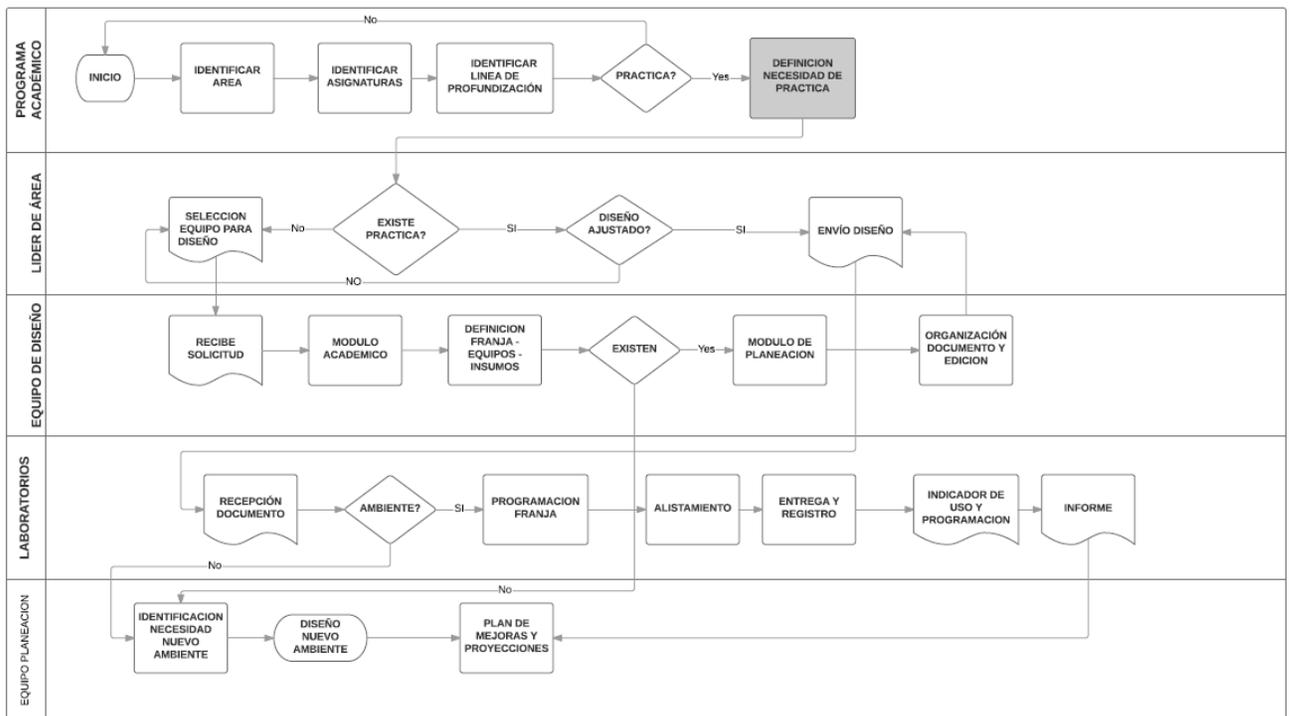


Figura 5. Mapa TO BE del proceso de diseño de prácticas de laboratorio V1. Fuente: Elaboración del autor

6. Conclusiones

El proyecto de mejora del proceso de diseño de prácticas de laboratorio permite un inicio de ajuste e interacción entre tareas académicas y administrativas en una Facultad, dicha relación a sido normalmente compleja y se llega a instancias de choque entre ambas, lo que el proceso pretende es armonizar la gestión en función del *core* de una Facultad de ingeniería que es la calidad de educación superior para que sus estudiantes se ajusten a las necesidades del entorno. Este proceso armoniza con el modelo pedagógico de la Institución que presenta a la praxis como el objeto del desarrollo de las funciones sustantivas de la educación, a saber, la docencia, la investigación y la proyección social.

El desarrollo del proyecto permitió identificar los procesos que realiza la Facultad y su relación con el mapa de procesos de la Institución dentro del marco del plan de desarrollo institucional y los proyectos estratégicos de Facultad a 2019. La práctica evidencia la existencia de procesos en las áreas académica y de gestión que deben armonizarse para llegar a los objetivos y mejorar la calidad de servicio a los estudiantes y grupos de interés. Para la Facultad el ejercicio de verse reflejada en mapas de procesos y análisis de valor le permitió evaluar aspectos de actividades repetidas o que no agregan valor y que dificultan o entorpecen el logro de objetivos ralentizando las tareas o generando silos y feudos. Este ejercicio es la base de un análisis continuo de muchos procesos con el fin de pasar de una gestión de procesos a una gestión por procesos.

El gran reto es poder implementar exitosamente el proceso mejorado, el camino aun es largo ya que se tiene una primera versión, en la que será fundamental para su implementación incorporar las TICS de tal manera que la información y ajuste logrado en el diseño de las prácticas se pueda sistematizar y convertirla en una plataforma de planeación y gestión de laboratorio y de esta manera hacerlo replicable a otras unidades de la Facultad y la Institución.

Los resultados del proyecto hasta ahora reflejan un reconocimiento de los procesos que la Facultad realiza y un análisis de su armonía con el mapa de procesos de la Institución y su plan de desarrollo, esto permitirá que se identifiquen procesos redundantes, otros necesitados de mejora, actividades repetidas y burocracia y de esta manera se logre una organización más ligera que se ajuste al Plan de desarrollo del Sistema y obtenga el logro de los planes estratégicos trazados para el 2019 y los posteriores.

Con las mejoras obtenidas se pretende mejorar la gestión de una área estratégica de la Facultad de Ingeniería de tal manera que le permita proyectarse de manera dinámica y eficaz ya que para la Facultad, la praxis toma una relevancia importante en el desarrollo de su actividad educadora y es un factor estratégico para la formación de profesionales y en los procesos de registro y acreditación de sus programas, por lo que debe tener una gestión ligera y eficiente que le permita repensarse, proyectarse y redefinirse en tiempos cortos y de esta manera convertirse en tecnologías clave de la Institución y el Sistema.

Las limitaciones de mejora de procesos y resolución de problemas se ven afectadas por los procesos de la Institución,

que son los lineamientos generales de la Sede y que le ponen freno algunas de las acciones de las Facultades. Hay procesos que pueden ser redireccionados, mejorados o sustituidos por las Facultades pero son pocos comparados con los que son gobernados por dependencias e instancias superiores de gobierno que no facilitan acciones de mejora o cambio de procesos y los detendrían.

Bibliografía

- [1] Londoño, A.F. La tensión confianza/desconfianza entre lo académico y lo administrativo en la universidad. *El Ágora U.S.B.*, 17(1), pp. 281-287, 2018.
- [2] Berenguer, J.M. y Ramos, J.A., *Manual de técnicas del CMP: herramientas para la innovación de procesos*. Editorial: Eunsu. Ediciones Universidad de Navarra, S.A., 2008.
- [3] Corporación Universitaria Minuto de Dios. Reglamento orgánico.
- [4] Corporación Universitaria Minuto De Dios. Plan de desarrollo 2013 – 2109 Resumen ejecutivo. (en línea]. Recuperado el 29 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www.uniminuto.edu/documents/>
- [5] Dávila, M.F., Cuadernos de la Facultad de Ingeniería. Abril 2016. Publicado en <http://gc.uniminuto.edu:8080/share/page/site/fing/document>
- [6] Kehm, B.M., Gobernanza: ¿qué es? ¿es importante? En. *La nueva gobernanza de los sistemas universitarios*. Octaedro Universidad de Barcelona: Octubre, 2012. pp. 19-43
- [7] Espinosa, E.A., González, K.D. y Hernández, L.T., Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado.*, 12(1), p.p. 266-281 DOI: 10.18041/entramado.2016v12n1.23125
- [8] Martínez, A., Cegarra, J. and Vargas, W., Conference paper. Mejora del subproceso obtención del paz y salvo para grado en la Universidad Cooperativa de Colombia. IX Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria. Abril 2016.
- [9] Gomez, M. and Perez, J.N., Un modelo de gestión para procesos académico – administrativos para instituciones de educación superior. *Revista Vínculos*, 8(1), pp. 13-26, 2008.
- [10] Arbelaez, J.C., Radiografía coordinación laboratorios FING. [en línea]. [Consultado: 8 de febrero de 2016]. Disponible en <http://gc.uniminuto.edu:8080>
- [11] UNIMINUTO. Plan de desarrollo 2013 – 2019 Resumen ejecutivo. 2013.
- [12] Rodríguez, M.J., Diseño de prácticas de laboratorio de la facultad de ingeniería como apoyo a la gestión. Tesis de grado de MSc. Universitario en Dirección de Operaciones y Calidad. Universidad Internacional de la Rioja, España, 2017
- [13] Villegas, G., Gestión por factores críticos de éxito. *Revista EAFIT* 105, pp. 1-26, 1997.
- [14] Arbelaez, J.C., Documento maestro de infraestructura de ambientes de aprendizaje facultad de ingeniería. Uniminuto, 2013-2015

M.J. Rodríguez-Barrero, recibió el título de Ing. Mecánico en 1998, de Esp. en Mecánica de Materiales en 2000, de Esp. en Administración de Operaciones y Tecnología en 2000 todos ellos de la Universidad de Ibagué y MSc. en Administración de Operaciones y Calidad en 2017 con la Universidad Internacional de la Rioja, España. De 1998 a 2001 trabajó como docente de pregrado y capacitadora de empresarios en la Universidad de Ibagué. Se vinculó a la Fundación CIDCA, sede Bogotá en el año 2002 como profesora y posteriormente como Coordinadora Nacional de Investigación hasta el año 2011. En 2011 se vincula a Corporación Universitaria Minuto de Dios como docente y coordinadora Administrativa de la Facultad de Ingeniería hasta 2016 y actualmente es profesor instructor 2 en el Departamento de Ciencias Básicas de la misma Institución. Entre 2000 y 2003 fue asesora de empresarios en la ciudad de Ibagué, en los procesos de análisis y mejoramiento de tecnologías y cursos de emprendimiento. Sus intereses investigativos incluyen: desarrollo empresarial, emprendimiento, análisis de procesos y mejoramiento de los mismos, empresas Lean y en general procesos de desarrollo y gestión de mejoras y calidad en empresas de servicios.
ORCID: 0000-0002-8139-2362

Desarrollo de habilidades matemáticas durante la resolución numérica de problemas de valor inicial usando recursos tecnológicos

Marta Caligaris^a, Georgina Rodríguez^a, Adriana Favieri^b & Lorena Laugero^a

^a Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolás, Argentina. mcaligaris@frsn.utn.edu.ar, grodriguez@frsn.utn.edu.ar, llaugero@frsn.utn.edu.ar

^b Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional, Haedo, Argentina. adriana.favieri@gmail.com

Resumen—Una de las competencias que deben desarrollar los estudiantes de Ingeniería es la capacidad de analizar cuándo una aproximación obtenida mediante métodos numéricos es una solución válida. En los cursos de Análisis Numérico de la Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, se han detectado inconvenientes al abordar el tema métodos numéricos para problemas de valor inicial. Con el objetivo de superar estas dificultades, se diseñó una secuencia didáctica para el desarrollo del tema, con el uso de herramientas de diseño propio. Para analizar los resultados se utilizaron rúbricas especialmente preparadas para estimar el desarrollo de las habilidades matemáticas logrado por los alumnos, y se realizó una entrevista para recabar opiniones sobre su proceso de aprendizaje. El objetivo de este trabajo es compartir esta experiencia de cátedra y las herramientas utilizadas, ya que pueden ser de interés y utilidad para profesores de otras instituciones que enseñan el tema.

Palabras Clave— habilidades matemáticas; taxonomía de Bloom; análisis numérico; problemas de valor inicial; matemática.

Recibido: 25 de abril de 2018. Revisado: 30 de julio de 2018. Aceptado: 23 de agosto de 2018.

Development of mathematical skills during the numerical resolution of initial value problems using technological resources

Abstract—A competence that Engineering students should develop is the ability to analyze when an approximation obtained by numerical methods is a valid solution. In courses of Numerical Analysis at Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, problems have been detected in the learning of numerical methods to solve initial value problems. To overcome these difficulties, a learning sequence was designed to address the issue, with the use of tailor made tools specially designed. In order to analyze the learning outcomes, rubrics were developed to estimate the grade of development of the mathematical skills achieved by the students. In addition, an interview was conducted to gather students' opinion about their learning process on this issue. The aim of this paper is to share this experience and the tools developed, as they would be of interest to professors of other institutions that teach this issue.

Keywords— mathematical skills; Bloom's taxonomy; numerical analysis, initial value problems; mathematics.

1 Introducción

El Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) de la República Argentina es un organismo en el cual se debaten y propician soluciones a las problemáticas

académicas referidas a la Ingeniería. En los últimos años, este organismo está trabajando en la identificación de competencias genéricas de egreso, vinculadas con los perfiles de ingenieros que requiere la sociedad para su desarrollo sustentable.

El antiguo paradigma de formación de profesionales basado en la enseñanza como simple esquema de transferencia de conocimientos que el alumno oportunamente sabrá abstraer, articular y aplicar eficazmente, ha ido perdiendo espacio en la realidad actual. La visión actual de la sociedad propone ver al egresado universitario como un ser competente capaz de ejercer su profesión en la realidad que lo rodea [1].

Según el CONFEDI, hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades y destrezas que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo [1].

Para Dujet [2], los ingenieros deben desarrollar la habilidad de poder elegir, con conocimiento de causa, el modelo matemático que mejor se adapte al nivel de complejidad con el que se va a enfrentar y así determinar los parámetros concurrentes y sus ajustes según la situación problemática en estudio, tomando en cuenta, cualquiera sea su naturaleza, las incertidumbres relacionadas con el contexto y ser capaz de justificar la gestión y el tratamiento de dichas incertidumbres.

Cuando se enseñan métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias con condiciones iniciales, es decir, problemas de valor inicial (PVI) se suele poner énfasis en procedimientos mecánicos y en la memorización de conceptos, definiciones y técnicas. Esto hace que algunos estudiantes tengan inconvenientes para comprender la esencia de tales métodos, o tengan dificultades para entender conceptos fundamentales como estabilidad, convergencia, orden de precisión de un método, entre otros.

Con la finalidad de que los alumnos desarrollen distintas habilidades matemáticas durante el aprendizaje de los métodos que permiten resolver PVI, se trabajó con una secuencia didáctica especialmente diseñada, utilizando recursos tecnológicos creados para tal fin.

Como citar este artículo: Caligaris, M., Rodríguez, G., Favieri, A. and Laugero, L., Desarrollo de habilidades matemáticas durante la resolución numérica de problemas de valor inicial usando recursos tecnológicos. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 30-40, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

Una vez finalizada la enseñanza del tema, tuvo lugar una instancia evaluativa donde los alumnos debieron mostrar el desarrollo logrado de las habilidades matemáticas en cuestión. Las respuestas elaboradas por los alumnos se analizaron mediante rúbricas especialmente preparadas. También se realizó una entrevista con un grupo de alumnos seleccionados intencionalmente para obtener su opinión en cuanto al aprendizaje del tema y poder estimar la influencia que tuvieron las herramientas utilizadas en su proceso de aprendizaje.

El objetivo de este trabajo es compartir esta experiencia de cátedra y las herramientas utilizadas, ya que pueden ser de interés y utilidad para profesores de otras instituciones que imparten el tema. En particular, se muestra una estimación del grado de desarrollo de las distintas habilidades matemáticas puestas en juego en la instancia evaluativa realizada al finalizar la enseñanza del tema. Además, se presentan las conclusiones extraídas a partir de las entrevistas realizadas para obtener la opinión de los alumnos respecto de la utilización de este tipo de herramientas en su proceso de aprendizaje.

Para una mejor organización, este artículo está constituido por seis secciones. En la siguiente sección, se plantea el estado del arte del tema en investigación. En la tercera sección, se presentan las herramientas tecnológicas diseñadas para la experiencia. Se realiza una descripción de la experiencia de cátedra llevada a cabo y se muestra el análisis de los resultados obtenidos en la instancia evaluativa y de las entrevistas en las secciones cuarta y quinta, respectivamente. Por último, se presentan las conclusiones a las que se arriba luego de la experiencia realizada.

2 Marco teórico

2.1 Habilidades matemáticas

El término habilidad se define como la capacidad que tiene una persona para hacer una cosa correctamente y con facilidad. Estudios realizados sobre el tema hacen referencia a distintas definiciones del término. Por ejemplo, Petrovsky [3] considera una habilidad como "el dominio de un complejo sistema de acciones psíquicas y prácticas necesarias para una regulación racional de la actividad, con ayuda de los conocimientos y hábitos que la persona posee".

Independientemente de las definiciones propuestas, todos los autores consideran a las habilidades como un sistema de acciones que posibilita la realización de una actividad determinada sobre la base de hábitos y conocimientos adquiridos [4].

En el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática, cada contenido exige un modo de actuar con características específicas. Por lo tanto, las habilidades matemáticas han de expresar esas particularidades teniendo en cuenta el campo al que se refieren y los niveles de sistematicidad y complejidad de la actividad a ejecutar [5].

La clasificación de las habilidades matemáticas consideradas en este trabajo es la dada por la taxonomía de Bloom revisada [6]. La misma ayuda a comprender cómo aprenden los alumnos y sienta las bases en cada nivel de aprendizaje con el propósito de asegurar un aprendizaje significativo y la adquisición de habilidades que permitan el uso del conocimiento construido.

2.2 Taxonomía de Bloom

La taxonomía de Bloom es una clasificación de los objetivos y habilidades a lograr por los estudiantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje [7]. Ésta ha sido ampliamente revisada y mejorada a lo largo de las décadas siendo Churches [6] su revisor más reciente.

La taxonomía de Bloom distingue seis niveles que el alumno debe ir superando para que se produzca un verdadero proceso de aprendizaje. A continuación, se detalla cada uno de los niveles y algunos verbos indicadores del proceso cognitivo que desarrolla el alumno en cada uno de ellos. La evaluación de la acción o actividad realizada usando estos verbos permitirá determinar qué niveles de la taxonomía han alcanzado los estudiantes.

- **Recordar:** el alumno trata de recordar el conocimiento que ya posee (hechos, terminología, esquemas, procesos, teorías, etc.). El docente puede proporcionar ayuda al estudiante guiándolo para que sea él mismo el que realice la búsqueda del conocimiento que ya posee y recordarlo.

Verbos clave: reconocer, describir, identificar, nombrar.

- **Comprender:** el alumno hace uso de los materiales que se le presentan o que obtuvo durante el primer nivel. El estudiante aprehende el contenido, lo generaliza y lo relaciona entre sí. Además, es capaz de explicar la relación entre los datos y el contenido.

Verbos clave: interpretar, comparar, explicar, ejemplificar.

- **Aplicar:** el alumno asume un papel más activo y utiliza el conocimiento adquirido, en una actividad o práctica.

Verbos clave: implementar, usar, desempeñar, ejecutar.

- **Analizar:** el alumno pasa de lo global a lo específico, descomponiendo la situación problemática dada en diferentes partes y analizando las relaciones entre ellas. El estudiante es capaz de ver la jerarquía subyacente a las ideas y expresar la relación entre las mismas.

Verbos clave: comparar, organizar, atribuir.

- **Evaluar:** el alumno realiza juicios de valor basados en criterios a través de la comprobación y crítica. Requiere realizar juicios del proceso realizado, de los materiales, de los métodos, del contenido. Es importante tener en cuenta la calidad de la evaluación realizada por el alumno.

Verbos clave: comprobar, realizar hipótesis, criticar, experimentar, juzgar, testear, detectar.

- **Crear:** el alumno reorganiza elementos en una nueva estructura mediante la planificación o la producción. Para ello, el estudiante, debe tener las suficientes competencias y habilidades para manejar el conocimiento aprendido y crear uno nuevo a través de diferentes herramientas y mediante su propio saber hacer.

Verbos clave: diseñar, construir, producir, inventar, hacer.

Los tres primeros niveles corresponden a habilidades de orden inferior y los restantes a las de orden superior.

2.3 Los recursos tecnológicos en la enseñanza de la matemática

El empleo de recursos tecnológicos durante el proceso de aprendizaje permite que el estudiante ejecute procedimientos rutinarios con rapidez y seguridad, posibilitándole así disponer de más tiempo para internalizar o comprender conceptos.

Por otro lado, Williamson y Kaput [8], sostienen que una consecuencia importante de la introducción de la tecnología en la enseñanza de la matemática es que hace posible pensar la educación matemática en una forma más inductiva. Esto se debe a que los estudiantes pueden percibir la matemática en una forma experimental (al interactuar con la tecnología), pueden encontrar ideas, manipulando el fenómeno y así descubrir posibles relaciones fundamentales.

2.4 Antecedentes

La literatura proporciona numerosos ejemplos sobre el uso de la taxonomía de Bloom en la enseñanza de la matemática en el nivel superior [9–13].

Sin embargo, en el buceo bibliográfico realizado, no se encontraron trabajos de investigación que hagan referencia al estudio de las habilidades matemáticas que un alumno puede desplegar durante el proceso de aprendizaje de los métodos numéricos que permiten resolver PVI, haciendo uso de recursos tecnológicos.

3 Recursos tecnológicos de diseño propio

A partir de la versión 8, Mathematica® ofrece la posibilidad de generar archivos CDF (Computable Document Format). Si bien se precisa tener una licencia del software de Wolfram para crear estos archivos, no se requiere de este programa para su ejecución. Para trabajar con ellos, sólo es necesario instalar el reproductor CDF Player, disponible en forma libre en <http://www.wolfram.com/cdf/>.

Considerando que los conceptos estabilidad, convergencia, consistencia, orden de precisión de una aproximación, error local y global de truncamiento son catalogados por los alumnos como difíciles de comprender o abstractos, se diseñaron dos herramientas en formato CDF para trabajarlos. Estos conceptos, como los métodos implementados en las herramientas, se suponen conocidos por lo que no se incluye una explicación en este trabajo. Se puede encontrar información detallada en la bibliografía específica [14–16].

3.1 Descripción de las herramientas

Las interfaces de los archivos CDF diseñados se muestran en las Figs. 1-3. Estos recursos están disponibles en el sitio Web www.frsn.utn.edu.ar/gie/an/mnedo, [17] en el botón ventanas interactivas, para ser bajados y ejecutados con el CDF Player. Ambas aplicaciones permiten resolver PVI de primer orden utilizando los siguientes métodos: Euler explícito, Taylor de orden dos y orden cuatro, Runge-Kutta de orden dos (RK2) y Runge-Kutta de orden cuatro (RK4).

Para usar el CDF mostrado en las Figs. 1-2, es necesario que el alumno ingrese la ecuación que desea resolver, junto con la condición inicial que establece el PVI y el intervalo donde quiere obtener la solución. Una vez hecho esto, se deben tildar las casillas de verificación para seleccionar el o los métodos que se desean emplear e indicar, para cada método seleccionado, la cantidad de puntos en donde se va a calcular la solución. En la parte inferior de la ventana, se grafican las soluciones correspondientes con la selección establecida.

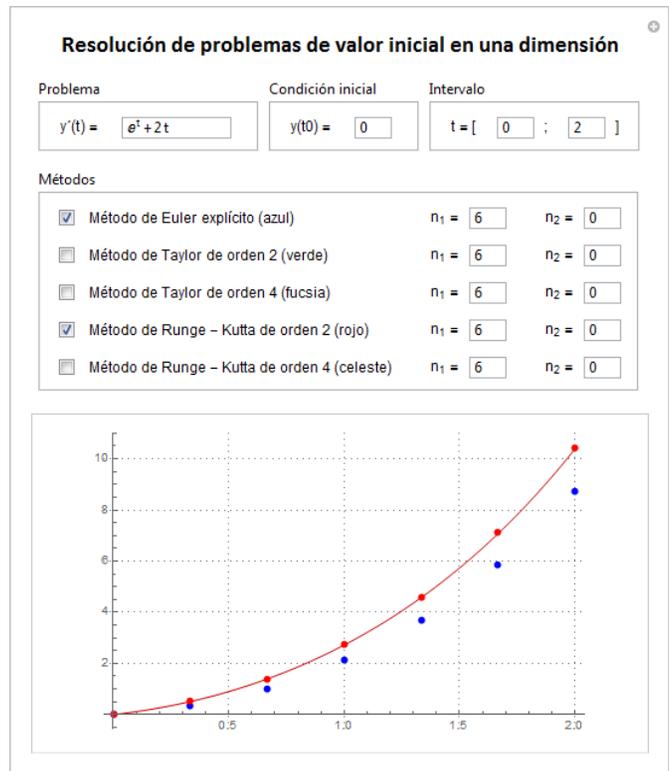


Figura 1. Interfaz del CDF “Resolución de problemas de valor inicial en una dimensión” utilizando distintos métodos pero la misma cantidad de puntos. Fuente: Las autoras

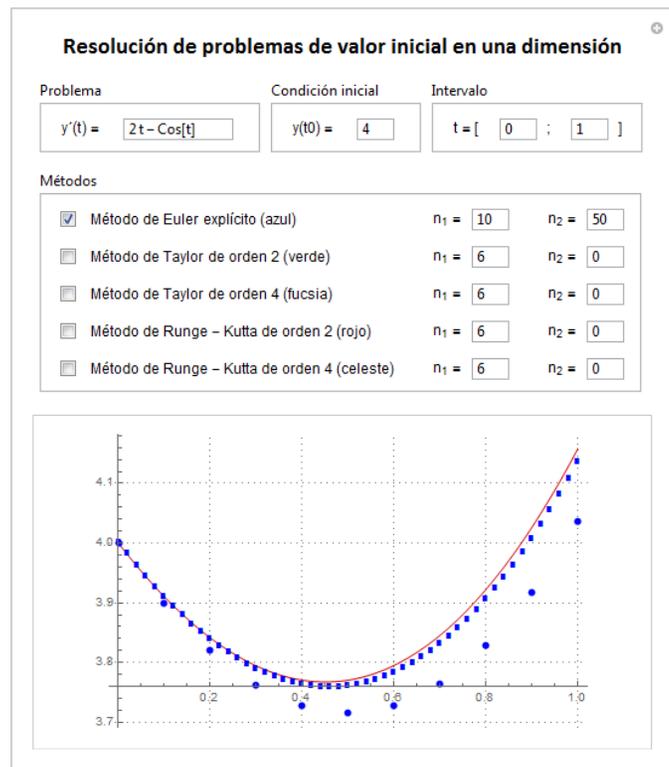


Figura 2. Interfaz del CDF “Resolución de problemas de valor inicial en una dimensión” utilizando el mismo método pero distinta cantidad de puntos. Fuente: Las autoras

Con este recurso, es posible aplicar el mismo método con distintos pasos, o diferentes métodos con pasos iguales o con pasos distintos. Además, brinda la posibilidad de hacer comparaciones y analizar la solución numérica obtenida, debido a que permite obtener la representación gráfica de la solución discreta en un sistema de ejes coordenados en el que se visualizan, en distintos colores, los puntos asociados a cada aproximación junto con la gráfica de la función que es solución exacta del PVI ingresado.

A diferencia del CDF descrito anteriormente, el recurso mostrado en la Fig. 3 permite resolver problemas de valor inicial de primer orden únicamente en el intervalo [0; 4]. La selección de este intervalo se realizó de manera arbitraria. Para hacer uso del mismo, es necesario que el alumno ingrese la ecuación que desea resolver, junto con la condición inicial que establece el PVI, indicar el método que quiere utilizar y seleccionar de una lista desplegable, la cantidad de puntos en donde se va a calcular la solución numérica.

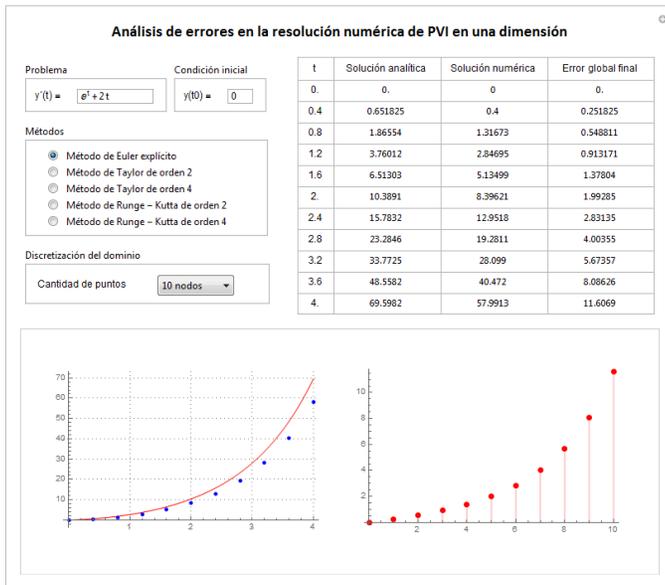


Figura 3. Interfaz del CDF “Análisis de errores en la resolución numérica de PVI en una dimensión”
Fuente: Las autoras

En la parte inferior del CDF, se presentan dos gráficas, la de la izquierda corresponde a la solución numérica obtenida junto con la gráfica de la solución exacta del PVI, mientras que la de la derecha muestra el error global final en cada uno de los puntos del dominio discreto.

Para un mejor análisis del error que se está cometiendo, se presenta también el error global final en forma tabular. Cabe aclarar que, aunque la discretización del dominio esté constituida por más puntos, siempre se muestra en la tabla la solución en los puntos que se indica en la primera columna.

3.2 Propósitos de los recursos tecnológicos

Por medio del uso de estos archivos CDF será posible:

- resolver numéricamente el PVI ingresado con cierto grado de precisión.

- propiciar que el aprendizaje de los métodos numéricos no se limite a la mera reiteración de fórmulas y pasos mecánicos, sino al análisis e interpretación de resultados.
- resolver la cantidad de problemas que se considere conveniente, sin encontrarse limitado por el tiempo ni por la posibilidad de cometer errores en la etapa de cálculo.
- comparar las soluciones numéricas obtenidas y analizar la forma en que influyen los distintos parámetros que intervienen en la solución numérica.
- abordar situaciones donde el alumno, por medio de la ejecución de ejemplos seleccionados por el docente, descubra y comprenda conceptos.
- afianzar y desarrollar ciertas habilidades matemáticas al resolver distintos problemas propuestos.

4 Experiencia de cátedra

Con la finalidad de que los alumnos pudieran desarrollar habilidades matemáticas tanto de orden inferior como de orden superior durante el aprendizaje de algunos de los métodos para resolver PVI, se elaboraron secuencias didácticas incorporando el uso de los recursos tecnológicos diseñados.

A continuación, se indican los detalles más relevantes de la experiencia de cátedra.

4.1 Descripción de los participantes

Para el desarrollo de esta experiencia de cátedra, se seleccionó como grupo de estudio a los alumnos de la carrera Ingeniería Mecánica que cursaron Análisis Numérico durante el ciclo lectivo 2017.

Si bien el grupo estaba conformado en su totalidad por dieciocho alumnos, cuatro de ellos no pudieron formar parte del estudio por no tener un porcentaje de asistencia adecuado ni haberse presentado a la instancia evaluativa escrita tomada al finalizar el desarrollo del tema.

4.2 Modalidad de las clases

Durante la presentación de los temas, el docente efectuó la explicación de los contenidos utilizando como soporte presentaciones en PowerPoint. Estas presentaciones incluían desarrollos teóricos y ejemplos seleccionados de manera tal que los alumnos, resolviéndolos con las herramientas disponibles, pudieran afianzar conceptos y establecer relaciones entre los distintos factores que influyen en una solución numérica.

Esta forma de trabajo permitió tratar de manera más simple los distintos contenidos a internalizar debido a que los resultados obtenidos con las aplicaciones evidenciaban aquellos aspectos que el docente quería enfatizar.

En la cartilla de actividades se proponía a los alumnos aproximar la solución de algunos PVI con lápiz y papel y otros con las herramientas brindadas. Así, la resolución de los ejercicios propuestos permitió a los alumnos adquirir o afianzar conceptos, contribuyó al desarrollo de habilidades matemáticas y ayudó al proceso de comprensión.

4.3 *Uso de la herramienta diseñada*

Las clases se desarrollaron en un laboratorio de computación con quince computadoras, donde los programas necesarios para poder ejecutar las herramientas estaban instalados. Algunos alumnos trabajaron de manera individual y otros prefirieron hacerlo de a pares.

Discutir con los alumnos la solución de diversos ejemplos, adecuadamente seleccionados, resultó positivo debido a que ellos pudieron visualizar y comprender conceptos; verificar, conjeturar y refutar hipótesis; desplegar habilidades matemáticas.

4.4 *Actividades propuestas*

A continuación, se muestran tres actividades propuestas en la instancia evaluativa. Si bien el objetivo en todas ellas es el desarrollo de habilidades de orden superior, se analizan primeramente las de niveles inferiores, ya que no se puede prescindir de éstas para lograr las de nivel superior.

4.4.1 *Primera actividad propuesta*

Resolver, utilizando el CDF disponible, el problema de valor inicial que se muestra a continuación utilizando el método de Runge Kutta de orden dos y tomando 6, 9 y 18 puntos.

$$2.y'(x) + 6.y(x) = 0 \quad 0 \leq x \leq 6 \quad y(0) = 1 \quad (1)$$

¿Qué ocurre con las soluciones numéricas obtenidas en cada caso? ¿Son adecuadas? ¿Por qué? Justificar la respuesta teóricamente.

El objetivo de esta actividad es analizar la estabilidad del método numérico indicado en el PVI propuesto.

Al observar las salidas gráficas, el estudiante debería darse cuenta que las soluciones numéricas mostradas, en algunos casos, son adecuadas para dar solución al PVI planteado, mientras que en otros no. La solución numérica obtenida con el método propuesto tomando 18 puntos constituye una buena aproximación a la solución exacta ya que el error que se comete no es significativo y, además, es acotada, cuando la solución exacta de ese problema es una función acotada. Es decir, en este caso, el método numérico utilizado es estable.

En cambio, la solución numérica obtenida cuando se toman 9 puntos, si bien es acotada, no se aproxima a la solución exacta cuando el valor de la variable independiente aumenta. Por esta razón, esta solución numérica no es adecuada.

Por último, el alumno podrá indicar que al emplear 6 puntos en la discretización, el método es inestable debido a que cuando la variable independiente aumenta, la solución obtenida crece exponencialmente.

Así, del análisis efectuado para las diferentes discretizaciones, el estudiante concluirá que el método de Runge Kutta de orden dos es condicionalmente estable para este PVI.

Para poder fundamentar lo que sucede con la solución numérica cuando se utiliza una determinada cantidad de puntos, el alumno deberá estudiar para qué tamaños de paso el método en cuestión es estable.

4.4.2 *Segunda actividad propuesta*

Resolver, utilizando el CDF disponible, el PVI propuesto utilizando los métodos de Euler, Runge Kutta de orden dos y Taylor de cuarto orden. Tomar como tamaño de paso $h = 1$. ¿Qué sucede con las soluciones numéricas obtenidas? ¿Por qué?

$$y'(x) - \sin(x) = 0,5.y(x) \quad 0 \leq x \leq 5 \quad y(0) = 0 \quad (2)$$

El objetivo de esta actividad es analizar el comportamiento del error global final según el orden de precisión del método utilizado.

Cuando los alumnos observen las gráficas de las soluciones obtenidas al aplicar los distintos métodos indicados, podrán deducir que es posible obtener una solución numérica más precisa cuando el orden del método es mayor. No sólo es posible llegar a esta conclusión apelando al registro gráfico sino también a partir del análisis del registro tabular.

4.4.3 *Tercera actividad propuesta*

Plantear un problema de valor inicial de forma tal que al aplicar el método de Taylor de cuarto orden la solución numérica obtenida coincida con la solución exacta. Justificar el planteo realizado y comprobar con el CDF disponible que el PVI propuesto cumple con la condición pedida.

El objetivo de esta actividad es crear un PVI teniendo en cuenta los requisitos establecidos.

Para plantear un PVI que cumpla con las condiciones pedidas, el alumno deberá aplicar los conceptos de orden de precisión y error global final. También deberá tener presente que sólo cuando la solución exacta del PVI planteado es una función polinómica cuyo grado es menor o igual al orden de precisión del método utilizado es posible lograr que la solución numérica obtenida coincida con la solución exacta.

Además, el estudiante comprobará si el PVI creado es correcto si al ingresarlo al CDF, los puntos que constituyen la solución numérica están contenidos en la gráfica de la función que es solución exacta o al analizar la columna de error global final.

4.5 *Rúbricas elaboradas*

Se puede definir a una rúbrica como una herramienta de evaluación utilizada para medir el logro de los objetivos de aprendizaje en el aula en función de un conjunto coherente de criterios [18]. Las rúbricas son diseñadas generalmente para ser simples, explícitas y de fácil comprensión. Éstas ayudan a los estudiantes a ver la relación entre el aprendizaje (lo que se enseñará) y lo que será evaluado.

El empleo de rúbricas permite también que la retroalimentación que los alumnos reciben de sus docentes sea más clara, detallada y útil debido a que es posible identificar lo que han aprendido o lo que aún necesitan aprender.

En el aprendizaje de los métodos que permiten resolver PVI, distintas rúbricas fueron utilizadas para la corrección de cada uno de los ejercicios propuestos en la instancia evaluativa con la finalidad de proveer al docente información valiosa sobre la efectividad de las estrategias de enseñanza utilizadas en el desarrollo del tema.

A continuación, se muestran las rúbricas elaboradas para analizar el grado de concreción de las habilidades matemáticas que los alumnos desarrollaron durante la resolución de cada una de las actividades propuestas para cada nivel de la taxonomía de Bloom.

4.5.1 Rúbricas para la primera actividad propuesta

Tabla 1

Habilidades matemáticas del nivel recordar

Recuerda el concepto de estabilidad de un método numérico
Poco desarrollada: No reconoce cuando una solución numérica es acotada.
Moderadamente desarrollada: Reconoce en algunos casos cuando una solución numérica es acotada.
Desarrollada: Reconoce cuando una solución numérica es acotada.
Describe la condición que el factor de amplificación debe cumplir para obtener una solución acotada
Poco desarrollada: No indica la condición.
Moderadamente desarrollada: No indica claramente la condición.
Desarrollada: Indica adecuadamente la condición.

Fuente: Las autoras

Tabla 2

Habilidades matemáticas del nivel comprender

Comprende la información proporcionada por el PVI planteado para ejecutar el CDF
Poco desarrollada: No identifica los datos que debe escribir en cada campo.
Moderadamente desarrollada: Identifica algunos datos que debe escribir en cada campo.
Desarrollada: Identifica todos los datos que debe escribir en cada campo.
Interpreta la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por el CDF
Poco desarrollada: No asocia el concepto de estabilidad con el de solución acotada.
Moderadamente desarrollada: Asocia vagamente el concepto de estabilidad con el de solución acotada.
Desarrollada: Asocia el concepto de estabilidad con el de solución acotada.
Expresa convenientemente la ecuación de diferencias asociada al método
Poco desarrollada: No formula la ecuación.
Moderadamente desarrollada: Formula la ecuación con algunos errores.
Desarrollada: Formula la ecuación sin errores.
Reconoce el factor de amplificación en la ecuación de diferencias asociada al método
Poco desarrollada: No distingue el factor de amplificación.
Moderadamente desarrollada: No distingue con claridad el factor de amplificación.
Desarrollada: Distingue el factor de amplificación.

Fuente: Las autoras

Tabla 3

Habilidades matemáticas del nivel aplicar

Resuelve las inecuaciones que surgen en el estudio de la estabilidad del método
Poco desarrollada: No opera algebraicamente en forma correcta.
Moderadamente desarrollada: Opera algebraicamente con algunos errores.
Desarrollada: Opera algebraicamente en forma correcta.

Fuente: Las autoras

Tabla 4

Habilidades matemáticas del nivel analizar

Analiza para qué tamaños de paso la solución numérica obtenida es una buena aproximación
Poco desarrollada: No deduce cuando la solución es acotada y adecuada.
Moderadamente desarrollada: Deduce con errores cuando la solución es acotada y adecuada.
Desarrollada: Deduce cuando la solución es acotada y adecuada.

Fuente: Las autoras

Tabla 5

Habilidades matemáticas del nivel evaluar

Comprueba que la condición impuesta al tamaño de paso es correcta.
Poco desarrollada: No verifica la coherencia entre los resultados gráficos y algebraicos.
Moderadamente desarrollada: Verifica parcialmente la coherencia entre los resultados gráficos y algebraicos.
Desarrollada: Verifica la coherencia entre los resultados gráficos y algebraicos.

Fuente: Las autoras

4.5.2 Rúbricas para la segunda actividad propuesta

Tabla 6

Habilidades matemáticas del nivel recordar

Indica el orden de precisión de los métodos utilizados para resolver el PVI
Poco desarrollada: No define correctamente el orden de precisión de cada uno de los métodos.
Moderadamente desarrollada: Define el orden de precisión de algunos de los métodos.
Desarrollada: Define correctamente el orden de precisión de cada uno de los métodos.

Fuente: Las autoras

Tabla 7

Habilidades matemáticas del nivel comprender

Comprende la información proporcionada por el PVI planteado para ejecutar el CDF
Poco desarrollada: No identifica los datos que debe escribir en el CDF.
Moderadamente desarrollada: Identifica algunos datos que debe escribir en el CDF.
Desarrollada: Identifica todos los datos que debe escribir en el CDF.
Interpreta la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por el CDF
Poco desarrollada: No relaciona el comportamiento del error global final con el orden de precisión del método utilizado.
Moderadamente desarrollada: Relaciona parcialmente el comportamiento del error global final con el orden de precisión del método utilizado.
Desarrollada: Relaciona el comportamiento del error global final con el orden de precisión del método utilizado.

Fuente: Las autoras

Tabla 8

Habilidades matemáticas del nivel aplicar

Calcula la cantidad de puntos que constituyen el dominio discreto según el tamaño de paso empleado
Poco desarrollada: No determina correctamente la cantidad de puntos
Moderadamente desarrollada: Determina la cantidad de puntos con errores.
Desarrollada: Determina correctamente la cantidad de puntos.

Fuente: Las autoras

Tabla 9

Habilidades matemáticas del nivel analizar

Analiza la relación que existe entre la precisión de la solución numérica, el tamaño de paso y el orden de los métodos utilizados
Poco desarrollada: No explica el aumento de precisión de la solución numérica según el orden del método utilizado y la cantidad de puntos.
Moderadamente desarrollada: Explica con algunos errores el aumento de precisión de la solución numérica según el orden del método utilizado y la cantidad de puntos.
Desarrollada: Explica el aumento de precisión de la solución numérica según el orden del método utilizado y la cantidad de puntos.

Fuente: Las autoras

4.5.3 Rúbricas para la tercera actividad propuesta

Tabla 10

Habilidades matemáticas del nivel recordar

Indica el orden de precisión del método de Taylor
Poco desarrollada: No identifica correctamente el orden de precisión del método.
Moderadamente desarrollada: Identifica con algunos errores el orden de precisión del método.
Desarrollada: Identifica correctamente el orden de precisión del método.
Recuerda cuándo la solución numérica coincide con la solución exacta
Poco desarrollada: No reconoce cuando la solución generada por el método utilizado coincide con la solución exacta del PVI.
Moderadamente desarrollada: Reconoce con algunos errores cuándo la solución generada por el método utilizado coincide con la solución exacta.
Desarrollada: Reconoce correctamente cuando la solución generada por el método utilizado coincide con la solución exacta del PVI.

Fuente: Las autoras

Tabla 11

Habilidades matemáticas del nivel comprender

Comprende la información proporcionada por el PVI diseñado para ejecutar el CDF
Poco desarrollada: No identifica los datos que debe escribir en los campos.
Moderadamente desarrollada: Identifica algunos datos que debe escribir en cada campo.
Desarrollada: Identifica todos los datos que debe escribir en cada campo.
Interpreta la información dada por las salidas proporcionadas por el CDF
Poco desarrollada: No asocia el error global final obtenido con el hecho de que la representación gráfica de la solución numérica se encuentra sobre la curva que es solución del PVI.
Moderadamente desarrollada: Asocia parcialmente el error global final obtenido con el hecho de que la representación gráfica de la solución numérica se encuentra sobre la curva que es solución del PVI.
Desarrollada: Asocia el error global final obtenido con el hecho de que la representación gráfica de la solución numérica se encuentra sobre la curva que es solución del PVI.

Fuente: Las autoras

Tabla 12

Habilidades matemáticas del nivel crear

Diseña un PVI con las condiciones pedidas
Poco desarrollada: No propone un PVI con los requisitos establecidos.
Moderadamente desarrollada: Propone un PVI con los requisitos establecidos con algunos errores.
Desarrollada: Propone un PVI con los requisitos establecidos.

Fuente: Las autoras

5 Resultados y discusión

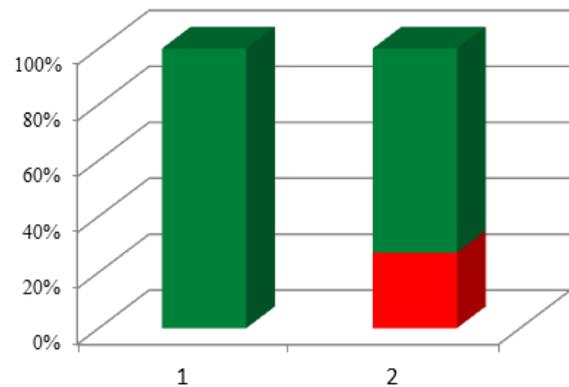
Las Figs. 4 - 17 muestran los resultados obtenidos, al tabular las respuestas dadas por los alumnos con las rúbricas descriptas para cada una de las habilidades matemáticas. En ellas, el color rojo representa que la habilidad está poco desarrollada en el alumno, mientras que los colores amarillo y verde indican que la habilidad está moderadamente desarrollada o desarrollada, respectivamente. También se presenta un breve análisis de los resultados obtenidos en cada actividad propuesta.

Si bien en cada actividad se evaluó la habilidad “Comprende la información proporcionada por el PVI planteado para ejecutar el CDF”, los resultados obtenidos no se muestran debido a que la totalidad de los alumnos la desarrolló sin inconvenientes.

5.1 Resultados de la primera actividad

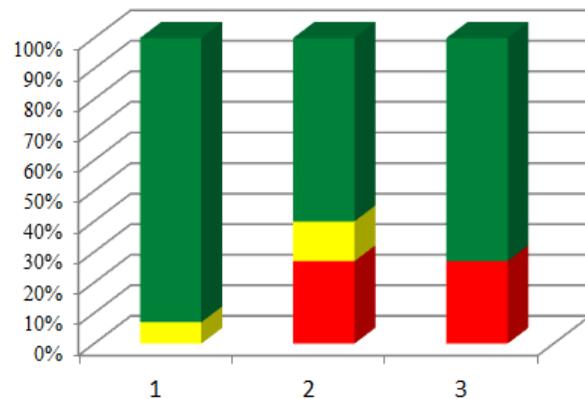
En la Fig. 4 se puede apreciar que sólo el 27% de alumnos

no desarrolló, en todos los casos en que fuera necesario, las habilidades matemáticas correspondientes al nivel recordar.



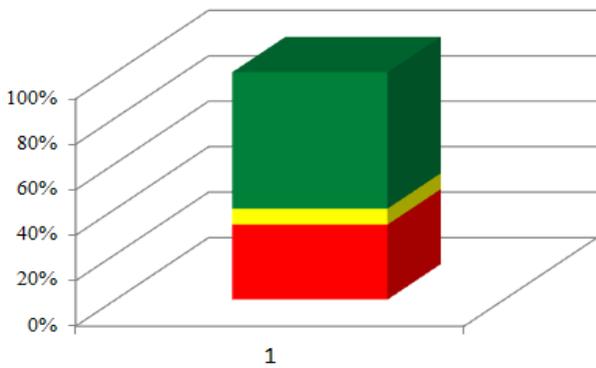
(1) Recuerda el concepto de estabilidad de un método numérico
 (2) Describe la condición que el factor de amplificación debe cumplir para obtener una solución acotada
 Figura 4. Habilidades matemáticas del nivel recordar de la primera actividad.
 Fuente: Las autoras

La Fig. 5 muestra que el mismo porcentaje de alumnos no pudo expresar convenientemente la ecuación de diferencias asociada al método y reconocer en ella el factor de amplificación (habilidades matemáticas del nivel comprender). Un número mayor de alumnos pudo interpretar la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por el CDF (esta habilidad está moderadamente desarrollada o desarrollada en la totalidad de los alumnos).



(1) Interpreta la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por el CDF.
 (2) Expresa convenientemente la ecuación de diferencias asociada al método.
 (3) Reconoce el factor de amplificación en la ecuación de diferencias asociada al método.
 Figura 5. Habilidades matemáticas del nivel comprender de la primera actividad.
 Fuente: Las autoras

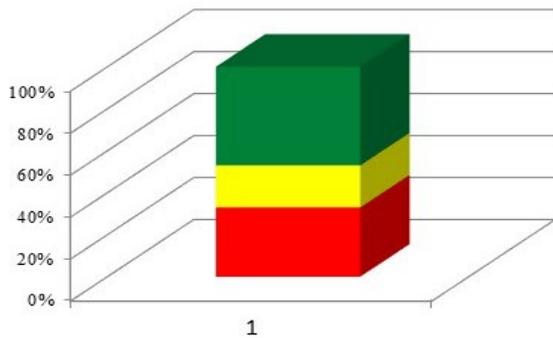
Si bien el 27% de los alumnos no pudo reconocer el factor de amplificación, este porcentaje se incrementó en cuanto al desarrollo de las habilidades matemáticas del nivel aplicar y analizar, ya que un 33% de los estudiantes no pudo resolver las inecuaciones que surgen en el estudio de la estabilidad del método y analizar para qué tamaños de paso la solución numérica obtenida es una buena aproximación (Figs. 6 y 7).



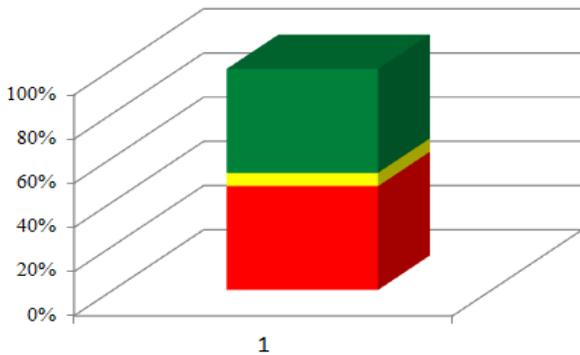
(1) Resuelve las inecuaciones que surgen en el estudio de la estabilidad del método.
 Figura 6. Habilidades matemáticas del nivel aplicar de la primera actividad.
 Fuente: Las autoras

De los alumnos que sí pudieron desarrollar la habilidad del nivel aplicar (60%), sólo el 47% pudo desarrollar también la habilidad correspondiente al nivel analizar. Es decir, un 13% de alumnos que tenían desarrollada la habilidad de menor nivel, pudo desarrollar en forma moderada la habilidad del nivel superior.

Cabe mencionar también que, la totalidad de los alumnos que pudieron analizar para qué tamaños de paso la solución numérica obtenida es una buena aproximación, también lograron comprobar que la condición impuesta al tamaño de paso es correcta (Fig. 7 y 8). Esto no se repite con aquellos alumnos que habían desarrollado moderadamente la habilidad analizar (20%) debido a que, luego, sólo el 6% pudo desarrollar del mismo modo (en forma moderada) la habilidad del nivel evaluar.



(1) Analiza para qué tamaños de paso la solución numérica obtenida es una buena aproximación.
 Figura 7. Habilidades matemáticas del nivel analizar de la primera actividad.
 Fuente: Las autoras



(1) Comprueba que la condición impuesta al tamaño de paso es correcta.
 Figura 8. Habilidades matemáticas del nivel evaluar de la primera actividad.
 Fuente: Las autoras

Con respecto a las calificaciones obtenidas en esta primera actividad, como se puede ver en la Fig. 9, el 46% de los alumnos resolvió correctamente el ejercicio propuesto, obteniendo así la totalidad de la puntuación asignada a la misma. En cambio, el 27% de los estudiantes resolvió en forma regular la actividad planteada, es decir, obtuvo entre el 40% y el 80% de la máxima puntuación asignada a la actividad. Los restantes alumnos, pudieron resolver sólo entre el 20% y el 30% del ejercicio en forma correcta. Estos alumnos son aquellos que tuvieron inconvenientes para desarrollar en la resolución de la actividad propuesta las habilidades tanto de orden inferior como superior.

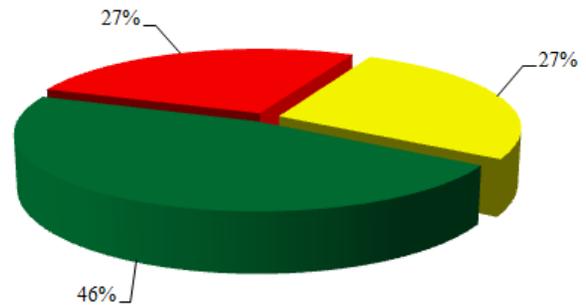
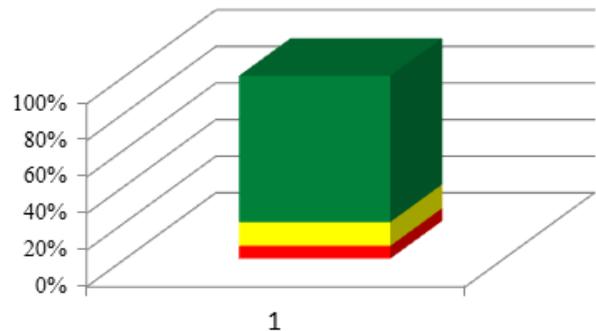


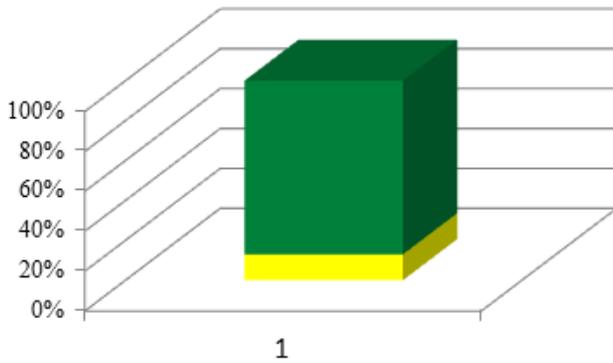
Figura 9. Porcentajes de alumnos que resolvieron en forma correcta el 20% - 30% (rojo), 40% - 80% (amarillo) y 100% de la primera actividad (verde).
 Fuente: Las autoras

5.2 Resultados de la segunda actividad

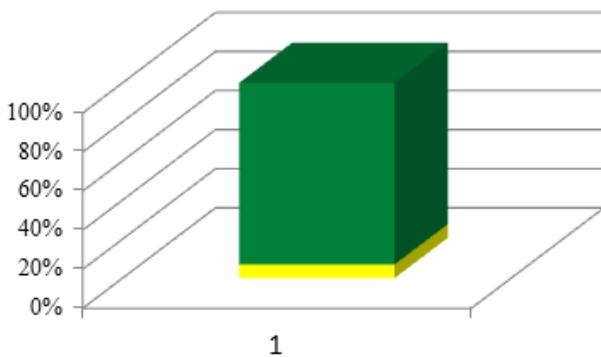
Los resultados obtenidos en la segunda actividad, ponen de manifiesto que los alumnos, en general, no tuvieron dificultades en su resolución. Esto se puede corroborar en el alto porcentaje de estudiantes que pudo indicar el orden de precisión de cada uno de los métodos utilizados (80%) o calcular la cantidad de puntos que constituyen el dominio discreto según el tamaño de paso empleado (100%). Al igual que en la primera actividad, la totalidad de los alumnos pudo desarrollar totalmente o en forma moderada la habilidad matemática correspondiente al nivel comprender. Es decir, pudo interpretar la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por el CDF (Fig. 11).



(1) Indica el orden de precisión de cada uno de los métodos utilizados para resolver el PVI.
 Figura 10. Habilidades matemáticas del nivel recordar de la segunda actividad.
 Fuente: Las autoras



(1) Interpreta la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por el CDF.
 Figura 11. Habilidades matemáticas del nivel comprender de la segunda actividad.
 Fuente: Las autoras



(1) Analiza la relación que existe entre la precisión de la solución numérica, el tamaño de paso empleado y el orden de los métodos utilizados.
 Figura 12. Habilidades matemáticas del nivel analizar de la segunda actividad.
 Fuente: Las autoras

De la observación del gráfico mostrado en la Fig. 12, se puede concluir que la única habilidad matemática de orden superior evaluada en esta actividad (analizar), únicamente el 7% no logró analizar la relación que existe entre la precisión de la solución numérica, el tamaño de paso empleado y el orden de los métodos utilizados.

En cuanto a las calificaciones obtenidas en esta actividad, como se puede apreciar en la Fig. 13, el 67% de alumnos obtuvo la totalidad de la puntuación asignada a la misma debido a que resolvió correctamente el ejercicio propuesto. El 27% de los estudiantes obtuvo entre el 70% y el 80% de la máxima puntuación asignada a la actividad. Tan sólo el 7% de los alumnos obtuvo como máximo la mitad de la puntuación. Estos alumnos son aquellos que tuvieron inconvenientes para desarrollar la habilidad correspondiente al nivel analizar en la resolución de la actividad propuesta.

A diferencia de las dos actividades anteriores, el 7% de los estudiantes no pudo interpretar la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por el CDF (Fig. 15).

Con respecto a la habilidad matemática de orden superior (crear), el 60% de los estudiantes pudo proponer un PVI con los requisitos sin errores, mientras que el 33%, lo hizo pero con algunos errores (Fig. 16).

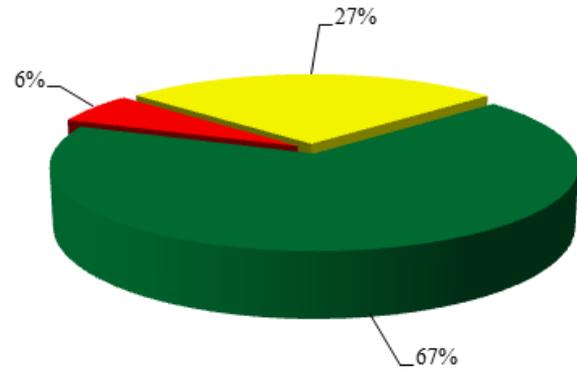
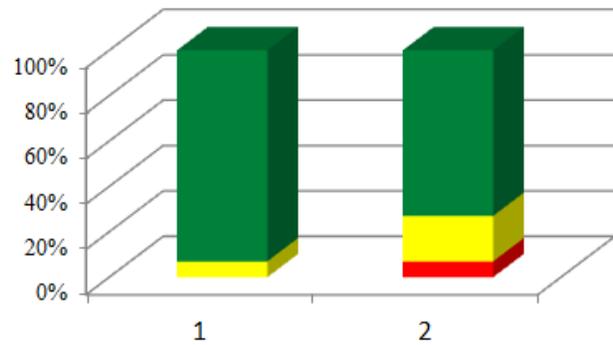


Figura 13. Porcentajes de alumnos que resolvieron el 55% de la actividad correcta (rojo), 70% - 80% de la actividad correcta (amarillo) y 100% de la actividad correcta (verde).
 Fuente: Las autoras

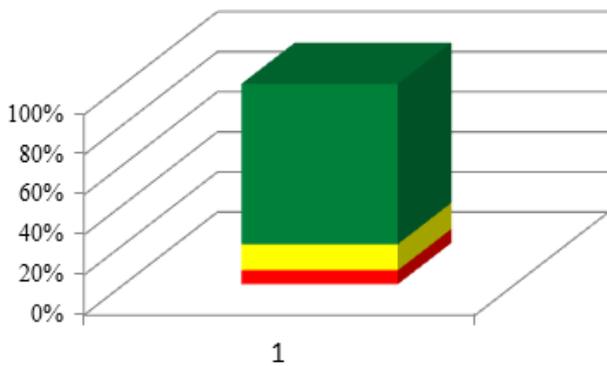
5.3 Resultados de la tercera actividad

En la Fig. 14, se puede observar que el 73% de alumnos desarrolló, en todos los casos en que fuera necesario, las habilidades matemáticas correspondientes al nivel recordar.

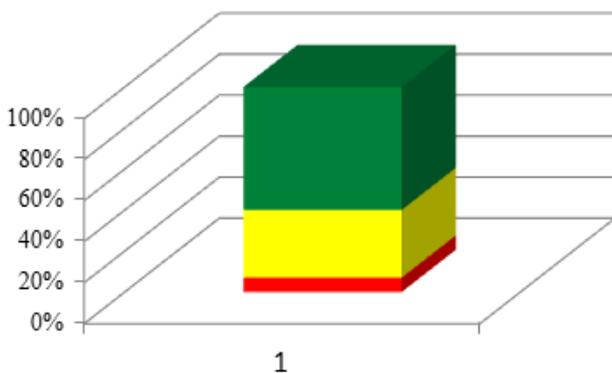


(1) Indica el orden de precisión del método de Taylor
 (2) Recuerda en qué casos la solución numérica coincide con la solución exacta.
 Figura 14. Habilidades matemáticas del nivel recordar de la tercera actividad.
 Fuente: Las autoras

Con respecto a las calificaciones obtenidas en la tercera actividad (Fig. 17), se puede observar que el 53% de alumnos resolvió correctamente el ejercicio propuesto, obteniendo así la totalidad de la puntuación asignada a la misma. En cambio, el 40% de los estudiantes obtuvo entre el 60% y el 85% de la máxima puntuación asignada a la actividad. Los restantes alumnos, pudieron resolver sólo el 23% del ejercicio en forma correcta. Estos alumnos son aquellos que tuvieron inconvenientes para desarrollar las habilidades matemáticas de orden inferior y superior en la resolución del ejercicio propuesto.



(1) Interpreta la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por el CDF.
 Figura 15. Habilidades matemáticas del nivel comprender de la tercera actividad.
 Fuente: Las autoras



(1) Propone un PVI con las condiciones pedidas.
 Figura 16. Habilidades matemáticas del nivel crear de la tercera actividad.
 Fuente: Las autoras

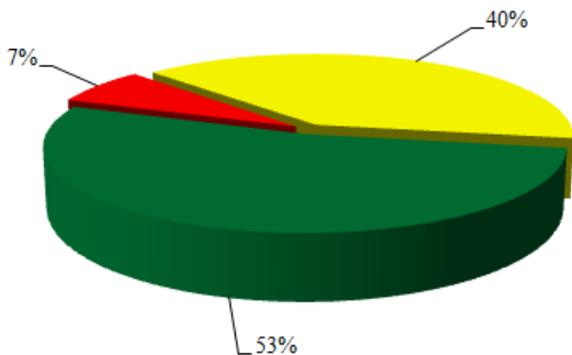


Figura 17. Porcentajes de alumnos que resolvieron el 25% de la actividad correcta (rojo), 60% - 85% de la actividad correcta (amarillo) y 100% de la actividad correcta (verde).
 Fuente: Las autoras

5.4 Uso de los CDF

Con el fin de analizar cómo la utilización de los CDF influyó en el proceso de aprendizaje, se realizó una entrevista a un grupo seleccionado de alumnos. El criterio de selección de los alumnos se basó en la nota obtenida en la evaluación escrita tomada al concluir el desarrollo del tema. Para ello, se dividió

el grupo de estudio en tres subgrupos, según la nota obtenida estuviera comprendida en alguno de estos tres intervalos:] 5,50-7],] 7-8,50] y] 8,50-10]. De cada uno de estos subgrupos, se eligieron aleatoriamente dos alumnos.

En esta entrevista, los estudiantes respondieron una serie de preguntas donde debían emitir una opinión sobre el empleo de los CDF durante el proceso de aprendizaje de los métodos y conceptos estudiados.

A continuación, se transcriben algunos de los comentarios realizados por los alumnos:

“Gracias al uso de los CDF durante el aprendizaje de los métodos pude fortalecer los conceptos teóricos involucrados”.

“Es más fácil entender los métodos que estudiamos observando los gráficos dados por el CDF que la sola explicación teórica dada por el docente”

“Usar los CDF durante el desarrollo de las clases fue muy bueno porque a medida que se iban explicando los métodos o conceptos, uno los podía ir viendo en el CDF por medio de las gráficas o las tablas que arrojaba”

“Considero que si no se hubiese usado los CDF, no podría haber logrado la comprensión de muchos de los conceptos que estudiamos”.

6 Conclusiones

El análisis de los datos muestra que, en promedio, el 80% de los alumnos ha desarrollado habilidades matemáticas de orden inferior. Sin embargo, sólo el 55% de los estudiantes también demostró desarrollo de habilidades de orden superior, durante la resolución de las actividades propuestas.

Hay que mencionar que, en general, los estudiantes que desarrollaron sin inconvenientes las habilidades de orden inferior pero no así las de orden superior (25% de los alumnos), son aquellos que lograron desplegarlas de manera moderada en el nivel superior. En cambio, los alumnos que tenían poco o moderadamente desarrolladas las habilidades de orden inferior, son los que luego no lograron adquirir las habilidades de orden superior.

Los porcentajes obtenidos en la estimación del grado de concreción o desarrollo de las distintas habilidades matemáticas, las calificaciones obtenidas por los estudiantes y las opiniones recabadas, permiten concluir que el uso de los CDF contribuyó significativamente en el proceso de aprendizaje de los métodos y conceptos involucrados en la resolución numérica de PVI.

Las autoras de este trabajo consideran que el uso de los CDF mostrados ayudan a generar un ambiente de aprendizaje donde, por medio de la puesta en juego de ciertas habilidades matemáticas, los alumnos pueden lograr un aprendizaje significativo e integral.

Se espera que el presente trabajo sea un aporte interesante y relevante para el ámbito de la educación Matemática. Está planificado seguir trabajando en esta línea de investigación, generando secuencias didácticas que integren recursos tecnológicos, para ayudar a los alumnos a superar las dificultades de aprendizaje que usualmente se detectan en los cursos de Análisis Numérico.

Referencias

- [1] Giordano-Lerena, R., *Compilador, Competencias y perfil del ingeniero Iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación*. ASIBEI. 2016.
- [2] Dujet, C., *Matemática para ingenieros*. En Curbeira-Hernández, D., Bravo-Estévez, M. y Bravo-López, G., *La formación inicial de habilidades profesionales del ingeniero industrial desde el contexto de la matemática*. Ciencia y Sociedad, 38(2), pp. 377- 403, 2013
- [3] Petrovsky, A., *Psicología general*. Editorial Progreso, Moscú. 1985.
- [4] Rodríguez-Rebustillo, M. y Bermúdez Sarguera, R., *Algunas consideraciones acerca del estudio de las habilidades*. Revista cubana de Psicología, 10 (1), pp. 27-32, 1993.
- [5] Morales-Díaz, Y.; Bravo-Estévez, M. y Cañedo-Iglesias, C., *Enseñanza de la matemática en ingeniería mecánica para el desarrollo de habilidades*. Pedagogía Universitaria, 18(4), pp. 75-90, 2013.
- [6] Churches, A., *Taxonomía de Bloom para la era digital*. Eduteka. [en línea]. [Accedido el 16 de Febrero de 2018]. Disponible en: <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomDigital>. 2008.
- [7] Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W. and Krathwohl, D., *Taxonomy of educational objectives. The classification of educational goals. Handbook 1. Cognitive Domain*. United States of America, New York: Longmans. 1956.
- [8] Williamson, S. and Kaput, J., *Mathematics and virtual culture: an evolutionary perspective on technology and mathematics education*. Journal of Mathematical Behavior, 17(21), pp. 265-281, 1999. DOI: 10.1023/A:1003590914788
- [9] Hajibaba, M., Radmehr, F and Alamolhodaei, H., *A psychological model for mathematical problem solving based on revised Bloom taxonomy for high school girl students*. Journal of the Korean Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education, 17(3), pp. 199-220, 2013. DOI: 10.7468/jksmed.2013.17.3.199
- [10] Igarza-Campos, E., *La gestión evaluativa y el aprendizaje de las matemáticas en la facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto*. Tesis doctoral no publicada, Escuela de Posgrado. Programa de Doctorado Gestión Universitaria, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Perú, 2014.
- [11] Favieri, A., *La taxonomía de Bloom y las habilidades matemáticas en transformación conforme*. Educación Matemática en Carreras de Ingeniería: XVIII Encuentro Nacional, X Internacional. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina, 2014.
- [12] Dunham, B., Yapa, G. and Yu, E., *Calibrating the difficulty of an assessment tool: the Blooming of a statistics examination*. Journal of Statistics Education, 23(3), 2015. DOI: 10.1080/10691898.2015.11889745
- [13] Favieri, A., *Hipertexto sobre transformada de Laplace y la taxonomía de Bloom*. Educación Matemática en Carreras de Ingeniería: XIX Encuentro Nacional, XI Internacional. Facultad Regional San Nicolás, San Nicolás, Argentina, 2015.
- [14] Burden, R. y Faires, D., *Análisis numérico*. Internacional Thomson Editores, 2002.
- [15] Kincaid, D. y Cheney, W., *Análisis numérico. Las matemáticas del cálculo científico*. Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.
- [16] Mathews, J. y Fink, K., *Métodos Numéricos con Matlab*. Prentice Hall, 2000.
- [17] Caligaris, M., Rodríguez G. y Laugero, L., *Recursos Web para un tema de análisis numérico: métodos para EDOs* Actas del V Congreso Iberoamericano SOCOTE - Soporte del Conocimiento con la Tecnología, 2013.
- [18] The Glossary of Education Reform. [online]. Available at: <http://edglossary.org/rubric/>
- G.B. Rodríguez**, se graduó de Lic.a en Matemática en el año 1989, en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. En el año 2017 obtuvo la Certificación Internacional de Educador en Ingeniería, Ing.Paed.IGIP. Actualmente es profesora asociada de la asignatura análisis numérico y cálculo avanzado de la carrera Ingeniería Industrial y profesora adjunta en la asignatura cálculo numérico de la carrera Ingeniería Eléctrica en la Facultad Regional San Nicolás de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. También es Secretaria de Tecnologías de la Información y la Comunicación en la misma institución. Integra el Grupo Ingeniería y Educación desde el año 1996. Es coautora de más de 25 publicaciones nacionales e internacionales con referato y de más de 150 presentaciones a Congresos en el país y en el exterior. ORCID: 0000-0002-0559-4819
- A. Favieri**, se graduó de Prof. de Matemática y Astronomía en el año 1987, en el Instituto Nacional Superior del Profesorado, J.V. González, Argentina. En el año 1998 obtuvo el título de Lic. en Administración de la Educación Superior, en la Universidad Nacional de la Matanza, Argentina. Y en el año 2011 el de MaSc. en Docencia Universitaria, en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, Argentina. Actualmente es profesora asociada de la asignatura matemáticas aplicadas a la aeronáutica, en la Facultad Regional Haedo de la Universidad Tecnológica Nacional y profesora adjunta de la asignatura análisis matemático I del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza. Participa en grupos de investigación sobre Educación Matemática y uso de TIC desde el año 2007. ORCID: 0000-0002-6707-9089
- L.F. Laugero**, se graduó de Prof. en Matemática en el año 2001, en el Instituto de Formación Docente N°127. En el año 2007, obtuvo el título de Lic. en Ciencias Aplicadas, en la Facultad Regional San Nicolás de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Actualmente es jefe de trabajos prácticos de la asignatura análisis numérico de la carrera Ingeniería Electrónica y ayudante de Trabajos Prácticos 1° de las asignaturas análisis numérico y análisis numérico y cálculo avanzado de las carreras Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial, respectivamente, en la Facultad Regional San Nicolás. Integra el Grupo Ingeniería y Educación desde el año 2009. Es coautora de más de 10 publicaciones nacionales e internacionales y de más de 75 presentaciones a Congresos en el país y en el exterior. ORCID: 0000-0003-2258-2307
- M.G. Caligaris**, se graduó de Ingeniera Metalúrgica en el año 1988, en la Facultad Regional San Nicolás de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. En el año 2017 obtuvo la Certificación Internacional de Educador en Ingeniería, Ing.Paed.IGIP. Actualmente es profesora asociada de la asignatura análisis numérico de las carreras Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica en la Facultad Regional San Nicolás. Dirige el Grupo Ingeniería y Educación desde el año 2007 e integra el Grupo de Estudios Ambientales desde el año 1999. Es coautora de más de 70 publicaciones nacionales e internacionales con referato y de más de 300 presentaciones a Congresos en el país y en el exterior. ORCID: 0000-0001-6644-0242

Reestructuración pedagógica de la asignatura lógica y algoritmia para el mejoramiento de la enseñanza en los programas de ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana - Seccional Bucaramanga

Jairo Bernardo Viola-Villamizar & Diana Teresa Gómez-Forero

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia. jairo.viola@upb.edu.co,
diana.gomez@upb.edu.co

Resumen— Lógica y algoritmia es un curso obligatorio del plan de estudios de los programas de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, donde se enseña al estudiante los fundamentos del pensamiento lógico matemático mediante la lógica de programación. Sin embargo, el desempeño de los estudiantes en la asignatura no era el esperado, debido a la falta de motivación hacia la asignatura. Este artículo, presenta la reestructuración realizada a la asignatura con el fin de mejorar la motivación y desempeño de los estudiantes durante el curso. Para esto se determinaron las causas del bajo desempeño de los estudiantes, a partir de las cuales se planteó la transformación de la asignatura, basado en un enfoque constructivista que relacione la enseñanza teórica, el aprendizaje y las notas del curso. Para esto, se desarrollaron cambios como la unificación de los materiales de clase, los exámenes, del lenguaje de programación empleado, así como la incorporación de estrategias lúdicas para reforzar el aprendizaje de los estudiantes. Además, como instrumento de medida del aprendizaje, se incorporaron herramientas TIC para llevar trazabilidad del desempeño de estudiantes y docentes en conjunto con las calificaciones de la asignatura. Los resultados de esta reforma muestran que los estudiantes tienen una mayor apropiación de las temáticas abordadas, así como una mejor actitud hacia la lógica y algoritmia debido a una evolución de su nivel de aprendizaje, evidenciado en un mejor rendimiento académico a nivel individual y grupal.

Palabras Clave— lógica y algoritmia; modelo constructivista; taxonomía SOLO; Python; aprendizaje y enseñanza; estrategias lúdicas; Moodle

Recibido: 10 de julio de 2018. Revisado: 30 de julio de 2018. Aceptado: 3 de septiembre de 2018.

Pedagogic restructuring of the logic and algorithms course for better teaching in the engineering programs of the Universidad Pontificia Bolivariana - Seccional Bucaramanga

Abstract— Logic and algorithm is a mandatory course on the engineering school of the Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, which teaches the fundamentals of the logical-mathematical thinking through programming. However, the student's performance is not suitable due to a lack of motivation for the course. This paper presents the pedagogical restructuring of the class to improve the student's motivation and performance. The lack of motivation causes was analyzed to propose a course with a constructivist focus based on the SOLO taxonomy, which relates the theory, learning, and grades with the learning level of the students. Many changes were introduced in the course as new learning goals, a new programming language, ludic resources for the students learning reinforcement, and IT tools for the students' performance tracking. Obtained results show that students assimilate better the logic mathematical thinking, as well as they reach a new learning level evidenced in a better individual and group performance.

Keywords— logic and algorithms; Python, teaching and learning; SOLO taxonomy; ludic; Moodle

1 Introducción

Un ingeniero en formación necesita aprender un conjunto de conocimientos y habilidades básicas para dar solución a los problemas dentro de su disciplina. Algunos de estos problemas, tales como el modelado y simulación de procesos, el planteamiento de problemas de optimización, el diseño asistido por computador, el diseño de planes y flujos de trabajo para obras civiles y gestión de proyectos entre otras, son situaciones que un ingeniero enfrentara durante su ejercicio profesional. Sin embargo, aunque todas estas habilidades son necesarias para el ingeniero, se requiere de un modelo de pensamiento lógico-matemático que las encadene, para lograr abstraer los problemas del mundo real o formal y representarlos mediante estructuras lógicas y matemáticas básicas que permitan obtener una solución a esa situación problema.

Sin embargo, ¿en qué momento se adquiere este pensamiento lógico-matemático? Aunque este pensamiento se comienza a desarrollar desde la educación primaria y se mantiene en permanente desarrollo en la educación secundaria, superior e incluso después, son asignaturas como lógica y algoritmia, o lógica de programación, o programación de computadores I, o algunos otros cursos con nombres similares dentro del cada universidad donde se refuerza este modelo de pensamiento para los ingenieros en formación. Pero ¿qué hace la diferencia para que algunos ingenieros hayan logrado adquirir este modelo de pensamiento mientras otros estudiantes solamente expresan que no tiene relación con su disciplina?

Debido a esto, la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga (UPB), se mantiene atenta al impacto de sus asignaturas en la formación de sus estudiantes, y por supuesto que la asignatura de Lógica y Algoritmia está sujeta a este tipo de cuestionamientos. En el año 2015, se realizó una evaluación de la asignatura [1], la cual evidenció debilidades que reducían el impacto esperado en el aprendizaje de esta asignatura y que fueron analizadas y sometidas a un proceso de reestructuración [2,3]. En este artículo se presenta el proceso de reestructuración pedagógica

Como citar este artículo: Viola-Villamizar, J.B. and Gómez-Forero, T., Reestructuración pedagógica de la asignatura lógica y algoritmia para el mejoramiento de la enseñanza en los programas de ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 41-47, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

de la asignatura lógica y algoritmia para la escuela de ingenierías de la UPB basada en la teoría constructivista, que facilite el cambio de actitud de los estudiantes hacia la asignatura, creando un modelo mental que permita organizar, la percepción de los contenidos de la asignatura y su importancia enfocada en cada campo de la ingeniería.

Para esto, inicialmente se realizó un análisis de la asignatura, el cual evidencio las debilidades en la enseñanza teórica del curso, las cuales dificultaban el aprendizaje de la asignatura por parte de los estudiantes, obteniendo un bajo desempeño académico reflejado en las notas. Posteriormente, basado en este análisis, se plantea la reestructuración de la asignatura, la cual es soportada en el modelo constructivista y apoyada en la taxonomía SOLO (Structure of observed Learning Outcomes) planteada por [1], la cual busca un alineamiento constructivo entre los objetivos de enseñanza del curso, las actividades que desarrolla el alumno y los instrumentos de evaluación utilizados para medir el desempeño de los estudiantes y docentes en el curso. Posteriormente, se describe la reestructuración de la asignatura, la cual se basa en la unificación de contenidos, la renovación del syllabus, la estandarización de un lenguaje de programación, la inclusión de herramientas didácticas para el aprendizaje de los conceptos básicos, y la inclusión de herramientas TIC para la medición de la trazabilidad del curso por parte de estudiantes y docentes. Después, se presentan los resultados de la reestructuración, los cuales han sido evaluado durante cuatro semestres. Como índice de desempeño cuantitativo del curso se emplearon las notas obtenidas en dos grupos diferentes de lógica y algoritmia.

El artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma. En la Sección II se presenta el análisis de la asignatura. En la Sección III, se presenta el modelo constructivista basado en la taxonomía SOLO. La sección IV muestra los cambios que hicieron parte de la reestructuración de la asignatura. En la Sección V se muestra y discute el efecto en términos de notas como consecuencia de los cambios implementados en la asignatura. Finalmente se presentan las conclusiones.

2 Asignatura lógica y algoritmia

En esta sección se presenta una descripción de la asignatura lógica y algoritmia de la UPB y el análisis realizado en 2015 acerca de las debilidades pedagógicas de la asignatura.

2.1 Descripción del curso

El curso de Lógica y Algoritmia, en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, es coordinado desde la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática. [2,3]. La intensidad semanal en horas de la asignatura corresponde a una hora de teoría, y tres horas de laboratorio lo que equivale dos créditos académicos. Las clases teóricas se imparten de forma magistral, y los laboratorios son utilizados para llevar a la práctica los conceptos vistos en las clases teóricas. Los laboratorios presentan una infraestructura de 20 computadores que se renuevan cada dos años, y se garantiza un computador por estudiante. Las aulas, así como los laboratorios cuentan con videobeam para proyección del material audiovisual. Hasta el primer semestre de 2015, el lenguaje de programación utilizado

fue C++, luego de una reforma el lenguaje pasó a ser Python [4].

La metodología es orientada por competencias del saber, del ser y del hacer. Asimismo, las clases son presenciales y se utilizan como estrategias de enseñanza charlas magistrales, laboratorios (los cuales incluyen pre-informes, desarrollo de actividades, e informes finales), indagación en el contexto externo al aula de clase, ejercicios, analogías, proyecto de aula, foros, entre otros. Se cuenta con la plataforma Moodle como apoyo a la presencialidad, herramienta que soporta el diseño instruccional de la asignatura y que permite tener el material audiovisual utilizado por el docente, lecturas y ejercicios complementarios, buzones para el envío del trabajo en el aula y el trabajo independiente. La calificación de la asignatura se obtiene a partir de cinco notas: seguimiento del primer corte (que la componen quices, tareas y trabajos), examen parcial, seguimiento del segundo corte, examen final y laboratorio (que lo conforman todos los trabajos prácticos desarrollados semana a semana en las horas de laboratorio).

2.2 Análisis del curso

Finalizando el primer semestre de 2015, se realizó un análisis de la asignatura, evaluando el desempeño de los estudiantes y el impacto de la asignatura en su proceso de formación. A nivel de aprendizaje, una debilidad consiste en que al enfocar lógica y algoritmia desde la perspectiva de la programación para enseñar el pensamiento lógico matemático, los estudiantes consideraban que la asignatura no era parte importante de su plan de estudios, lo cual producía una reticencia a aprender la teoría básica y desarrollar los ejercicios prácticos del curso.

Además, muchos de los ejemplos utilizados en la enseñanza de los conceptos básicos de asignatura, eran enfocados desde una estricta perspectiva matemática que no se encuentra aplicada y contextualizada dentro del contexto de cada programa de ingeniería, lo cual desmotiva el aprendizaje por parte de los estudiantes.

Por otra parte, desde la perspectiva de enseñanza de la asignatura, cada docente tenía su propio material de exposiciones, y se carecía de uniformidad en las expresiones técnicas, y en la complejidad de los ejercicios de clase y exámenes. Así mismo, el lenguaje de programación utilizado era C++, y su sintaxis, la definición de tipos de datos, el uso de punteros, entre otros detalles representaba para muchos estudiantes un obstáculo adicional que no les facilita enfocarse en el pensamiento lógico matemático sino en la sintaxis del lenguaje de programación.

Un reflejo de estas debilidades se ve en las calificaciones de los estudiantes. La Fig. 1 representa mediante diagrama de cajas y bigotes el comportamiento típico de un curso de lógica y algoritmia anterior al proceso de reestructuración. Este curso está conformado por 30 estudiantes de diferentes programas de ingeniería de la UPB. Como se puede observar, la primera caja de izquierda a derecha muestra las notas obtenidas durante el primer corte que en promedio se aproximan a 4.2 con una variación menor a tres décimas por encima y por debajo. La siguiente caja corresponde a la nota examen parcial, allí más del 50% de los estudiantes cuenta con una calificación superior a

4.0 y la nota más baja estuvo por encima de 3.4. La tercera caja que representa la nota de laboratorio muestra que todos los estudiantes obtuvieron notas por encima de 4.2 hasta 4.7. La caja morada, que representa las notas del segundo corte, se observa que las notas oscilaron entre 3.2 a 3.9. Finalmente, la caja cian que representa la nota del examen final muestra que más del 50% de los estudiantes tienen una calificación inferior a 1.0, a excepción de algunos casos particulares. Es importante resaltar que este comportamiento es similar para casi todos los cursos de lógica y algoritmia anteriores a la reestructuración.

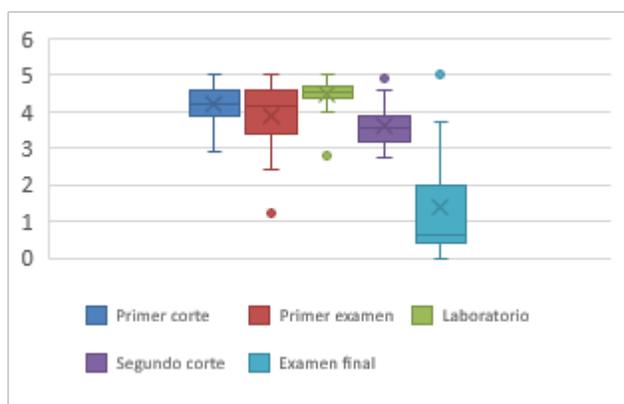


Figura 1. Calificaciones de lógica y algoritmia en un curso del segundo semestre de 2015.

Fuente: Autores

3 Reestructuración del curso de lógica y algoritmia

De acuerdo con estos resultados y las debilidades identificadas en la sección II, la facultad de ingeniería de sistemas e informática propuso la reestructuración pedagógica de la asignatura lógica y algoritmia para mejorar la apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes, así como mejorar las prácticas de enseñanza, basados en la taxonomía SOLO y un modelo constructivista.

3.1 Taxonomía SOLO

De acuerdo con [1], el profesor es una parte fundamental en el proceso de aprendizaje y enseñanza de un curso universitario, ya que es quien planifica y estructura los contenidos teóricos de un curso, establece las actividades de aprendizaje que los estudiantes deben adquirir dentro del proceso formativo y crea un ambiente adecuado dentro del aula de clases que permita el aprendizaje de los estudiantes.

Además, [1] propone que el aprendizaje es un ejercicio constructivista, en el cual los estudiantes son sometidos a un conjunto de actividades de aprendizaje que llevan al estudiante hacia nuevas estructuras de pensamiento o simplemente se limiten a una acumulación de conocimientos. Por lo tanto, se requiere que el profesor defina claramente sus objetivos de aprendizaje antes de realizar su ejercicio docente.

Para lograrlo, la taxonomía SOLO es una herramienta que permite establecer los resultados esperados del proceso de aprendizaje dentro de un ambiente universitario y cuenta con cinco niveles de conocimiento de acuerdo con los objetivos de aprendizaje [1,5].

El primer nivel preestructural, es el mas bajo de todos y corresponde a la insuficiencia de conocimiento que se presenta cuando el estudiante no ha cumplido con los objetivos de aprendizaje del curso, lo cual le impide dar solución a una situación problema. El segundo nivel conocido como uniestructural, es aquel donde los estudiantes pueden identificar un procedimiento sencillo y dar respuesta a este único aspecto de la situación problema sin ser capaces de ir más allá de ese procedimiento. El tercer nivel o multiestructural, el estudiante es capaz de identificar varios procedimientos relevantes y dar una respuesta estructurada para cada uno de estos aspectos en forma secuencial.

El cuarto nivel relacional, el estudiante muestra una comprensión global de la situación y brinda una respuesta integrada que relaciona todos los aspectos y procedimientos.

El quinto nivel o nivel de abstracción extendida brinda respuestas basadas en un proceso de teorización, generalización, que permiten formular hipótesis y reflexionar en aspectos que van más allá del problema a resolver.

3.2 Objetivos de aprendizaje

En el caso de lógica y algoritmia, de acuerdo con el análisis realizado en la sección II, se puede decir que debido a las debilidades como la falta de motivación o la falta de enfoque disciplinar de la asignatura hacia cada uno de los programas de ingeniería, los estudiantes se encuentran en su mayoría entre los niveles de aprendizaje preestructural y uniestructural presentados en la taxonomía SOLO.

Ya que se desea que los estudiantes se encuentren dentro de los niveles relacional y de abstracción extendida, es necesario reformular los objetivos de aprendizaje de la asignatura, que orienten el ejercicio de reestructuración. Para esto, el propósito del curso se enfocó más en fortalecer el pensamiento lógico-matemático, que en dominar comandos de un lenguaje de programación [4]. Teniendo en cuenta que la UPB cambio su modelo pedagógico al modelo basado en competencias, las nuevas competencias cognitivas del curso buscan que el estudiante:

- Abstrae problemas del mundo real y formal, los analiza desde la perspectiva de sus entradas, proceso y salidas, y los modela a través de diagramas de flujo y pseudocódigo”.
- “Entiende los diagramas de flujo y el pseudocódigo como representación de situaciones del mundo real y formal”.
- “Comprende la correspondencia entre un lenguaje simbólico como el de los diagramas de flujo y los comandos propios de un lenguaje computacional de alto nivel”.

Por otro lado, desde las competencias actitudinales se forma para que el estudiante:

- “Actúe responsablemente frente a aspectos de corrección en los algoritmos y soluciones computacionales propuestas”

En las competencias pragmáticas se busca que el estudiante:

- “Elabore diagramas de flujo o pseudocódigo que den cuenta de la formalización algorítmica de problemas concretos y abstractos certificados a través de técnicas de

validación y comprobación, en diversos campos de aplicación de la ingeniería”.

- “Transforme diagramas de flujo y pseudocódigo a lenguaje de programación de alto nivel, que respondan con la semántica, gramática y sintaxis de este, a partir de la elaboración del código fuente enmarcado en principios de seguridad, la ejecución satisfactoria de un conjunto de pruebas y el dominio de ambientes integrados de desarrollo”.

Además, el contenido del curso se concentró en el pensamiento lógico matemático combinado con el pensamiento algorítmico, enfatizando en las fases del proceso de la programación (definición del problema, análisis, diseño, codificación), el concepto de algoritmo, y sus formas de representación, los tipos de datos, expresiones, operadores y sus jerarquías, las estructuras de control en los diagramas de flujo y pseudocódigo como entradas, salidas, estructuras secuenciales, condicionales, repetitivas, modulares, arreglos unidimensionales y bidimensionales, las técnicas de validación y comprobación. Finalmente, un lenguaje de programación para llevar a código las estructuras anteriores.

3.3 Elección de Python como lenguaje de programación

Originalmente el lenguaje de programación empleado en lógica y algoritmia fue C++, debido a que es un lenguaje de propósito general, muy popular, el de mayor dominio por parte de los docentes de la asignatura. Sin embargo, la sintaxis estricta del lenguaje se convierte en una dificultad para los principiantes quienes realizan un desgaste innecesario tratando de dominar la sintaxis, más que privilegiando el desarrollo de la algoritmia. La popularidad de Python con propósito educativo se debe a que es un lenguaje de programación débilmente tipado, que se asemeja al inglés, posee lectura y escritura simple, lo que lo hace ideal para principiantes en el mundo de la programación que buscan reforzar el pensamiento lógico matemático. En la Fig. 2 se muestra que Python es el cuarto lenguaje más empleado en universidades para el aprendizaje de la programación.

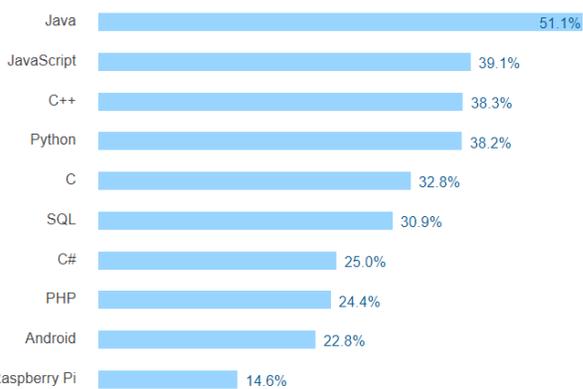


Figura 2. Lenguajes más empleados en la academia de acuerdo con StackOverflow en 2016.

Fuente: [6] Stack Overflow, Stack Overflow survey 2016, [En línea]. Available at: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2016>.

Python, no es sólo un lenguaje de propósito académico, sino que posee gran cantidad de bibliotecas que le dan fortalezas para muchos campos de aplicación. Por ejemplo, numpy está orientada a la computación científica, maneja estructuras vectoriales y matriciales; matplotlib se utiliza para representación gráficas. De acuerdo con el último reporte de StackOverflow [6], Python encabeza la lista de lenguajes de programación empleados en minería de datos y procesamiento matemático. La Fig. 3 muestra que supera a lenguajes tradicionales como C++ y especializados en el manejo de datos como R. Además, Python es un lenguaje de programación de código abierto, lo cual posibilita que cualquier persona lo pueda descargar en forma gratuita sin ningún tipo de licencia. Así que los argumentos anteriores condujeron a seleccionar Python como el nuevo lenguaje para Lógica y Algoritmia.

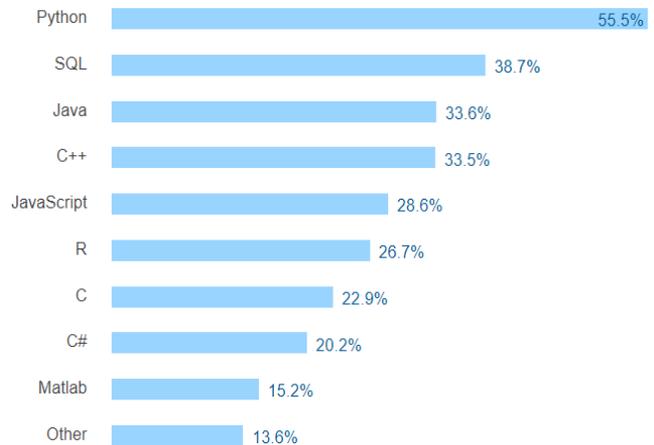


Figura 3. Lenguajes más empleados para minería de datos y procesamiento matemático de acuerdo con StackOverflow en 2016

Fuente: [6] Stack Overflow, Stack Overflow survey 2016, [En línea]. Available at: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2016>.

3.4 Estrategias lúdicas y tutoriales

Para superar las deficiencias pedagógicas centradas en métodos y ejemplos tradicionales, se exploraron estrategias lúdicas para la enseñanza de la lógica. Una de ellas es el sitio web Hora del Código [7]. Este sitio permite a los estudiantes introducirse en el pensamiento lógico matemático a través de juegos y actividades.

En la Fig.4 se presenta un ejemplo de uno de los juegos utilizados en la plataforma hora del código. Allí un robot debe alcanzar montones de chatarra, y para ello se le programan una secuencia de pasos; en la medida que avanza tiene que tomar decisiones, y realizar repeticiones, para los cuales involucra estructuras condicionales y cíclicas.

Por otra parte, la plataforma permite al docente crear un curso donde puede registrar el avance de los estudiantes en los temas de programación. En la Fig. 5 se observa un ejemplo de uno de los cursos de lógica y algoritmia donde se puede ver la cantidad de niveles completados por el estudiante, así como las líneas de código que ha utilizado para resolver las situaciones presentadas.



Figura 4. Ejemplo de juego en la Hora de código
Fuente: [7] Code.org, Hora del codigo, [En línea]. Available at: code.org.

Además, con el objetivo de familiarizar al estudiante con el lenguaje de programación Python, que es el soporte práctico del curso para el aprendizaje del pensamiento lógico matemático, se presentan a los estudiantes los tutoriales de Codecademy.com para el aprendizaje de Python [8]. En la Fig. 6 se muestra el entorno de trabajo, el cual muestra las instrucciones a seguir, un espacio para codificar y una pantalla para visualizar los resultados del ejercicio.

Nombre	Niveles Completados	Líneas de Código
Jose David Ordoñez Leal	100	469
James Méndez Gómez	162	745
Andrés Kamilo Peña Ramírez	68	154
Joan Sebastian riveros lozada	123	453
Andres Kamilo Peña Ramirez	108	420

Figura 5. Desempeño de un curso de lógica y algoritmia en hora de código
Fuente: Autores

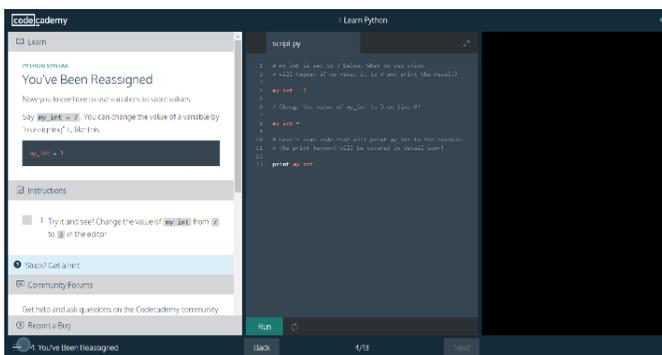


Figura 6. Plataforma de code academy para Python
Fuente: [8] Code academy, [En línea]. Available at: <https://www.codecademy.com/>.

3.5 Herramientas TIC de apoyo a la presencialidad

Tomando en consideración varias características del curso de lógica y algoritmia como el número considerable de grupos debido a la cantidad de estudiantes y los múltiples docentes que imparten el curso, se requiere buscar la uniformidad en el

material base de enseñanza incluyendo las prácticas de laboratorio. Este último es recibido semanalmente, por lo que se requiere de un buzón para la recepción de los exámenes, así como una forma de medir la trazabilidad del progreso de cada grupo para evaluar si todos alcanzan la base mínima esperada de desarrollo del plan de trabajo semestral.

Por lo tanto, se hace imprescindible contar con un entorno virtual de aprendizaje de apoyo a la presencialidad. Y la Universidad desde varios años atrás, encontró en Moodle [9,10] la mejor solución a esta necesidad.

El curso de lógica y algoritmia está configurado en Moodle como un solo módulo con un único diseño instruccional. En la Fig. 7. Se puede observar el diseño de un tema compuesto por cuatro secciones, como se indica en el manual de diseño de la UPB.

La sección de ¿Qué saber?, proyecta el alcance e importancia del tema. En la sección, ¿Qué hacer? Allí los estudiantes encontrarán las actividades a desarrollar, que son propias de cada grupo, y visibles sólo para ellos. La sección ¿Qué recursos usar? Ofrece el material base y unificado para el tema. Aparecen principalmente las presentaciones de cada clase. Finalmente, la sección de material complementario permite que los docentes sugieran lecturas o actividades adicionales que pueden ser particulares para cada grupo.

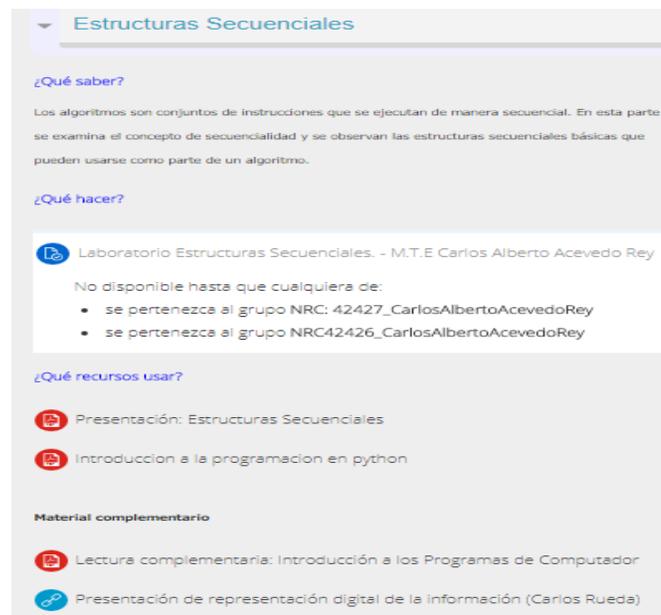


Figura 7. Ejemplo de una unidad temática dispuesta en Moodle
Fuente: Autores

3.6 Exámenes por departamento

Originalmente en cada grupo se desarrollaban los exámenes parcial y final con temarios definidos por sus docentes. Esto tiene ventaja para el estudiante pues se espera una evaluación muy coherente con los temas y ejercicios abordados durante las clases. Sin embargo, al realizar comparaciones entre los niveles de dificultad de los exámenes de los diferentes docentes se encontraron diferencias considerables que terminaban por no favorecer el aprendizaje, el cual se limitaba muchas veces a un nivel de evaluación uniestructural que dejaba indagar al estudiante más allá de la resolución de un ejercicio.

Por ello, se determinó que los exámenes serían los mismos para todos los grupos de lógica y algoritmia. Para ello se demandaba una logística en tiempo, y acceso a los laboratorios, seguridad de los temarios, que garantizara que todos los estudiantes podrían estar tomando el examen a la misma hora, para evitar problemas de fraude en los exámenes.

Con relación a los temarios, las preguntas debían ser enviadas por los docentes y seleccionadas por el coordinador, de acuerdo con diversos criterios de estilos de pregunta (de selección, falso y verdadero, pregunta abierta, interpretación de situaciones para creación de algoritmos, seguimiento de algoritmos o código, mapeo entre algoritmos y código).

4 Resultados de la reestructuración

Con el fin de evaluar la efectividad de la reestructuración de la asignatura de acuerdo con los nuevos objetivos de aprendizaje basados en la taxonomía SOLO, se analizarán en forma cualitativa diferentes aspectos como las opiniones de estudiantes y docentes que tomaron la asignatura. En forma cuantitativa, se estudiarán las notas de los cursos de lógica y algoritmia en los cuales se realizó la reestructuración, así como las estadísticas de usabilidad de la plataforma Moodle del curso.

En forma cualitativa se encontró que, a nivel teórico, se pudo observar que la unificación de materiales de clase y la contextualización de ejemplos y ejercicios mejoro el interés de los estudiantes, así como su comprensión del pensamiento lógico matemático. También, a nivel de aprendizaje el uso de las herramientas de code.org y CodeAcademy contribuyo a mejorar la comprensión del pensamiento lógico matemático y su relación con la programación. Asimismo, el uso de Python como lenguaje de programación permitió a los estudiantes enfocarse mas en el pensamiento lógico matemático en lugar de la sintaxis de la programación. A nivel de evaluación, la estandarización de exámenes permitió unificar los objetivos de evaluación de todos los cursos y enfocar al estudiante hacia la comprensión del pensamiento lógico matemático.

De esta forma, muchos estudiantes, ya son capaces de pasar de un nivel unidimensional a un nivel relacional, en el cual pueden comprender la relación entre los diferentes elementos de un mismo problema y dar una solución, basada en este caso en el pensamiento lógico matemático empleando un algoritmo.

Por otra parte, los estudiantes con mayor interés fueron capaces de pasar a un nivel de abstracción extendida, el cual les permite llevar el pensamiento lógico matemático a nuevas situaciones y ser más críticos ante el desarrollo de soluciones computacionales basadas en el pensamiento lógico matemático.

Además, el uso de Moodle como herramienta de mediación TIC para el seguimiento de la trazabilidad el curso permite a los estudiantes y docentes tener un espacio para el intercambio de información y el seguimiento del desarrollo del curso por parte del coordinador de la asignatura.

Para evidenciar los efectos de la reestructuración en forma cuantitativa se realizó la comparación de notas obtenidas de dos cursos de la asignatura lógica y algoritmia para el periodo 2016-20, los cuales serán denominados grupo 1 y grupo 2, con respecto a las notas obtenidas durante el periodo 2015-10 mostradas en la Fig.1. El grupo 1 corresponde a un grupo de 30 personas de las cuales el 95% corresponde a ingenieros civiles. Por otra parte, el grupo 2 corresponde a un grupo de 35 personas donde el 95% corresponden a ingenieros industriales. Estos

grupos se pueden considerar equivalentes con el grupo mostrado en la Fig.1, ya que los dos grupos tienen estudiantes de la escuela de ingenierías de programas donde, aunque el pensamiento lógico matemático es necesario, la programación produce una reticencia ya los estudiantes consideraban que esta no era parte importante de su plan de estudios.

En la Fig.8a se muestra un diagrama de caja y bigotes con las notas obtenidas por grupo 1 y en la Fig.8b las notas obtenidas por el grupo 2. Como se puede observar, existe un cambio significativo en la distribución de las notas del examen final, así como de la nota del segundo corte para el grupo 1 y el grupo 2 con respecto al grupo presentado en la Fig.1. Particularmente en el caso del examen final, se puede apreciar que más del 75% de las notas obtenidas en el grupo 1 y en el grupo 2 se encuentran por encima de una nota de 2.0, de los cuales el 50% en ambos grupos está alrededor del 3.4, resaltando una mejora significativa con respecto al grupo de referencia donde el 75% se ubicó por debajo de 2.0. Esto evidencia que los estudiantes son más perseverantes en el estudio del curso, lo que hace suponer que obtienen más conocimientos y de una manera más significativa.

Las notas del primer corte y del segundo corte muestran una mejora en el desempeño por parte de los estudiantes, donde el 50% de las notas se encuentran por encima de 3.5. También se puede notar la existencia de algunos puntos atípicos, correspondientes a casos particulares de estudiantes que no representan el comportamiento general del grupo.

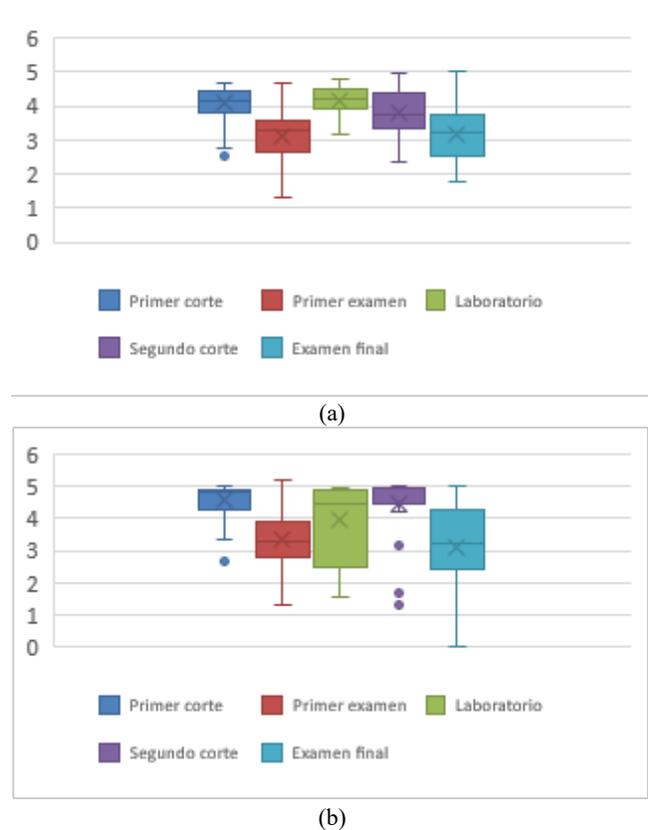


Figura 8. Diagrama de caja y bigotes para las notas (a) del grupo 1 y (b) del grupo 2 de lógica y algoritmia en el periodo 2016-20
Fuente: Autores

Otro indicador cuantitativo empleado para medir el nivel de desempeño de los estudiantes de la asignatura corresponde a las

estadísticas de usabilidad que entrega el curso en Moodle. En la Fig.9 se presentan los tiempos de dedicación promedio y total de los estudiantes y docentes a la plataforma a lo largo de tres semestres (2016-10, 2016-20 y 2017-10). En ellos estudiantes y docentes han totalizado 2341 horas de permanencia con un tiempo promedio por persona de 9 horas 57 minutos. Lo cual resulta favorable en las expectativas de actividad, uso de material unificado, desarrollo de actividades.

Evaluación de la eficacia del Ambiente Virtual de Aprendizaje	Rango de dedicación		
	Días	Hora	Minutos
Tiempo de duración total del Ambiente Virtual de Aprendizaje	156	14	00
Tiempo de dedicación total de los estudiantes y docente		2341	56
Tiempo de dedicación media de los estudiantes y docente	00	9	57

Figura 9. Tiempo de dedicación de los estudiantes y docentes en el uso de la plataforma Moodle del curso lógica y algoritmia.

Fuente: Autores

A partir de los resultados de la reestructuración de la asignatura, es posible decir que la mayoría de los estudiantes, de acuerdo con la taxonomía SOLO, han logrado pasar de un nivel preestructural y unidimensional a los niveles relacional y de abstracción. Esto se evidencia cuantitativamente en un mejor desempeño académico demostrado en un incremento en las calificaciones finales de la asignatura. Sin embargo, en forma conceptual y teórica, estos resultados son un indicador de una mayor apropiación del conocimiento de la asignatura, así como de una reducción considerable en la retención al aprendizaje del pensamiento lógico matemático. Además, la contextualización del pensamiento lógico matemático hacia cada una de las disciplinas de la ingeniería permite a los estudiantes visualizar un modelo de pensamiento que puede ser extendido en cada disciplina como herramienta para la solución de situaciones problema. Por otra parte, desde el punto de vista del aprendizaje, la inclusión de herramientas didácticas, la unificación de contenidos y el uso de un lenguaje de programación más sencillo permitió a los estudiantes dar un enfoque más centrado hacia el pensamiento lógico matemático y la abstracción de problemas del mundo real en lugar de estar atento únicamente a la sintaxis de un lenguaje.

5 Conclusiones

Este artículo presenta el proceso de reestructuración de la asignatura Lógica y Algoritmia de la UPB Bucaramanga, basada en un modelo constructivista soportado por la taxonomía SOLO para evidenciar los objetivos de aprendizaje deseados de la asignatura. Esta transformación se basó en la transformación del pensamiento lógico matemático de los estudiantes de la escuela de ingenierías que se encontraba en un nivel preestructural o unidimensional, a pasar a un nivel relacional o de abstracción extendida. Para esto, se requirió la definición de nuevos objetivos de evaluación, el cambio de lenguaje de programación a Python, la incorporación de material lúdico y tutoriales interactivos, uso de la plataforma Moodle como apoyo a la presencialidad con material unificado, proyectos de aula contextualizados para las carreras de los estudiantes, y exámenes unificados.

Los resultados de esta reestructuración evidenciaron que los estudiantes pasaron de un nivel preestructural a un nivel de relacional en la mayoría de los casos, lo cual se evidencia en forma cuantitativa en una mejora en las notas de la asignatura. Sin embargo, desde el punto de vista teórico, elementos como la unificación de contenidos y la inclusión de herramientas didácticas permitió a los estudiantes disminuir su retención hacia el curso y cambiar su nivel de conocimiento de forma efectiva, acercándose hacia los objetivos de enseñanza del curso. Desde el aprendizaje, se puede ver que hubo una mayor apropiación del conocimiento, así como una comprensión global del pensamiento lógico matemático aplicado desde el punto de vista de la programación. Cabe resaltar, que este proceso de reestructuración se mantiene en una constante revisión, para garantizar al estudiante no solo un ambiente adecuado de clase, sino un espacio para continuar con el desarrollo del pensamiento lógico matemático, buscando siempre un nivel de conocimiento relacional o de abstracción que le brinde herramientas para resolver problemas dentro de las disciplinas de cada estudiante de la escuela de ingenierías de la UPB Bucaramanga.

Referencias

- [1] Biggs, J., Calidad de la educación universitaria, Madrid: Narcea, 2005, ISBN 10:8427713983.
- [2] UPB Seccional Bucaramanga, Informe de notas de lógica y algoritmia, semestre 2015-10, Floridablanca, 2016.
- [3] UPB Seccional Bucaramanga, Informe final de notas de lógica y algoritmia del semestre 2016-20, Floridablanca, 2016.
- [4] UPB, Syllabus de Lógica y Algoritmia, 2015.
- [5] Huerta, M.P., Los niveles de Van Hiele y la taxonomía SOLO: un análisis comparado, una integración necesaria, Investigación Didáctica, 17(2), pp. 291-309, 1999.
- [6] Stack Overflow, Stack Overflow survey 2016, [online]. [Último acceso: 2017-08-12]. Available at: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2016>.
- [7] Code.org, Hora del código, [En línea]. [Último acceso: 28-07-2017]. Disponible en: code.org.
- [8] Codecademy, [online]. [Último acceso: 28 07 2017]. Available at: <https://www.codecademy.com/>.
- [9] Moodle, Moodle, [online]. Available at: https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle.
- [10] UPB, UPB Virtual. BL Bucaramanga, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://bl.bucaramanga.upb.edu.co/>.
- [11] JAVAWORLD of IDG, Python bumps off Java as top learning language, [online]. [Último acceso: 2017-08-12]. Available at: goo.gl/aj6PRw.
- [12] UPB, Diseño instruccional de la asignatura lógica y algoritmia, UPB, Bucaramanga, 2017.

D.T. Gómez-Forero, es Ing. de Sistemas y MSc. en Informática de la Universidad Industrial de Santander (Colombia). MSc. en Ciencias de la Computación de la Universidad de Oklahoma (USA). Trabaja para la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Su área de interés en investigación es la Ingeniería de Software y la Informática Educativa. ORCID: 0000-0001-5054-4864

J.B. Viola-Villamizar, es Ing. Electrónico y MSc en Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. Sus áreas de investigación son el control fraccionario, la robótica industrial, el procesamiento de imágenes y el reconocimiento de patrones. ORCID: 0000-0003-2739-5383

Diseño matemático de un evaporador coaxial en régimen transitorio trabajando con dióxido de carbono como refrigerante

Marlin Maldonado-Pérez ^a, Juan García-Pabón ^b & José Bermúdez-Santaella ^c

^a Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. marlinsurelymp@ufps.edu.co

^b Dpto de electricidad y electrónica, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. jjgp.ufmg@gmail.com

^c Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. joserocardobs@ufps.edu.co

Resumen— En el presente estudio de investigación se desarrolló el diseño matemático de un evaporador coaxial en régimen transitorio en el cual se utilizó como refrigerante el dióxido de carbono. Teniendo en cuenta las características dominantes en este estudio para obtener un diseño adaptado a favorecer y dar rendimiento óptimo en este proceso. Para tal fin se desarrolló una metodología que se centra en el desarrollo de entradas y salidas del comportamiento del refrigerante en mención. Por lo tanto, podemos decir que se elaboró un algoritmo que se implementó con la herramienta “EES” y nos proporcionó un gran aporte para poder desarrollar el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Palabras Clave— evaporador; diseño; refrigeración y dióxido de carbono.

Recibido: 4 de julio de 2018. Revisado: 3 de septiembre de 2018. Aceptado: 11 de septiembre de 2018.

Mathematical design of a coaxial evaporator in regime transient working with carbon dioxide as refrigerant

Abstract— In the present study of investigation there developed the mathematical design of the evaporating coaxial one in transitory regime in which the carbon dioxide was in use like cooling. Having in it counts the dominant characteristics in this study to obtain a design adapted to favoring and giving ideal performance in this process. For this purpose, a methodology was developed that focuses on the development of inputs and outputs of the refrigerant behavior in question. Therefore, we can say that there was elaborated an algorithm that was implemented in the tool “EES” and provided a great contribution to us to be able to develop the analysis and interpretation of the obtained results.

Keywords— evaporating; design; refrigeration and carbon dioxide.

1 Introducción

En la actualidad existen formas de efectuar regresiones que conlleven a estudiar las características y efectos que prevalecen en el diseño de los evaporadores orientados a los procesos de refrigeración industrial. Estos proporcionan grandes cantidades de componentes contaminantes que se debe disminuir por los efectos que proporcionan al medio ambiente, por tal razón se ve con preocupación el estudio más específico de estos compuestos como disminuirlos. En este trabajo se centra en diseñar y tener en cuenta el comportamiento del refrigerante teniendo como soporte fundamental las características, ya que se necesita tener como elementos fundamentales los puntos de las propiedades termodinámicas, viendo más puntual las características a través de investigadores que trabajan en las respectivas regresiones.

Entre esta están las formuladas para la saturación por Xiande Fang, Petukhov & Roysen y para el sobrecalentados por Dittus Boelter. Otro aspecto importante es la eficiencia que se presenta a través del estudio de Incropera & De Witt [1].

2 Metodología del diseño

Para realizar el diseño matemático del evaporador coaxial en régimen transitorio, se calculará las correlaciones necesarias para determinar la longitud total del sistema; teniendo en cuenta la función que realiza el evaporador, los parámetros establecidos y los datos de entrada y salida del sistema.

2.1 Propiedades termodinámicas del evaporador

Se realizará un análisis termodinámico y de transferencia de calor para el evaporador coaxial, estableciendo los volúmenes de control, fases del proceso, entradas y salidas e intercambios de calor entre ellos

2.2 Balance de energía

Se trabajará con un tubo concéntrico de PVC que en el interior contiene un tubo de cobre, el cual produce una evaporación al refrigerante por medio del flujo del agua. Para el análisis se considera que:

- El evaporador está en estado transitorio.
- La fase de saturación se divide en 10 interacciones.
- El evaporador realiza el proceso de saturación y sobrecalentamiento.
- La presión siempre se mantiene constante.
- La temperatura del agua siempre se va disminuir en todo el proceso del evaporador
- La temperatura del dióxido de carbono permanece constante en el proceso de saturación, mientras que en el proceso de sobrecalentado aumenta.
- En el proceso de saturación, el agua no estará saturada sino en líquido comprimido en todo el proceso.
- Para el estado del agua se relaciona con el proceso en el que está el refrigerante.
- El proceso de saturación es un proceso bifásico, mientras en el proceso de sobrecalentado es monofásico.

Para el volumen de control se establece el balance de energía aplicando la primera ley de la termodinámica [2]:

Como citar este artículo: Maldonado-Pérez, M., García-Pabón, J. and Bermúdez-Santaella, J., Diseño matemático de un evaporador coaxial en régimen transitorio trabajando con dióxido de carbono como refrigerante. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 48-53, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

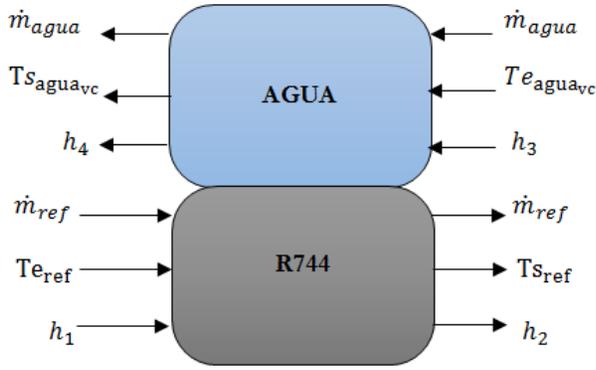


Figura 1 Volumen de control para el análisis termodinámico del evaporador. Fuente: Los autores

Balance de energía para el dióxido de carbono:

$$\dot{Q}_{ref} = \dot{m}_{ref} * (h_2 - h_1) \quad (1)$$

Balance de energía para el agua:

$$\dot{Q}_{agua} = \dot{m}_{agua} * (h_4 - h_3) \quad (2)$$

Balance de energía general del evaporador:

$$\dot{Q}_{1-2}^0 = \dot{m}_{ref} * (h_2 - h_1) + \dot{m}_{agua} * (h_4 - h_3) \quad (3)$$

2.3 Ecuaciones del diseño

El diseño está establecido a partir de ecuaciones para cada sección del evaporador estudiado en contracorriente, basándonos en las especificaciones que se obtiene del proceso en régimen transitorio.

Se mostrará las ecuaciones, cálculos y procesos que se utilizaron en las fases del evaporador, teniendo en cuenta las propiedades del proceso, del fluido refrigerante y del agua.

2.3.1 Saturación

En esta fase la temperatura y presión del refrigerante se mantiene constante, por otro lado, la temperatura del agua comienza a disminuir desde su inicio, produciendo una cantidad de energía que es absorbida o liberada durante el calor latente de vaporización.

Se define la temperatura media de la fase, donde podemos calcular mediante la Fig. 3 que muestra el perfil de temperatura para un evaporador, el cual solo se calculará para el agua porque el refrigerante permanece constante.

$$T_{med_{sat}} = \frac{(T_{e_{agua_{vc}}} + T_{s_{agua_{vc}}})}{2} \quad (4)$$

Para hallar la $T_{s_{agua}}$ se utilizó la siguiente ecuación:

$$T_{s_{agua}} = \frac{\dot{m}_a * C_{p_a}}{Q_{tot}} - T_{e_{agua}} \quad (5)$$

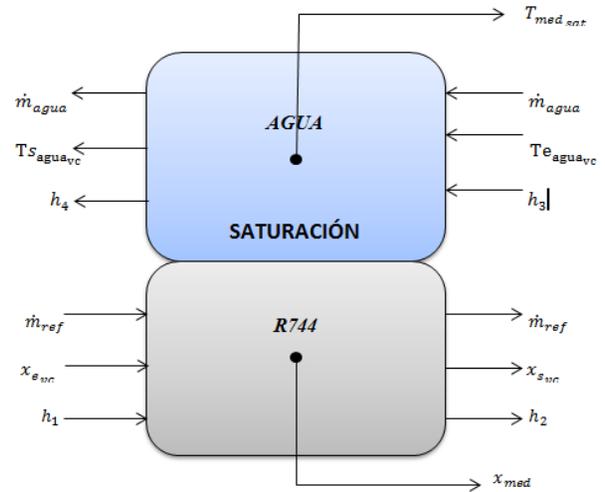


Figura 2 Balance de energía para el proceso de saturación. Fuente: Los autores

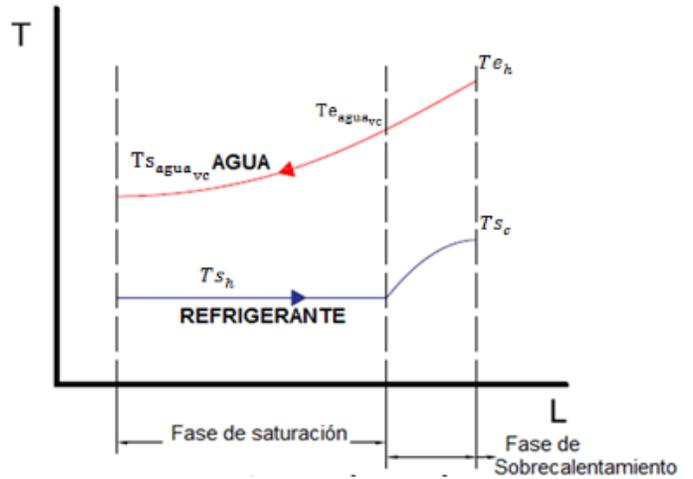


Figura 3 Perfil de temperatura para el evaporador. Fuente: Los autores

Dónde:

$$Q_{tot} = 3000 \quad (6)$$

$$\dot{m}_a = \dot{V}_a * \rho_a$$

$$\dot{V}_a = 1.5 * 10^{-4} \quad (7)$$

• Correlación de Xiande Fang

En la ec. (6) se establece la correlación de Xiande Fang [3], con el fin de obtener el coeficiente de transferencia de calor para la fase de saturación.

$$h_{i_{sat}} = \frac{Nu_{i_{sat}} * k_{ref_{sat}}}{d_{int}} \quad (6)$$

Dónde:

$$Nu_{i_{sat}} = \frac{0.00061 * (S+F) * Re_l * Fa^{0.11} * Pr_{ref_{sat}}^{0.4}}{\ln\left(\frac{1.024 * \mu_{l_{ref}}}{\mu_{l_{w_{ref}}}}\right)} \quad (7)$$

$$S = 41000 * Bo^{1.13} - 0.275 \quad (8)$$

$$Bo = \frac{\dot{q}_s}{G_c * \Delta h_{vap}} \quad (9)$$

$$\dot{q}_s = \dot{m}_{agua} * Cp_{med\ agua} * \left(\frac{T_{e\ agua} - T_{s\ agua}}{A_{sup}} \right) \quad (10)$$

$$A_{sup} = \pi * d_{ext} * L_r \quad (11)$$

El valor de L_r es la longitud total del evaporador, el cual es la distancia que se está calculando, por tal motivo se asume.

$$F = \left(\frac{x_{med}}{1-x_{med}} \right)^a * \left(\frac{\rho_{l,ref}}{\rho_{vp,ref}} \right)^{0.4} \quad (12)$$

Tabla 1.
Parámetro para la variable a

Variable	Ecuaciones	Condiciones
a	$0.48 + 0.00524 * (Re_l * Fa^{0.11}) - 5.9 * 10^6 * (Re_l * Fa^{0.11})^{1.85}$	$Re_l * Fa^{0.11} < 600$
	0.87	$Re_l * Fa^{0.11} \geq 600$ y $Re_l * Fa^{0.11} \leq 6000$
	160.8	$Re_l * Fa^{0.11} > 6000$
	$(Re_l * Fa^{0.11})^{0.6}$	

Fuente: Fang, X. [3]

Por último, se utilizan las ecuaciones del número de Reynolds y Fang

$$Re_l = \frac{(1-x_{med}) * G_c * d_{int}}{\mu_{l,ref}} \quad (13)$$

$$Fa = \frac{(\rho_{l,ref} - \rho_{v,ref}) * \sigma}{G_c^2 * d_{int}} \quad (14)$$

Para hallar la calidad media se realiza utilizando el balance de energía de la fase de saturación, donde se utilizando la calidad de entrada en los volúmenes de control x_{vc_e} que es igual a la calidad de entrada del refrigerante x_{e_c} .

$$x_{med} = \frac{(x_{vc_s} + x_{vc_e})}{2} \quad (15)$$

Para la ecuación anterior se necesita hallar la calidad de salida de los volúmenes de control, el cual se halla mediante la siguiente ecuación:

$$x_{vc_s} = x_{vc_e} + \left(\frac{1-x_{e_c}}{N} \right) \quad (16)$$

• Correlación de Petukhov & Roysen

Mediante esta nueva correlación se halla el coeficiente de transferencia de calor para el agua, el cual se produce en un espacio anular [4]:

$$ho_{sat} = \frac{Nu_{o\ sat} * k_{agua\ sat}}{D_h} \quad (17)$$

Dónde:

$$Nu_{o\ sat} = 0.023 * Re_{agua\ sat}^{0.8} * Pr_{agua\ sat}^{0.4} * (1 - \varphi) * \left(\frac{d_{ext}}{D_{int}} \right)^n \quad (18)$$

$$Re_{agua\ sat} = \left(\frac{4 * \dot{m}_{agua}}{\pi * D_h * \mu_{agua\ ref}} \right) \quad (19)$$

$$\varphi = \frac{0.45}{2.4 + Pr_{agua\ sat}} \quad (20)$$

$$n = 0.16 * Pr_{agua\ sat}^{-0.15} \quad (21)$$

$$D_h = D_{int} - d_{ext} \quad (22)$$

• Eficiencia de NTU

Se utiliza el método de NTU para poder despejar el área de saturación, con motivo de hallar la longitud en esta fase [5].

$$NTU = \frac{U_{sat} * A_{sat}}{C_{min\ sat}} \quad (23)$$

$$A_{sat} * U_{sat} = NTU * C_{min\ sat} \quad (24)$$

$$A_{sat} = \frac{NTU * C_{min\ sat}}{U_{sat}} \quad (25)$$

Utilizando la ecuación del libro de la Incropera & De Witt, podemos hallar la relación de NTU para un intercambiador de calor.

$$NTU = -\ln(1 - \varepsilon) \quad (26)$$

Remplazamos la relación de NTU en la ecuación del área de saturación.

$$A_{sat} = \frac{-\ln(1-\varepsilon) * C_{min\ sat}}{U_{sat}} \quad (27)$$

Dónde:

$$C_{agua\ sat} = \dot{m}_{agua} * Cp_{agua\ sat} * F_{sat} \quad (28)$$

$$C_{ref\ sat} = \dot{m}_{ref} * Cp_{ref\ sat} \quad (29)$$

Se utiliza el $C_{agua\ sat} \rightarrow C_{min\ sat}$ por que $C_{ref\ sat}$ tiende al infinito para la región de saturación.

El F_{sat} es una fracción de la longitud total del tubo que se requiere en la sección, este valor será asumido al principio, el cual es el inverso del número de volúmenes de control.

Para hallar la eficiencia del proceso de saturación, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{\dot{q}_{sat}}{\dot{q}_{max\ sat}} \quad (30)$$

Dónde:

$$\dot{q}_{sat} = \dot{m}_{ref} * \frac{(h_{vap_{ref}} - h_{ent_{ref}})}{N} \quad (31)$$

$$\dot{q}_{max_{sat}} = C_{min_{sat}} * (T_{s_{agua_{vc}}} - T_{e_{ref}}) \quad (32)$$

Para calcular el coeficiente global de transferencia de calor, se utilizan los coeficientes de transferencia de calor anteriores

$$U_{sat} = \frac{1}{\frac{1}{h_{i_{sat}}} + \frac{1}{h_{o_{sat}}}} \quad (33)$$

Para hallar la longitud de saturación se utilizó la ecuación del área del tubo:

$$A_{sat} = \pi * d_{ext} * L_{sat} \quad (34)$$

$$L_{sat} = \frac{A_{sat}}{\pi * d_{ext}} \quad (35)$$

En este proceso, se calcula la longitud en cada volumen de control, para así sumar todas las longitudes y tomar ese valor como una longitud total en la región de saturación.

Para la corrección del valor de F_{sat} , se vuelve a calcular nuevamente el factor para cada volumen de control.

$$F_{a_{sat}} = \frac{L_{sat}}{L} \quad (36)$$

Se repite el método NTU con este nuevo factor corregido. Esta interacción debe ser realizada hasta conseguir un error mínimo de 0,02 entre el factor anterior y el actual.

2.3.2 Sobrecalentamiento

En esta fase la temperatura del agua sigue disminuyendo, mientras que la temperatura del dióxido de carbono aumenta en el cual es mayor que la del punto de ebullición, en esta fase no se divide en interacciones.

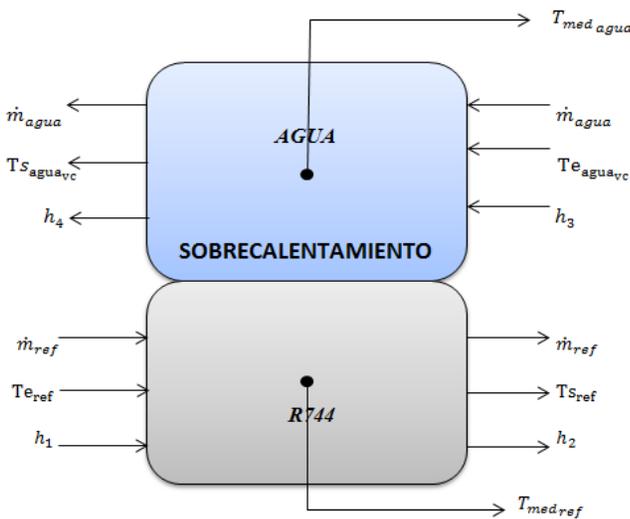


Figura 4 Balance de energía para el proceso de sobrecalentamiento. Fuente: Los autores.

De acuerdo a la Fig. 4 del perfil de temperatura para un evaporador, se podrá hallar las temperaturas medias del refrigerante y del agua

$$T_{med_{ref}} = \frac{T_{e_{ref}} + T_{s_{ref}}}{2} \quad (38)$$

$$T_{med_{agua}} = \frac{T_{s_{agua}} + T_{e_{agua}}}{2} \quad (39)$$

• Correlación de Dittus Boelter

Mediante esta correlación se halla el coeficiente de transferencia de calor para el dióxido de carbono, se utiliza esta ecuación por el cambio en proceso, bifásico a monofásico [6].

$$h_{i_{sob}} = \frac{Nu_{sob} * k_{ref_{sob}}}{d_{int}} \quad (40)$$

Dónde:

$$Nu_{sob} = 0.023 * Re_{ref_{sob}}^{\frac{4}{5}} * Pr_{ref_{sob}}^{0.4} \quad (41)$$

$$Re_{ref_{sob}} = \frac{G_c * d_{int}}{\dot{m}_{ref}} \quad (42)$$

Para hallar el coeficiente de transferencia de calor para el agua se utilizan las ec. (17)-(23) de la correlación de Petukhov & Roysen para un espacio anular. Solo se tiene que cambiar los datos de saturación a sobrecalentamiento.

• Eficiencia de NTU

Se utiliza el mismo procedimiento de la fase de saturación. El cual se utiliza las mismas ec. (24)-(27) utilizando los datos en sobrecalentamiento:

$$A_{sob} = \frac{-\ln(1-\epsilon) * C_{min_{sob}}}{U_{sob}} \quad (43)$$

Dónde:

$$C_{agua_{sob}} = \dot{m}_{agua} * C_{p_{agua_{sob}}} * F_{sob} \quad (44)$$

$$C_{ref_{sob}} = \dot{m}_{ref} * C_{p_{ref_{sob}}} \quad (45)$$

En este proceso si utilizamos el menor número entre las dos capacidades térmicas del flujo para buscar el $C_{min_{sob}}$.

El F_{sob} es una fracción de la longitud total del tubo que se requiere en la sección, este valor será asumido al principio.

$$F_{sob} = 0.05 \quad (46)$$

La eficiencia del proceso de sobrecalentamiento, se calcula utilizando las ec. (31)-(33) utilizando los valores en la fase de sobrecalentado.

En el proceso del coeficiente global de transferencia de calor, se utiliza la ec. (34) cambiando los valores hallados en el proceso de sobrecalentado.

Para halla la longitud de sobrecalentamiento se utiliza la ec.

(35) del área del tubo con valores de sobrecalentamiento.

$$L_{sob} = \frac{A_{sob}}{\pi \cdot d_{ext}} \quad (47)$$

El cálculo de la longitud total se realiza mediante la sumatoria de las dos longitudes halladas en cada fase:

$$L_{tot} = L_{sat} + L_{sob} \quad (48)$$

Por último se realiza la correlación del valor de F_{sob} en el que se realiza igual que la fase de saturación solo que se cambian los datos a sobrecalentamiento, recordar que debe cumplir con la sugerencia de conseguir un error mínimo de 0,02 y se realiza mediante la ecuación:

$$F_{a_{sob}} = \frac{L_{sob}}{L_{tot}} \quad (49)$$

3 Resultados

De acuerdo a los cálculos y procedimiento que se utilizaron anteriormente, se realizaron los siguientes flujogramas, en el cual, se dividen por las fases y el último tiene como fin hallar la longitud total del evaporador coaxial.

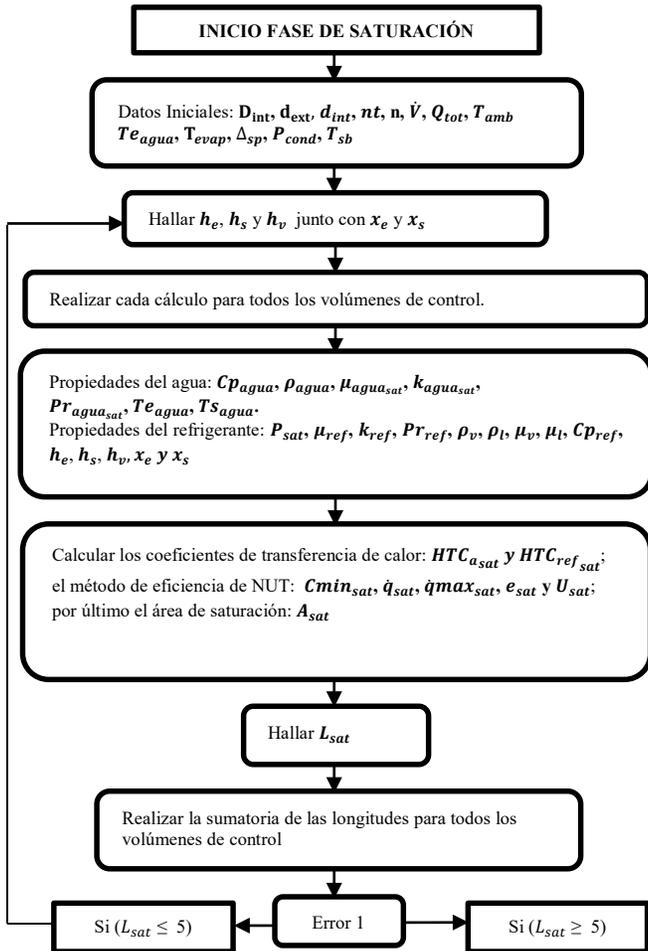


Figura 5 Flujograma del diseño matemático en la fase de saturación. Fuente: Los autores

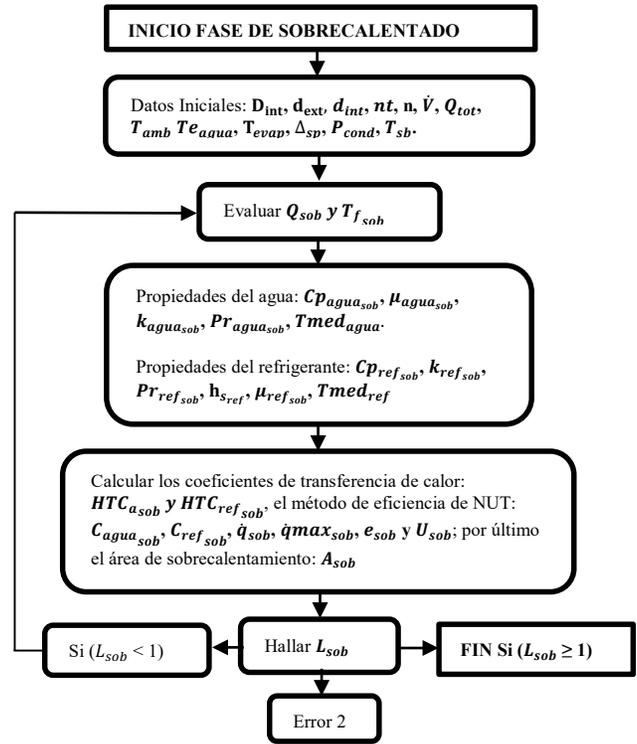


Figura 6 Flujograma del diseño matemático en la fase de sobrecalentamiento. Fuente: Los autores

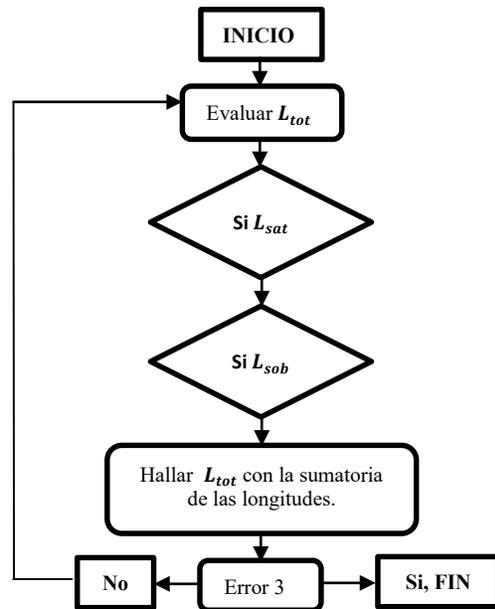


Figura 7. Flujograma del diseño matemático para el evaporador coaxial. Fuente: Los autores

A continuación, se mostrará las gráficas que se obtuvieron mediante el cálculo del diseño del evaporador, teniendo en cuenta las anteriores correlaciones; el cual se aplica para la parte de saturación por el número de interacciones.

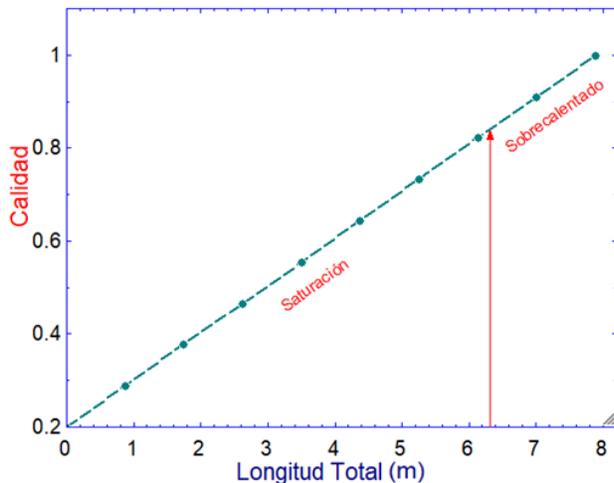


Figura 8 Calidad en función a la longitud
Fuente: Los autores

En la Fig. 8, se puede observar la relación entre la sección ocupada por el vapor y la sección ocupada por la mezcla bifásica, se puede observar que la fracción de vacío comienza desde 0.2 y a medida que va avanzando aumenta hasta llegar a 1, donde el líquido ya se encuentra en vapor sobrecalentado.

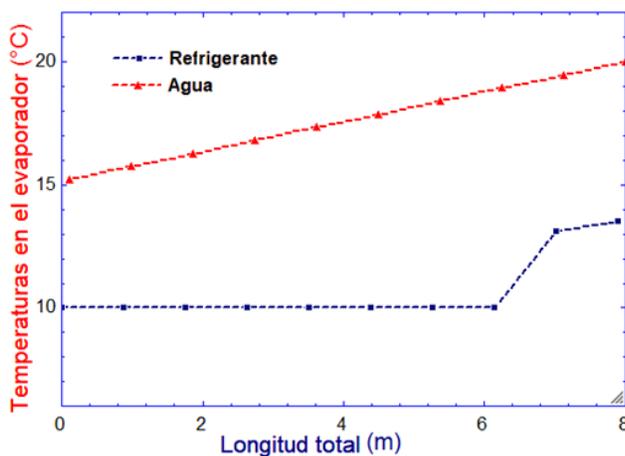


Figura 9 Temperaturas en el evaporador en función a la longitud.
Fuente: Los autores

En la Fig. 9, se puede observar las temperaturas en el evaporador en función de la longitud, donde se aprecia que la temperatura del refrigerante permanece constante en la fase de saturación con una temperatura de 10 °C, cuando llega a la fase de sobrecalentado aumenta hasta llegar a una temperatura de 13.5 °C, mientras que la temperatura del agua desde que entra al evaporador a una temperatura de 20 °C, disminuye en su proceso, hasta salir a una temperatura de 15.21. Esta grafica tiene similitud con la Fig. 3.

4 Conclusiones

Para el diseño del evaporador se debe tener en cuenta, que cuando se habla de agua saturada o sobrecalentada no significa

que el agua estará en esa fase, sino que se relaciona al proceso en el que se encuentra el refrigerante; el cual, el agua siempre va a permanecer en estado líquido.

Para la construcción del evaporador no se necesita un tubo con mayor espesor, en el cual en la Universidad Federal de Mina Gerais ya han trabajado con CO₂ y poseen tubos capaces de soportar altas presiones sin necesidad de tener un tubo con gran espesor y aun así el tubo sigue siendo flexible a pesar de todo.

El compresor debe resistir altas presiones, no significa que va a consumir más energía, al contrario; por las características del CO₂ que incluyen mejor coeficiente de transferencia de calor haciendo que la máquina sea de un tamaño moderado, por lo tanto el compresor va hacer más pequeño para una misma capacidad de refrigeración y mucho más eficiente, la razón es que su volumen de desplazamiento es menor que otros equipos con diferentes fluidos.

Referencias

- [1] Machado, L., Modele de simulation et etude experimentale d'un evaporateur de machine frigorifique en regime transitoire. Lyon – Francia. L'institut National Des Sciences Appliquees De Lyon. 1996.
- [2] Yunus, C. and Afshin, J., Transferencia de calor y masa. México. McGraw-Hill, 4ta Edición. 2011.
- [3] Fang, X., A new correlation of flow boiling heat transfer coefficients for carbon dioxide. New York - U.S.A. Revista: International Journal of Heat and Mass Transfer, 64, pp. 802-807, 2013.
- [4] Zakauskas, A., High-performance single-phase heat transfer. New York – U.S.A. Hemisphere Publishing Corporation, 1989.
- [5] Incropera and De Witt, Fundamentos de transferencia de calor. U.S.A. McGraw-Hill, 4ta Edición. 1999
- [6] Welty, J.R., Transferencia de calor aplicada a la ingeniería. Corvallis, U.S.A. Universidad Estatal de Oregon. 1996.

M.S. Maldonado-Pérez, recibió el título de Ing. Mecánica en 2017, de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. Actualmente estudiante de Maestría en Mantenimiento Industrial de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal, Venezuela. Se desempeñó en el grupo de investigación de procesos industriales (GIDPI), cuyas áreas de interés son: aire acondicionado, sistemas térmicos, transferencia de calor, termodinámica, mantenimiento industrial y refrigeración.
ORCID: 0000-0003-1137-1328

J.J. García-Pabón, recibió el título de Ing. Electromecánica en 2012, de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. Recibió el título de MSc. en Ingeniería Mecánica en 2014 y el Dr. en Ingeniería Mecánica en 2018, todos ellos de la Universidad Federal de Mina Gerais, Belo Horizonte, Brasil. Se desempeñó en el grupo de investigación de procesos industriales (GIDPI) y en el grupo refrigeración y aire acondicionado (GREA). Investigador con el perfil académico multidisciplinario, proactivo y dispuesto a afrontar nuevos retos con gran dedicación. Cuyas áreas de interés son: sistemas de refrigeración de calor y fluidos, automatización, control e instrumentación de procesos. Actualmente es profesor del instituto de ingeniería mecánica de la Universidad Federal de Itajuba, Brasil.
ORCID: 0000-0002-1894-534X

J.R. Bermúdez-Santaella, recibió el título de Ing. Electricista en 1991 de la Universidad Industrial de Santander, Cúcuta, Colombia. Recibió el título de MSc. en Automatización, Control e Instrumentación en 2016 de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Es líder del Grupo de Investigación de Desarrollo en Procesos Industriales (GIDPI) y docente de la Facultad de Ingeniería. Sus áreas de interés son: automatización, control, comportamiento de calderas, motores de combustión interna y turbocargadores. Cuenta con experiencia en el sector industrial.
ORCID: 0000-0001-9265-0083

Actitudes y perspectivas de los estudiantes frente a un curso de química general: implicaciones y propuestas

Manuel F. Molina-C.^a, Julio C. Rivera-Rodríguez^b & Liliam A. Palomeque-F.^a

^a Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. mfmolinac@unal.edu.co, lapalomequef@unal.edu.co

^b Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia. jriverarod3@uniminuto.edu.co

Resumen—En este artículo se analizan las actitudes de 113 estudiantes de ingeniería dentro de un curso de Química General, con el propósito de dimensionar el efecto del ambiente en el aprendizaje y la repetencia del curso. La indagación se llevó a cabo empleando un test de actitudes con una escala tipo Likert; en la prueba se consideraron cuatro dimensiones: el desempeño del profesor, los contenidos, la metodología y el estudiante. La aplicación del test permitió identificar que los estudiantes muestran actitudes más bajas en cuanto a la participación activa en el curso, relacionado tal vez con la metodología y con la cantidad de contenidos del curso, y que el profesor al contar con una buena actitud afecta positivamente el resto de actitudes de los estudiantes en sus diferentes dimensiones.

Palabras Clave— actitudes; perspectivas; enseñanza-aprendizaje de la química; currículo.

Recibido: 31 de mayo de 2018. Revisado: 3 de septiembre de 2018. Aceptado: 18 de septiembre de 2018.

Attitudes and perspectives of students facing a general chemistry course: implications and proposals

Abstract— In this article we analyze the attitudes of 113 engineering students within a General Chemistry course, with the purpose of measuring the effect of the environment on learning and the repetition of the course. The inquiry was carried out using an attitude test with a Likert-type scale; In the test, four dimensions were considered: the teacher's performance, the contents, the methodology and the student. The application of the test allowed to identify that students show lower attitudes in terms of active participation in the course, perhaps related to the methodology and the amount of content of the course, and that the teacher having a good attitude positively affects the rest of the students' attitudes in their different dimensions.

Keywords— attitudes; perspectives; teaching-learning of chemistry; curriculum.

1. Introducción

Las actitudes hacia la química, se han convertido en una de las principales problemáticas que impiden aprender esta ciencia; el desinterés y las actitudes negativas hacia el conocimiento químico, dificultan que los aprendices se interesen por los temas y que tomen posiciones críticas frente a la información química. Parte de los problemas surgen en que, la enseñanza de la química no se aborda considerando la aplicación a la vida diaria del conocimiento [1]. Este problema en las aulas se refleja en la dificultad que manifiestan los estudiantes en los cursos introductorios de química general a

nivel universitario.

Con base en la información suministrada por los docentes del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), alrededor de un 30% de estudiantes reprueba por semestre el curso de Química General. Este valor es muy alto y quizás no se aleje de la pérdida que se tienen en otras instituciones educativas; lo anterior suscita la necesidad de indagar sobre lo que está pasando dentro de un aula de clase a través de preguntas muy directas acerca del curso. Las preguntas empleadas en el presente estudio fueron sistematizadas a través de un test de actitudes y se cuantificaron por medio de una escala tipo Likert, considerando cuatro dimensiones: el profesor, los contenidos, la metodología y el estudiante.

En relación a las dimensiones estudiadas, se ha encontrado que el profesor determina en gran medida las actitudes de los estudiantes y los desempeños de estos dentro de un curso; la conducción que haga del curso y el uso que exponga de las metodologías didácticas puede generar una mejor o peor formación, por lo que se enmarca como una variable dentro de las causas de deserción estudiantil [2]. De la misma forma, los contenidos han estado en la mira ya que se consideran abundantes y como una mezcla discontinua de tópicos que se deben memorizar y en los que usualmente no se profundiza [3].

2. Metodología

El estudio fue realizado sobre una población de 113 estudiantes que estudian diferentes carreras de ingeniería dentro del curso Principios de Química de la Universidad Nacional de Colombia, en la sede Bogotá. La población consistió en 45 mujeres y 68 hombres, con edades entre los 16 y 20 años, pertenecientes a las carreras de Ingeniería Química, Farmacia, Biología, Geología, Ingeniería Agrícola, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Civil; los cuales estaban distribuidos en cinco grupos con cinco profesores diferentes (P1 a P5).

La metodología empleada corresponde a semicuantitativa, buscando que la forma de indagación introspectiva colectiva emprendida por participantes permita en estos mejorar la racionalidad de sus prácticas educativas, tanto para estudiantes como profesores.

Como citar este artículo: Molina-C., M.F., Rivera-Rodríguez, J.C. and Palomeque, L.A., Actitudes y perspectivas de los estudiantes frente a un curso de química general: implicaciones y propuestas. *Educación en Ingeniería*, 14(27), pp. 54-58, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

Se diseñó un test (Anexo 1) de actitudes que considera los diversos factores que influyen en el trabajo de aula: el profesor, el contenido, la metodología y el estudiante. Para ello, se partió de experiencias previas de adaptación de un test de actitudes y del estudio de la consistencia interna de la prueba tomando como parámetro el alfa de Cronbach, como un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida.

El test comprende 31 afirmaciones, todas positivas, clasificadas en las cuatro dimensiones antes mencionadas. En la tabla 1 se puede ver la relación entre dimensión y número de afirmación dentro del test. Se utilizó la escala tipo Likert para las preguntas que están en forma positiva, así: TA=5, A=4, I=3, D=2 y TD=1 [5]. Se promediaron los valores según la cantidad de estudiantes; se trabajaron valores de respuesta entre 1 y 5, tomando el valor 3 como neutral; valores entre 2-3 representan actitudes negativas, entre 3-4 actitudes moderadamente positivas y entre 4-5 representan actitudes muy positivas.

Tabla 1
Dimensiones del test de Likert y afirmaciones

Dimensión	Afirmación
Profesor	2, 10, 12, 21, 22, 23, 24
Contenidos	4, 11, 14, 16, 17, 20, 28, 29
Metodologías	1, 3, 5, 9, 13, 19, 27, 31
Estudiante	6, 7, 8, 15, 18, 25, 26, 30

Fuente: Autores.

3. Resultados y análisis

Luego de la aplicación de las encuestas se realizó el procesamiento de la información utilizando una hoja de cálculo. Como aparece en otros trabajos el procesamiento nos arroja una escala entre 1 y 5 fácil de comprender. De esta forma, consideramos que valores más cercanos a 5 muestran una actitud más positiva hacia la afirmación correspondiente [6]. En la tabla 2 aparecen los valores promedio para cada ítem, para cada profesor y para la población total. A partir de estos datos es posible comprender las actitudes de los estudiantes sobre las cuatro dimensiones estudiadas.

Los ítems de más baja valoración (promedio general) corresponden a los 20, 25, 26 y 27, clasificados dentro de tres dimensiones. Respecto al ítem 20, “La exigencia matemática del curso es suficiente”, con un valor de 3,2 coloca de relieve el papel de las matemáticas dentro de un curso de Química General, indicando que la exigencia del curso en cuanto a matemáticas se encuentra en un nivel diferente al esperado.

Esto podría dar a pensar en dos opciones, exceso o defecto; para determinar la opción consideramos el ítem 27, “La evaluación considera más a la química que a la matemática”, con un valor de 2,6, indicando que el curso tiene un importante componente matemático. Esto está relacionado con la orientación que recibe este tipo de cursos, ya que el componente estequiométrico es bastante trabajado. Aunque, los conocimientos matemáticos utilizados son básicos, las cuatro operaciones matemáticas comunes y las proporciones, que, aunque simples, los estudiantes tienen dificultad en aplicar las operaciones a un caso en particular. El dar relevancia en la evaluación al componente matemático, sobre el químico, convierte a un curso de química más en uno de matemáticas,

por lo cual es posible hacer un llamado importante a los profesores que imparten estos cursos para que le den relevancia a la parte conceptual de la química. Estudios sobre la relación entre la matemática y la química sugieren que el éxito en un curso de química está relacionado, no solo con los conocimientos previos en ciencias, sino también con las habilidades matemáticas y de pensamiento lógico matemático, sin embargo, el conocimiento matemático no incide de forma completamente directa en el aprendizaje conceptual de la química [7].

Tabla 2
Resultados de las actitudes hacia el curso de Química por profesor.

Ítem	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
1	3,1	3,4	2,9	2,7	3,6	3,2
2	4,1	4,8	4,3	3,9	4,8	4,4
3	4,1	4,6	3,3	3,3	4,5	4,0
4	4,6	4,9	4,1	3,9	4,6	4,4
5	3,6	4,3	4,1	3,7	4,4	4,0
6	3,4	3,9	3,8	3,5	3,4	3,6
7	3,7	4,3	4,1	4,5	4,4	4,2
8	3,3	3,5	3,3	3,6	3,8	3,5
9	4,2	4,5	3,7	3,7	4,3	4,1
10	4,9	4,8	4,4	4,2	4,9	4,7
11	3,9	4,6	4,2	4,2	4,4	4,3
12	4,5	4,9	4,6	4,2	4,9	4,6
13	4,0	3,8	2,6	3,1	3,9	3,5
14	4,1	4,3	3,3	3,8	4,1	3,9
15	3,3	3,3	2,7	2,6	3,3	3,0
16	3,5	3,8	3,9	3,5	4,2	3,8
17	3,3	3,6	4,1	4,3	4,0	3,9
18	3,3	3,5	3,3	3,1	3,4	3,3
19	3,9	4,3	3,8	3,7	4,3	4,0
20	2,6	2,9	4,2	3,6	3,0	3,2
21	4,4	4,6	4,2	3,8	4,4	4,3
22	4,4	4,9	4,4	4,4	4,8	4,6
23	4,2	4,3	3,8	3,7	4,5	4,1
24	4,4	4,3	3,9	4,4	4,7	4,3
25	3,6	3,4	3,4	3,5	2,7	3,3
26	1,9	2,4	2,9	2,4	2,2	2,3
27	1,9	1,9	3,6	3,6	1,9	2,6
28	3,9	4,1	3,8	3,8	4,0	3,9
29	4,1	4,3	4,0	4,0	4,5	4,2
30	3,9	3,8	3,6	3,6	3,6	3,7
31	3,9	4,3	3,8	3,8	4,5	4,1

Fuente: Autores.

Por otro lado, el ítem 25, “Mis conocimientos anteriores son suficientes para comprender el curso”, con 3,3, indica que los estudiantes sienten que no llegan preparados a la universidad. Esta es una queja recurrente entre quienes impartimos cursos de química en primer semestre. Sin embargo, debemos tener cuidado de no considerar que un estudiante debe llegar preparado a un curso de Química General conociendo los contenidos que verá, porque de esta forma el curso sería innecesario; el referente de preparación es una capacidad de leer en química y de conocer algunas ideas básicas, como la estructura atómica, el conocimiento de la tabla periódica y de la química en la sociedad. Para cerrar esta parte, el ítem 26, “Puedo separar el desempeño del curso de mis problemas sociales”, con la calificación más baja de todos los ítems, de 2,3, deja claro las problemáticas sociales están relacionadas directamente con el rendimiento académico. Aunque en este estudio no se indagó sobre cuáles y que tipo de problemáticas,

y si las tienen, o es solo una percepción, es conocido que esta es una de las mayores causas de deserción universitaria [8].

Por otro lado, las calificaciones más altas corresponden a los ítems 10, 12 y 22, todos relacionados con la dimensión profesor. El ítem 10, “El profesor muestra dominio sobre los temas que enseña”, con 4,7, muestra claramente que los profesores de la muestra poseen un nivel importante de dominio sobre la química, lo cual les hace actos desde el punto de vista disciplinar para enseñar. Sin embargo, esto nos puede devolver al viejo dilema, si para enseñar basta con saber la disciplina [9]. No es objetivo del estudio decidir al respecto, pero podemos ver las otras afirmaciones para dar luces al asunto. Así, el ítem 12, “Al profesor le agrada dar la clase”, con 4,6, indica que la actitud del profesor es positiva, la cual se ha encontrado que es un factor determinante en el rendimiento escolar [10]. En este sentido, la afirmación 22, “El profesor tiene un trato amable con todos”, con 4,6, confirma que la actitud es la correcta y la relación personal adecuada. Más adelante, considerando la dimensión metodología veremos el componente de didáctica general involucrado en el curso.

3.1 Dimensiones y actitudes

Agrupando los diferentes ítems que componen cada dimensión es posible construir la Tabla 3, como se aprecia enseguida, desde la cual discutiremos cada una de estas.

Tabla 3
Actitudes al curso por dimensión.

Dimensión	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
Profesor	4,0	4,3	4,0	3,8	4,2	4,1
Contenidos	3,8	4,1	4,0	3,9	4,1	4,0
Metodologías	3,8	4,2	3,4	3,4	4,2	3,8
Estudiantes	3,5	3,7	3,5	3,5	3,7	3,6

Fuente: Autores.

3.2 El profesor

La dimensión Profesor corresponde a la de más alta valoración, con actitudes hacia muy positivas. Como vimos, los ítems 10, 12 y 22 se destacan entre las de mayor valoración, pero las demás de esta dimensión están muy cerca. El ítem 2, junto con el 12, 21 y 22, están relacionados con el trato humano en clase. Este buen trato logra dar una enseñanza no intencionada y un aprendizaje si intencionado, logra que los estudiantes perciban al profesor como buen profesor, con lo cual se logra una aceptación efectiva que hace que el mensaje sea valioso y aceptado por el estudiante [11]. Adicionalmente, el ítem 23, con 4,1, muestran que el profesor prepara las clases y se esfuerza porque el estudiante aprenda, realiza quizás una transposición didáctica del contenido mostrando los conceptos de la química de forma comprensible. Finalmente, el ítem 24, con 4,3, ofrece un valor agregado a los profesores, ya que los muestra como intelectuales que manejan otros temas y tienen capacidad de integrar los contenidos químicos en otros contextos.

3.3 Los contenidos

Aunque el promedio de esta dimensión es de 4,0, indicando actitudes positivas, existen algunos ítems que tienden hacia

actitudes indiferentes. Esta valoración puede estar relacionada con la problemática que tienen los cursos de Química General, gran cantidad de contenidos [3]. Dos ítems relevantes de esta dimensión corresponden al 16 y 17, los cuales nos hablan del currículo. El ítem 16, “Los contenidos del curso se desarrollan a profundidad”, con 3,8, permite ver que algunos temas se pasan muy rápido, sobretodo en la parte final del curso donde ya no hay tiempo suficiente. Esto lo reafirma el ítem 17, donde el tiempo se convierte en un factor relevante para el aprendizaje. Algo relevante de los contenidos es que son vistos como interesantes y necesarios para otros cursos, así como relacionados con la vida, lo cual puede indicar que se consideran las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad en el curso, como en el caso de pensar en un curso inicial de química para ingenieros [12]. Finalmente, los estudiantes manifiestan aprendizaje a largo plazo, al indicar que recuerdan y dominan por los menos un contenido del curso.

3.4 Las metodologías

Esta dimensión tiene un promedio de 3,8; actitudes hacia indiferentes. Es una dimensión relevante por su relación directa con el rendimiento académico, ya que el profesor puede hacer todo el esfuerzo y poseer en parte los contenidos correctos, pero si está utilizando el método equivocado sirve de poco. Considerando que el ambiente de aprendizaje es muy importante en el desempeño, el ítem 1, con 3,2, prende una alarma sobre lo desagradable y poco confortable que es el salón de clase. El salón compone el espacio físico, que junto con todas las relaciones forman el ambiente de aula; el profesor puede obrar sobre el ambiente, pero generalmente el espacio físico se sale de su dominio. Ese espacio puede limitar el aprendizaje, por mala disposición de las sillas, sillas no confortables, poca aireación, recursos limitados de aprendizaje, etc. Todo esto contribuye de forma importante en el aprendizaje, cambiando la motivación, la creatividad, las relaciones, la construcción de conocimiento y la participación activa [13].

En relación a la clase, la apreciación es aceptable, con los ítems 3, 5, 9, con promedio de 4,0 entre los tres, indican que la clase es activa, tiene relación con la evaluación y genera pensamiento científico. De los tres ítems, consideramos con mayor atención el 3, relacionado con las actividades prácticas de aula, las cuales han mostrado ser un motivante importante para mejorar el aprendizaje de la química [14]. Es posible lograr una mayor valoración a este ítem con la adecuación de los salones si se tiene en cuenta la enseñanza de la química, esto es, mesones para experimentos, acometidas de agua y gas, y desagües. Al considerar otros ítems, el 13 se relaciona muy bien con lo concluido en otro estudio, donde la dificultad es el parámetro más relevante cuando se piensa en aprender química [1]. Para cerrar esta parte, debemos considerar los métodos de evaluación y su relación con los conceptos químicos, ya que se percibe algo de injusticia y de mayor relevancia hacia la matemática que a la química (ítems 19 y 27).

3.5 Los estudiantes

Esta dimensión corresponde a la más negativa, 3,6 en

promedio, con tendencia hacia actitudes negativas. Podríamos considerar esta dimensión de responsabilidad exclusiva del estudiante, sin embargo, al revisar las afirmaciones vemos que el profesor y la metodología están íntimamente implicados en lo que hace el estudiante. Por ejemplo, que el estudiante no consulte bibliografía extra (ítem 6, 3,6), que realicen pocas preguntas en clase (ítem 8, 3,5) o que tomar apuntes en clase no sea general (ítem 7, 4,2) es algo que el profesor puede modificar al considerar estos factores en su desarrollo curricular. Por ejemplo, el revisar los apuntes obliga al estudiante a llevar un cuaderno de notas, además mejora el aprendizaje, ya que desde la neurociencia se sugiere que implicar más de un sentido ayuda a retener y procesar mejor la información. En este sentido, también un aprendizaje activo permitiría aumentar la participación en clase, explicitar los conceptos, lo cual mejora el aprendizaje [15].

3.6 Implicaciones y propuestas

Los resultados de estudio pueden ser útiles en la formulación de propuestas encaminadas a rediseñar el curso de Química General impartido, aunque pueden ser entendibles a cualquier otro curso introductorio de química, contextualizando cada propuesta. De esta forma, sugerimos los siguientes puntos, para ser tenidos en cuenta por los diseñadores de currículos y coordinadores curriculares, estos son:

1. Ampliar la implicación conceptual de los contenidos químicos sobre los contenidos matemáticos.
2. Revisar la cantidad de contenidos, para determinar los más relevantes y de esta forma asignar el tiempo justo a su estudio.
3. Revisar el diseño y construcción de salones, modernos y acordes con un ambiente de aprendizaje.
4. Construcción de espacios que permitan realizar actividades prácticas dentro del aula de clase.
5. Implicar los conocimientos de la neuroeducación en la metodología de clase.
6. Reflexionar sobre las prácticas evaluativas, para que sean más formativas y guarden relación con las metodologías de clase.
7. Utilizar las calificaciones como un incentivo al aprendizaje y no como medio para promover actitudes negativas entorno a la dificultad del aprendizaje de la química.

4. Conclusiones

Se aplicó un test de actitudes dentro de un curso de Química General encontrando que los estudiantes muestran las actitudes más bajas en cuanto a la participación activa en el curso, relacionado tal vez con la metodología y con la cantidad de contenidos del curso. El profesor es quien tiene las mayores actitudes resaltando su capacidad intelectual y trato personal dentro del curso; quizás, como lo indican otros estudios, la buena actitud hacia el profesor mejora las actitudes hacia las otras dimensiones, sobre todo hacia la gran cantidad de contenidos que se imparten en el curso. El estudio arroja sugerencias importantes, sobre la necesidad de revisar los contenidos, realizar propuestas que involucren metodologías

activas y se hagan gestiones que permitan salones de clase acorde con las necesidades de la enseñanza de la química.

Es oportuno señalar que el enfoque de las propuestas curriculares en los programas que contengan espacios académicos donde se enseñe química deben estar ajustados desde un modelo de enseñanza aprendizaje por investigación en el cual se posibilite el desarrollo conceptual, a construcción de mapas mentales en los estudiantes y la ejecución y desarrollo de situaciones problemáticas que permitan y favorezcan la construcción de conocimiento científico de la química. Desde esta perspectiva, los docentes son gestores de cambio en sus paradigmas de enseñanza y posibilitadores de una mirada de esta ciencia en un enfoque y connotación holística, transversal e integral con otras ciencias.

Referencias

- [1] Molina, M.F.; Carriazo, J.G. y Fariás, D.M., Actitudes hacia la química de estudiantes de diferentes carreras universitarias en Colombia, *Quim. Nova*, 34(9), pp. 1672-1677, 2011. DOI: 10.1590/S0100-40422011000900032
- [2] Rius, P., La docencia de la Química: ¿una cuestión de actitudes?. *Actitudes del docente de licenciatura en Química, Educación Química*, 22(2), pp. 123-133, 2011. DOI: 10.1016/S0187-893X(18)30124-1
- [3] Garkov, V., Problems of the general chemistry course and possible solutions: the 1-2-1 general/organic/general curriculum and its challenges, *Chemistry*, 15(2), pp. 86-100, 2006.
- [4] Molina, M.F., Fariás, D.M. y Carriazo, J.G., Consideraciones acerca de los contenidos y metodologías en los cursos de química en la educación secundaria en Bogotá (Colombia). *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Barcelona, [en línea]. 2009, pp. 905-909. [Acceso Julio 2018]. Disponible en: <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-905-909.pdf>
- [5] Barmby, P., Kind, P. and Jones, K., Examining changing attitudes in secondary school science, *International Journal of Science Education*, 30(8), pp. 1075-1093, 2008. DOI: 10.1080/09500690701344966
- [6] Molina, M.F., Carriazo, J.G. y Casas, J.A., Estudio transversal de las actitudes hacia la ciencia en estudiantes de grados quinto a undécimo. Adaptación y aplicación de un instrumento para valorar actitudes. *Tecné, Episteme y Didaxis*, Enero-Junio (33), pp.113-122, 2013.
- [7] Goodhart, A., Math and Chemistry connections. Honors Projects, 2013, 32 P.
- [8] Universidad Nacional de Colombia. Cuestión de supervivencia. Graduación, deserción y rezago en la Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Bienestar. Pre-prensa e Impresión. Bogotá, Colombia. Primera Edición. 2007.
- [9] García, C.M., Formalidad e informalidad en el proceso de aprender a enseñar, *Revista de Educación*, 350, pp. 31-55, Septiembre-Diciembre, 2009.
- [10] Molina, M.F., Rivera, J.C. y Burgos, A.E., Actitudes hacia la química y su relación con el profesor. Quinto Congreso Internacional sobre formación de profesores de ciencias, *Tecné, Episteme y Didaxis*, Número extraordinario. A21, 2011, pp. 1251-1254.
- [11] Morales, P., La dimensión emocional en el aprendizaje y sus efectos. Ed. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 2006.
- [12] Molina-C., M.F., Carriazo, J.G. and Rodríguez-Jiménez, O., ¿Por qué los estudiantes de las carreras de ingeniería deberían tomar un curso de química general?. *Educación en Ingeniería*, 12(24), pp. 4-8, 2017. DOI: 10.26507/rei.v12n24.725
- [13] Martín, M. y Salas, G., El medio ambiente físico en las aulas de la Facultad de Derecho de la Universidad Nacional de Mar del Plata. III Jornada Nacional sobre salud y seguridad en el trabajo en los ámbitos de la Educación Superior. Eje temático: C – Docencia e investigación. Consejo Interuniversitario Nacional. [en línea]. Noviembre de 2009. [Acceso Julio 2018]. Disponible en: www.cin.edu.ar/Medio_Ambiente_Fisico_en_las_Aulas_UNMP.pdf
- [14] Molina, M.F. y Fariás, D., Conocimiento de la importancia del trabajo experimental en la enseñanza de la química en la educación secundaria. *Tecne, Episteme y Didaxis TEA*, Número Extraordinario, 2º Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias, 25 a 28 de mayo de 2005, 145 P.
- [15] De la Barrera, M.L. y Donolo, D., Neurociencias y su importancia en contextos de aprendizaje, *Revista Digital Universitaria*, 10(4), pp. 1-18, 2009.

M.F. Molina-C., nació en El Colegio (Cundinamarca)-Colombia, es profesor asociado del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, donde se graduó de Químico en el 2000 y de MSc. en Ciencias en el 2003. Esp en Pedagogía en la Universidad Pedagógica Nacional en el 2001. Actualmente enseña química general y el Laboratorio de Técnicas en Química para carreras de Ciencias e Ingeniería. Investiga en enseñanza de la química y actúa como divulgador de la ciencia y promotor de demostraciones químicas.

ORCID: 0000-0001-8758-2637

J.C. Rivera-R. es profesor de tiempo completo de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia. Con formación profesional y posgradual en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. Actualmente se desempeña como docente de química inorgánica para los programas de ingeniería civil e ingeniería industrial. Es investigador Junior de Colciencias y Editor de la Revista INVENTUM de la Facultad de Ingeniería.

ORCID: 0000-0002-0086-711X

L.A. Palomeque-F., es profesora de la Facultad de Ciencias en el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Su formación profesional es Química, MSc. en Ciencias Químicas y Dra. en Ciencias Químicas de la misma Universidad. Las líneas de investigación en las que adelanta proyectos son: educación, combustibles y energía, petroquímica y química de alimentos.

ORCID: 0000-0001-9398-080X.

Las prácticas empresariales, una experiencia académica-profesional: caso de estudio

Lisandro Vargas-Henríquez, Alfonso Rodríguez-Peña & Milton Coba-Salcedo

Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. lisandrovargas@mail.uniatlantico.edu.co,
alfonsorodriguez1@mail.uniatlantico.edu.co, miltoncoba@mail.uniatlantico.edu.co

Resumen— En la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico se incluye la práctica empresarial como una de las cinco opciones de Grado como requisito para la obtención del Título de Ingeniero [1]. La práctica empresarial toma en cuenta la necesidad de desarrollar el compromiso social y el fortalecimiento de la capacidad investigativa y creativa de los estudiantes, además les permite identificar y vivenciar problemas concretos de la industria y proponer alternativas de solución desde la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos. Este trabajo describe la práctica empresarial realizada por parte de dos estudiantes del programa de Ingeniería Mecánica, bajo la tutoría, orientación y supervisión de los autores del artículo. Como conclusión, a lo largo de los dos años de su implementación ha quedado demostrado que la práctica empresarial se percibe como una clara estrategia de enseñanza-aprendizaje con la finalidad de aplicar las competencias adquiridas en los diferentes currículos.

Palabras Clave— práctica empresarial; estrategia de aprendizaje; educación.

Recibido: 6 de agosto de 2018. Revisado: 12 de septiembre de 2018. Aceptado: 18 de septiembre de 2018.

The industrial practices: an academic-professional experience

Abstract— In the Faculty of Engineering of the Universidad del Atlántico, business practice is included as one of the five undergraduate options as a requirement for obtaining the Engineering Degree [1]. Business practice takes into account the need to develop social commitment and the strengthening of the students' research and creative capacity, as well as allowing them to identify and experience specific problems in the industry and propose alternative solutions based on the practical application of the knowledge acquired. This paper describes the business practice carried out by two students of the Mechanical Engineering program, under the tutorship, guidance and supervision of the authors of the article. In conclusion, throughout the two years of its implementation, it has been demonstrated that business practice is perceived as a clear teaching-learning strategy with the aim of applying the competencies acquired in the different curricula.

Keywords— Industrial practice, Learning strategy, education.

1 Introducción

El estudiante de hoy necesita aprender a resolver problemas, a analizar críticamente la realidad de la sociedad y transformarla, a identificar conceptos, aprender a pensar, aprender a hacer, aprender a ser, aprender a convivir, y por último, a descubrir el conocimiento de una manera amena, interesante y motivadora, rompiendo el

paradigma académico y entrando al paradigma del quehacer profesional.

Es necesario que se desarrolle la independencia cognoscitiva, la avidez por el saber, de tal manera que el estudiante participe activamente en la solución de cualquier situación problemática por difícil que sea [2].

Los métodos que utilizan los docentes actualmente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, los objetivos y la naturaleza del diseño curricular ofrecen una limitada preparación a los estudiantes para resolver problemas reales y conducen de manera insuficiente a la asimilación productiva y creadora de los conocimientos pero que es complementada por la práctica empresarial.

La solución de la situación descrita anteriormente precisa un aprendizaje diferente y, por tanto, planea la necesidad de perfeccionar los métodos de enseñanza. De ahí la importancia de la implementación de las prácticas empresariales, las cuales constituye una de las vías para el logro del propósito anterior.

En este artículo se presenta el desarrollo de la práctica empresarial realizada por las egresadas de Ingeniería Mecánica Catalina Carmona y Lisbeth Castro cuyo objetivo principal fue diseñar una metodología que permitiera evaluar cuantitativamente las grietas generadas en las principales estructuras de los equipos mineros camiones Caterpillar Cat 240 modelo 793 series B y C en el Cerrejón para mejorar el actual sistema de mantenimiento que se aplica a estos.

2 La Práctica empresarial

La práctica empresarial es una actividad académica-profesional presencial que realiza el estudiante en el sector productivo y/o de servicios, que le brinda la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en la formación académica. Además, desarrollar habilidades, competencias y actitudes relativas a su área de formación mediante su confrontación con problemas reales del entorno. Uno de los objetivos es contribuir con el desarrollo del Programa o Líneas de Investigación y/o Extensión de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico, relacionados con problemas específicos del sector empresarial y/o comunidad en general.

Cómo requisito la práctica empresarial debe tener una duración de mínimo seis (6) meses y los estudiantes deben entregar una propuesta

Como citar este artículo: Vargas-Henríquez, L., Rodríguez-Peña, A. and Coba-Salcedo M., Las prácticas empresariales, una experiencia académica-profesional: caso de estudio. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 59-64, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

al Comité de Grado del programa de Ingeniería Mecánica. La Evaluación final corresponde a un 30% de la nota entregada por la empresa, y el 70% de los evaluadores por parte de la Universidad.

3 Desarrollo de la práctica empresarial

3.1 Planteamiento del problema

En la mina de explotación de carbón Cerrejón localizada en el departamento de La Guajira, se cuenta con 103 camiones Caterpillar CAT 240 modelo 793 series B y C utilizados para cargue, transporte y descargue de material estéril y carbón. Estos camiones tienen más de 20 años de operación dentro de la mina, lo cual, sumado a las condiciones ambientales y de uso, genera un aumento progresivo de fallas estructurales.

Desde hace algún tiempo en Carbones del Cerrejón, a través del Grupo de Inspecciones y Tecnología (GI&T) cuenta con un Índice de Condición Estructural (ICE) en donde se registran los valores de las grietas encontradas en las inspecciones estructurales y determinan su nivel de criticidad (Fig.1). Esta información es tenida en cuenta por los planeadores de flota para su mantenimiento.



Figura 1. Grieta de 1000 mm en U, camión C327 - puente delantero.
Fuente: Los autores

En el procedimiento seguido hasta ahora, la calidad de los datos encontrados en ICE, no refleja el verdadero nivel de criticidad de las fallas inspeccionadas, por eso se hace necesario un análisis del procedimiento empleado, con el fin de plantear una metodología que haga más confiable la toma de datos, en cualquier condición encontrada.

Para realizar la práctica empresarial se hace explícito el siguiente cuestionamiento, que es el que de alguna manera lleva a desarrollar la misma: ¿Cómo se puede generar un procedimiento basado en conocimiento estructurado de ingeniería que aproveche la información y la experiencia que tiene el GI&T del Cerrejón para mejorar el desempeño de los camiones Cat 240 en lo referente al diagnóstico, manejo y control de grietas en la estructura del chasis?

Las teorías utilizadas para el desarrollo de este trabajo, especialmente el uso de la velocidad de propagación de grietas por fatiga, sirven a los ingenieros y/o diseñadores, como una herramienta de evaluación para la selección de materiales, principalmente cuando éstos se emplean para soportar ciclos de carga y, por lo tanto, experimentan el crecimiento y la

propagación de grietas por fatiga.

3.2 Metodología desarrollada en la práctica empresarial

El plan de trabajo propuesto comprende las siguientes actividades:

- Recolectar la información histórica de las inspecciones estructurales de los equipos Cat240 durante los años 2016 y 2017.
- Revisar los datos históricos para identificar los componentes que están fallando con mayor frecuencia.
- Identificar grietas que hayan superado el límite de peligro establecido antes de la siguiente inspección programada.
- Conocer las diferentes configuraciones de grietas que se presenten en las estructuras.
- Analizar la información histórica, aplicando las teorías estadísticas.
- Identificar las zonas de máximos esfuerzos basados en el estudio de esfuerzos hechos en las estructuras de los mismos.
- Analizar la información histórica teniendo en cuenta los principios de mecánica de la fractura en ingeniería.
- Analizar los cambios registrados en la longitud de grieta en cada intervalo de inspección.
- Evaluar los límites de criticidad con las mayores longitudes de grieta encontradas, que no reporten falla catastrófica.
- Calcular la vida residual de los componentes para evaluar intervalos de inspección.
- Conocer la incidencia de las diferentes configuraciones de grietas dentro de la estructura.
- Relacionar los esfuerzos y las configuraciones de grietas presentadas en las estructuras.
- Crear patrones de cuantificación de grietas en la estructura.
- Verificar el modelo desarrollado a través de la comprobación con los datos históricos disponibles.
- Crear un procedimiento basado en mecánica de la fractura para el manejo de las grietas en los camiones CAT 240.
- Crear los formatos de manejo de la información.

Se realizó un análisis del registro histórico del ICE y de los reportes de inspección de los años 2016 y 2017 de los camiones Caterpillar Cat 240 series 793 B y C. Primero se depuró la información para identificar las partes de mayor crecimiento dentro del chasis del camión. Plenamente identificadas las partes se realizó un seguimiento en todos los equipos. Para la realización del proyecto fueron analizados 21 equipos. Esta muestra a estudiar se escogió teniendo en cuenta los equipos, que según ICE, mostraron crecimiento progresivo de grietas.

4 Resultados y discusión

4.1 Diagnóstico de la condición estructural

Para determinar el estado de las estructuras de los camiones CAT 240 (Fig. 2), se analizaron los datos históricos con los que cuenta el GI&T, registrados en el ICE. Los datos tomados como base para el estudio fueron los del año 2017, sin descartar los sucesos más importantes ocurridos durante los años anteriores.

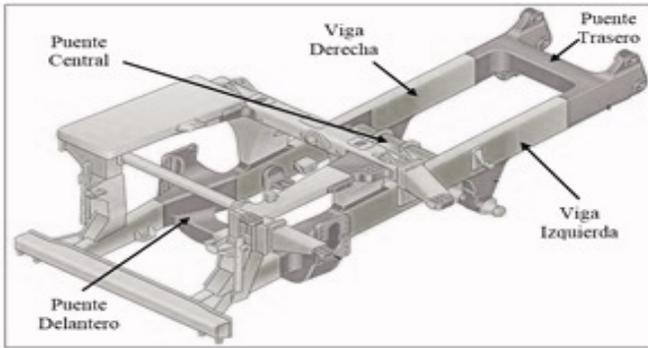


Figura 2. Partes principales del Chasis.
Fuente: adaptado de [3].

Se pudo identificar cuatro partes principales del chasis con sus respectivos subcomponentes donde se evidencian el crecimiento progresivo de grietas (Fig. 3).

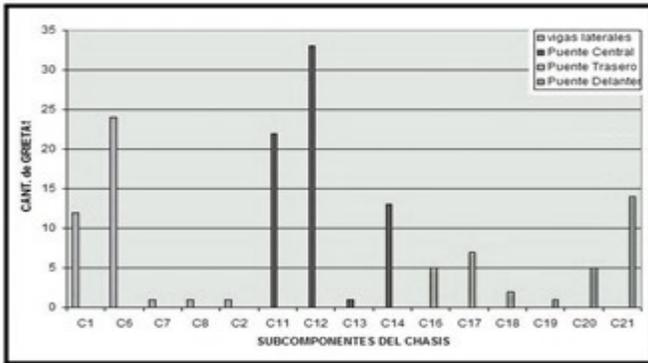


Figura 3. Subcomponentes del chasis Vs cantidad total de grietas en los 21 equipos de estudio.
Fuente: Los autores

Los componentes y subcomponentes que presentan mayor crecimiento de grietas son, con un porcentaje del 37%, el puente central C12 distribuidos así 15% casting izquierdo y 22% casting derecho, y las vigas que muestran un porcentaje del 25%, en la parte derecha C6 con un 17% y en la izquierda con un 8%. En menor cantidad de aparición se encuentra El puente trasero con un 9% y el delantero con un 15%, los demás subcomponentes no exceden el 19% del total de grietas que aparecieron en el chasis.

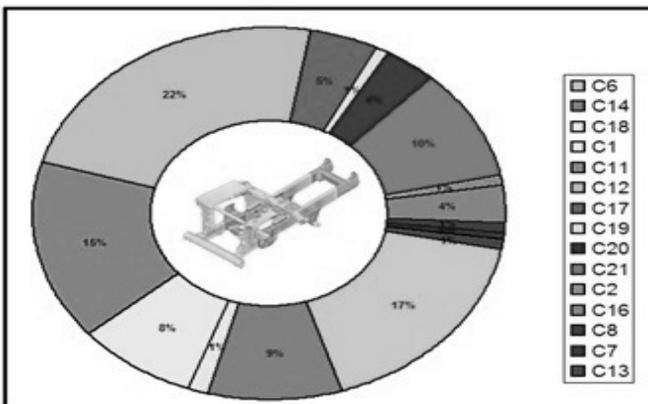


Figura 4. Porcentaje de aparición de grietas en el chasis.
Fuente: Los autores.

Durante la clasificación de cada una de las grietas encontradas en las zonas del chasis, se pudo notar que la zona derecha de la estructura tiene mayor aparición de grietas, por lo que se presume una mayor carga en este lado de la estructura (Fig. 5).

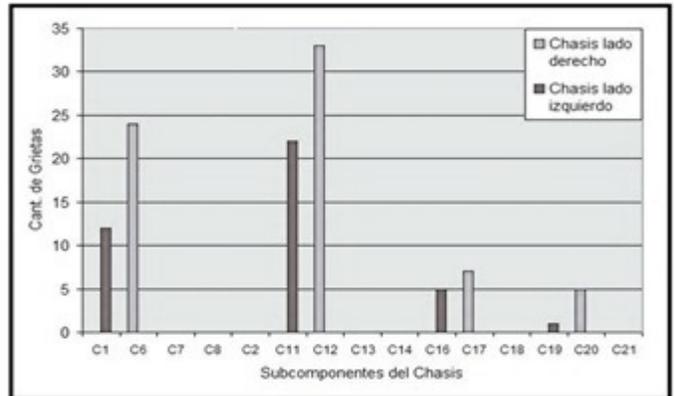


Figura 5. Comparación No. de grietas subcomponentes lado derecho e izquierdo del chasis.
Fuente: Loa autores.

4.2 Identificación de grietas que sobrepasan los límites

El ICE tiene unos límites que establecen la criticidad de la grieta encontrada, estos límites son llamados Warning y Danger.

La mayoría de las grietas, en los subcomponentes, a las que se les hizo seguimiento, sobrepasaron el límite permitido, siendo los castings del puente central, los subcomponentes con mayor número de grietas que superaron la longitud crítica. El casting derecho del puente central (C12) tiene un porcentaje de grietas que sobrepasaron los límites de 66.7% del total de las grietas encontradas en esta zona, el casting izquierdo (C11) tiene un 59.1% y en la viga izquierda de la placas laterales (C1) un 58.3% que sobrepasaron el límite. Los subcomponentes C6, C14, C17, C20 y C21 tienen un porcentaje de grietas que sobrepasan el límite de criticidad menor del 20% (Fig. 6).

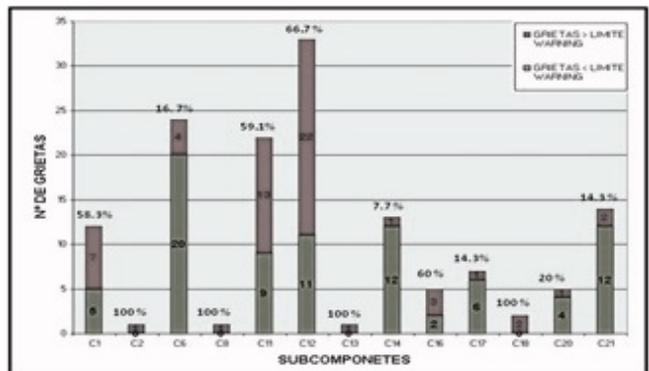


Figura 6. Proporción de grietas por encima y por debajo del Warning en el chasis.
Fuente: Los autores

Las grietas que aparecen en las diferentes partes que componen la estructura del chasis, presentan unas

características que fueron identificadas y ayudaron a definir el estado de las estructuras, las características son las siguientes:

- Grietas que presentan un crecimiento progresivo de inspección a inspección.
- Grietas que no presentan cambio alguno en su geometría.
- Grietas múltiples.
- Grietas próximas entre sí que tienden a unirse.

Estos aspectos se resaltan con el fin de identificar las zonas de la estructura donde se encuentran las grietas con mayor frecuencia y que determina el estado de la estructura, desde el punto de vista experimental (datos históricos). A pesar de que no se ha estudiado aún los esfuerzos a los que está sometida la estructura, debido al número de grietas que se encontró en el lado derecho (69 grietas, 63.3%) se infiere que este lado del chasis está más sometido a esfuerzo que el lado izquierdo (40 grietas, 36.7%).

4.3 Análisis del comportamiento de crecimiento de las grietas

Luego de analizar el estudio de elementos finitos hechos al chasis de los camiones [4], fue necesario realizar una división a los subcomponentes del chasis debido a que los esfuerzos dentro de la estructura no se presentan en forma homogénea, por lo que ciertas zonas del chasis se encuentran más cargadas. Además, la aparición de grietas se presenta de manera sectorizada. Las vigas se dividieron en tres zonas: Zona 1, Zona 2 y Zona 3 (Fig. 7). El puente central y delantero se dividieron en dos zonas (superior e inferior), el puente trasero se dividió en tres: superior, inferior y oreja. Las zonas de menor aparición de grieta no fue necesario hacerle una división

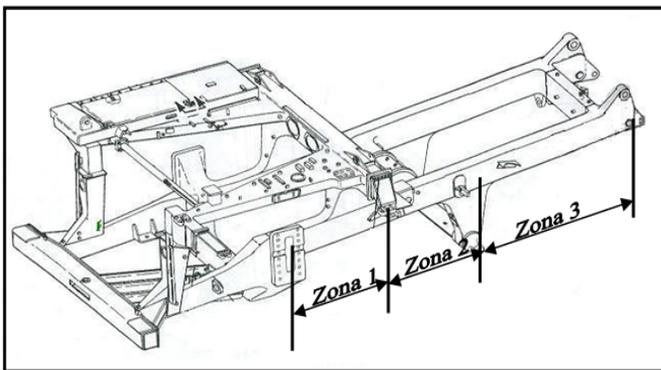


Figura 7. División por zonas de las vigas del chasis. Fuente: Los autores.

Se identificó la zona 1 de las vigas del chasis como el subcomponente que presenta mayores esfuerzos de flexión, por las cargas distribuidas sobre la viga por el peso de la tolva, ya que es sobre esta donde la tolva descansa y se apoyan los demás elementos (cilindros de levante, tanques hidráulicos y de combustible, entre otros). Además, se desarrollan en la parte inferior del puente esfuerzos de compresión que no contribuyen con el avance de las grietas y en la parte superior esfuerzos de tracción. El puente central es otro subcomponente sometido a altos valores de esfuerzo principalmente la parte inferior, como consecuencia de su función dentro de la estructura, que es la de

mantener el paralelismo de las vigas principales y sostener el A-Frame, este está sometido a torsión. El puente que sigue con los mayores esfuerzos es el delantero, este le da estabilidad al chasis y sirve de soporte de las suspensiones delanteras. Y por último el puente trasero, ayuda a sostener la tolva.

Para conocer el comportamiento de crecimiento de grieta se hace necesario calcular las velocidades teóricas y experimentales. De manera teórica, la velocidad de propagación de la grieta se calcula utilizando la ec.1 que relaciona la tasa de crecimiento de grieta por fatiga con el número de ciclos de esfuerzos, definiendo un ciclo de trabajo como el tiempo que transcurre entre el recorrido para su cargue y descargue (40 minutos aproximadamente).

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^n \quad (1)$$

Donde, C y n son constantes experimentales que dependen del material, relación de esfuerzo, medio ambiente, temperatura y frecuencia de aplicación de esfuerzo y K es el factor de intensidad de esfuerzo. Para este estudio el acero es ferrítico – perlítico con valores de $C=6,9 \times 10^{-9}$ y $n=3$ [5].

Mientras que experimentalmente la velocidad de las grietas calculada teniendo en cuenta la longitud de la grieta y los tiempos transcurridos entre las inspecciones, son del orden de 10^{-5} mm/s y 10^{-6} mm/s en todos los subcomponentes analizados, mostrando que desde el punto de vista experimental la magnitud de los esfuerzos en realidad muestran si las grietas que allí nacen se propagarán sin que esto signifique mayores velocidades.

Los valores hallados de longitud de grieta crítica a través de la mecánica de la fractura [4], están en un 26% y 63% por encima de los límites de “Warning y Danger” establecido en el ICE por lo que se está siendo demasiado conservador con esta medida, tanto así que algunas grietas están superando esos límites hasta en un 216% en vigas y 460% en los castings del puente central y muchos otros están al límite.

Los nuevos límites planteados para el ICE (Tabla 1) tienen en cuenta la tenacidad de fractura del material en la zona donde se encuentra, es decir, se conoce el esfuerzo aplicado y las condiciones del material después de la aparición de una grieta a través de la longitud de grieta crítica para el límite de fluencia.

Tabla 1
Valores de grieta crítica actuales y propuestos.

Componente	Codificación	Long actual (mm)		Long propuesta (mm)	
		Warning	Danger	Warning	Danger
Viga placas laterales	C1/C6	210	300	343	490
Vigas placas superior e inferior	C2/C3/C7/C8	56	80		
Puente central casting	C11/C12	70	100	105	150
Puente central soporte nose cone	C14	175	250	175	250
Puente central tubo central	C13	175	250	175	250
Puente trasero casting	C16-C17	105	150	154	220
	C16-O/C17-O			84	120
Puente trasero	C18	140	200	140	200

tubo trasero					
Puente delantero soporte suspensión frontal	C19/C20	210	300	266	380
Puente delantero casting unión soporte suspensión delantera	C21	210	300	266	380

Fuente: Los autores

Aproximadamente un 39% de todas las grietas que se le realizaron seguimiento, están en los castings del puente central. Las grietas múltiples son características de las condiciones que se encuentran en este subcomponente, aunque estas no sean las que más se propaguen, porque esta es una zona de altos esfuerzos pero no todos de tensión y además de la presencia de esfuerzos residuales por el mismo proceso de soldadura.

4.4 Metodología para la cuantificación de grietas

Lo primero es tener claro la forma de recolección de los datos, conociendo de antemano que tipo de grieta se encontrará en cada zona de los diferentes subcomponentes y como tratarlas, ya sea una grieta en L, U, X, Y o grietas múltiples [7], para así lograr obtener el mejor diagnóstico de la real condición de la estructura. Para esto el inspector contará con ciertos formatos que le permitan tener una guía de que zona revisar, el tipo de grieta y la forma como esta aparezca en el componente. Además de los pasos a seguir al momento de ingresar las longitudes de grietas encontradas en el ICE.

4.4.1 Grietas múltiples

Las grietas múltiples es una de las configuraciones de grietas que se encuentra con más frecuencia en el chasis, específicamente en los castings del puente central. Este tipo de configuración es manipulada por el inspector sin seguir ningún parámetro técnico solo guiado por su experiencia, la cual en muchos casos no coincide con lo que en realidad está ocurriendo. Por tal motivo, se hace necesario realizar patrones que ayuden a mejorar la calidad de los datos.

Es importante conocer la ubicación donde se encuentra la grieta ya que no todas las zonas del chasis están sometidos al mismo tipo de esfuerzos. Por efecto de la aplicación de carga habrá zonas a compresión y/o tensión. La disposición indica que tan alineadas están las grietas para conocer la distancia a la que está una respecto a la otra y las distancias son la separación máxima a la que debe estar una grieta de la otra (Tabla 2).

Tabla 2
Distancia entre grietas alineadas en puente central casting

Componentes	Vigas Factor	P. Delantero Factor	P. Trasero Factor
Grieta en U	1,35	1,30	1,10
Grieta en I	1,175	1,10	1,05

Fuente: Los autores

4.4.2 Grietas únicas

Este tipo de grieta es la que prima en el resto de la estructura, es decir, las vigas principales y los puentes delantero y trasero. Este tipo de grietas puede tomar varias formas ya sea en L, U, X, Y, grietas horizontales y grietas verticales, entiéndase como grietas ramificadas a las grietas en forma de X o Y.

Las geometrías rectangulares dan lugar para que las grietas que allí aparecen tengan la posibilidad de no solo recorrer uno de sus lados sino tomar dos e inclusive tres lados de su geometría, lo cual incide en su criticidad en comparación a una grieta vertical u horizontal sobre cualquiera de sus caras. Una vez la grieta haya tocado dos caras de la estructura se le conocerá como grieta en L, y cuando esta haya alcanzado una tercera cara será, entonces, grieta en U (Fig. 8).

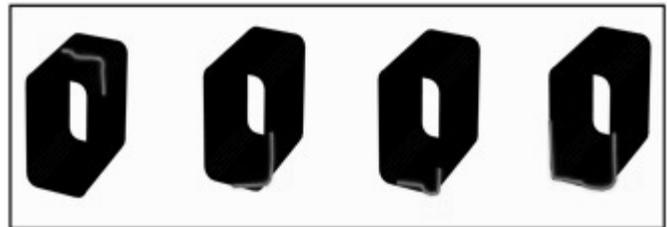


Figura 8. Configuración de grietas en L y U sobre componente rectangular
Fuente: Los autores

Debido que con este tipo de grietas, L y U, el área que quedaría soportando toda la carga distribuida en la estructura es menor que el área original, el tamaño de grieta crítica se reduciría en comparación con la longitud de grieta crítica para un área efectiva mayor. Este porcentaje de reducción de longitud, muestra el efecto que tiene esa grieta en la estructura. Por lo que servirá como un factor de criticidad para la longitud de la misma en el cálculo del ICE, la Tabla 3 muestra los factores para las diversas formas en los distintos subcomponentes y luego el valor de grieta a ingresar en el ICE será:

$$a_{rep} = a_{medida} * factor \quad (2)$$

Para grietas ramificadas en X o Y la longitud representativa de la grieta será la de mayor longitud entre sus extremos.

Tabla 3
Factores que representan el porcentaje de reducción de grieta crítica

seg	Velocidad (mm/seg)		Espacio a recorrer (mm)	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
C11	1,54E-0,5	1,63E-05	38,81	41,05
C12	8,95E-05	1,38E-05	22,54	34,85

Fuente: Los autores

5 Conclusiones

5.1 Respecto a la práctica empresarial

Luego de todo el análisis por Mecánica de Fractura de los datos que tenía el GI&T del Cerrejón de sus camiones CAT 240, se puede concluir que las zonas del chasis son las de mayor importancia para el estudio y seguimiento a fin de evitar o

prevenir una falla catastrófica que afectará la disponibilidad de la flota, la producción y la planeación del mantenimiento.

Los subcomponentes del chasis que están más afectados por aparición y crecimiento de grietas son: las vigas principales de la estructura, estos porque son ellas las que están soportando la mayor parte del peso de la tolva. El otro subcomponente es el puente central debido a las cargas combinadas de torsión y flexión a las que está sometida, además de los propios efectos residuales que están allí presentes por el proceso de soldadura de esta parte.

Otro aspecto que se pudo evaluar a través de este estudio fue la longitud crítica de grieta y el intervalo óptimo de inspección, para la longitud crítica a_c . Se evaluó a través de dos criterios, el primero evaluado por fatiga y el segundo por el criterio de resistencia residual. Se escogió la longitud de grieta para cada caso analizado. Cabe resaltar que las longitudes de grieta crítica dieron valores más altos de “Warning y Danger” establecidos para el ICE que son bastantes conservadores ya que en muchos casos las grietas han sobrepasado estos valores sin que haya habido falla, además, del tiempo excesivo que transcurrió entre las inspecciones

Se pudieron identificar los patrones necesarios para ayudar a cuantificar ciertos tipos de grietas que se presentan en la estructura, como son: grietas múltiples alineadas o no alineadas, características en geometrías circulares; grietas tipo U y L, características en geometrías rectangulares; grietas ramificadas o bifurcadas en X o Y. Toda esta información fue condensada en unos formatos que tienen en cuenta la ubicación específica de la grieta y su forma.

5.2 Conclusiones generales

Las prácticas empresariales implementadas en la Facultad de Ingeniería han permitido a los estudiantes del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Atlántico tener en ella una de las opciones de grado que consigue generar una cultura hacia el trabajo colaborativo alrededor del quehacer ingenieril y una responsabilidad compartida de las necesarias transformaciones que exige el proceso de enseñanza en la actualidad. Por consiguiente, se integran los elementos teóricos fundamentales de este “enseñar y aprender haciendo” que son las prácticas empresariales.

Los estudiantes guiados por los tutores, afrontan la solución de problemas nuevos para ellos, a causa de lo cual aprenden a adquirir conocimientos de manera independiente, a emplear dichos conocimientos y a dominar la experiencia de la actividad creadora.

Las prácticas empresariales constituyen una excelente oportunidad para el desarrollo de aptitudes y habilidades para la ejecución del trabajo, y al mismo tiempo promueven la adquisición de competencias necesarias para desenvolverse con éxito en el entorno laboral.

Las competencias que más se fortalecieron durante la práctica empresarial, según los empleadores, fueron la capacidad de trabajar en equipo, la capacidad de identificar y resolver problemas y la capacidad para asumir responsabilidades y tomar decisiones

Los tutores desempeñan un papel fundamental, son ellos los encargados de dirigir el proceso pedagógico y es necesario que vinculen los currículos con la realidad de la sociedad.

Referencias

- [1] Resolución N°0001 del Consejo de Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico, Colombia. Febrero 24 de 2017.
- [2] Ortiz-Ocaña, A., Metodología de la enseñanza problémica en el aula de clases. Ediciones Asisca, Barranquilla-Colombia, 2012. ISBN 978-958-33-5918-7.
- [3] Manual 793C Mining Truck specifications Caterpillar. 2000
- [4] Constançon, C., Carbones del Cerrejón mining equipment fleet audit CAT793 FEA fatigue life assessment. WBM Canadá Inc., 2014.
- [5] Annual Book of ASTM Standars Vol-01.03. Steel-Plate, Sheet, Strip, Wire. Iron and steel products, 1996.
- [6] Hernández, A. y Espejo-M., E., Mecánica de fractura y análisis de falla. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, 2002.
- [7] Carpinteri, A., de Freitas, M. and Spagnoli, A., Biaxial/Multiaxial fatigue and fracture. Ed. Elsevier Science. 1st Edition, 2004. ISBN 9780080527819.

L. Vargas-Henríquez, recibió el título de Ing. Mecánico en 1999 de la Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, MSc. en Ingeniería: Materiales y Procesos en 2004 y candidato a Dr. en Ciencia y Tecnología de los Materiales (actualmente), ambos de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Se vinculó a la Universidad del Atlántico como docente tiempo completo ocasional desde el año 2005. Entre los años 2006 y 2014 fue coordinador del programa de Ingeniería Mecánica y actualmente es el líder de la línea de investigación en Manufactura Digital. Sus intereses investigativos incluyen: técnicas de prototipado rápido, calidad superficial en maquinado CNC, maquinado virtual.
ORCID: 0000-0002-0967-957X

A. Rodríguez-Peña, recibe el título de Ing. Mecánico en 1998, el título de MSc. en Ingeniería Mecánica en 2015, de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Ha trabajado en programas y proyectos del área de Biomecánica. Desde 2004 trabaja en la Universidad del Atlántico, Colombia como docente tiempo completo ocasional. Actualmente es el coordinador del Centro de Laboratorios y Talleres de Ingeniería (CELT), Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia
ORCID: 0000-0002-2928-6044

M. Milton-Coba, recibe el título de Ing. Mecánico en 2001 de la Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia y el título de Dr. en Ingeniería Mecánica en el 2012, de la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Se vinculó a la Universidad del Atlántico en el año 2010 y es docente titular desde el año 2015. Actualmente es el director del grupo de investigación IMTEF, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.
ORCID: 0000-0002-2436-5536

EducAR: uso de la realidad aumentada para el aprendizaje de ciencias básicas en ambientes educativos y colaborativos

René Alejandro Lobo-Quintero, Julián Santiago Santoyo-Díaz & Wilson Briceño-Pineda

Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. rlobo@unab.edu.co, jsdiaz@unab.edu.co, wbriceno@unab.edu.co

Resumen— Este documento presenta el desarrollo de un sistema de aprendizaje enfocado a la enseñanza de los cursos de ciencias básicas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB, el cual utiliza la Realidad Aumentada como tecnología integradora entre la teoría y la práctica, facilitando la apropiación de nuevos conceptos y promoviendo el interés de los estudiantes por los cursos relacionados. Para esto se creó un modelo compuesto por 3 componentes: estrategias de aprendizaje, tecnología de aprendizaje y modelo pedagógico. Para el desarrollo del aplicativo móvil se utilizó el programa Unity 3D versión 5.3.1 el cual es una importante plataforma de desarrollo de videojuegos 2D y 3D. También se utilizó Vuforia utilizando su SDK (software development kit), este programa permite el uso de la pantalla del dispositivo como medio de proyección de la Realidad Aumentada.

Palabras Clave— realidad aumentada, material didáctico, educación, deserción universitaria.

Recibido: 27 de mayo de 2018. Revisado: 12 de septiembre de 2018. Aceptado: 26 de noviembre de 2018

EducAR: using augmented reality for basic science learning in collaborative environments

Abstract— This document presents the development of a learning system focused on the teaching of basic science courses at the Autonomous University of Bucaramanga - UNAB, which uses Augmented Reality as an integrating technology between theory and practice, in order to facilitate appropriation of new concepts and promote student interest in related courses. For this a model composed of 3 components was created: learning strategies, learning technology and pedagogical model. For the development of the mobile application we used the software Unity 3D version 5.3.1, which is an important 2D and 3D video game development platform. Vuforia was also used using its SDK (software development kit), this program allows the use of the device screen as a means of projection of the Augmented Reality.

Keywords— Augmented Reality, didactic material, education, university dropout.

1 Introducción

1.1 Descripción del sistema

La educación en ingeniería es muy importante ya que permite el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas para el entorno, muchas de estas soluciones son dadas a partir de modelos matemáticos, permitiendo a los ingenieros realizar análisis rigurosos y tomar decisiones correctamente. Con esto se puede concluir que las ciencias básicas van de la mano con

el estudio de ingeniería haciéndolas vitales para todo ingeniero.

Sin embargo, los estudiantes se quejan de la forma en que estas materias son impartidas. La mortalidad académica es grande, llegando incluso a la deserción estudiantil. Las cifras según las entidades reguladoras de la educación nacional demuestran que la deserción es un problema muy serio, el 52% de los estudiantes colombianos que empiezan una carrera universitaria, no la concluyen. Entre los años 1999 y 2004 solamente el 48% en promedio finalizaron sus estudios. Es decir, de cada dos estudiantes que se matriculan en un programa de pregrado, sólo uno culmina su carrera [1].

La principal motivación de esta investigación proviene del fenómeno de deserción universitaria debido a dificultades en el aprendizaje. Los estudiantes de primeros semestres en ocasiones vienen con falencias en conceptos estudiados en el bachillerato, estas falencias sumadas a la forma magistral en que son abordados los cursos de matemáticas, física y química hacen que el estudiante se desinterese por estudiar estos cursos, lo cual desemboca en un bajo rendimiento académico y la posterior deserción.

El sistema de aprendizaje propuesto llamado EducAR fue parcialmente desarrollado durante la tesis de maestría en la Universidad Nacional de Colombia del Ingeniero René Alejandro Lobo Quintero [2] y fue presentado como ponencia en el II Congreso Internacional TIC e Educação tic EDUCA 2012 en la ciudad de Lisboa - Portugal, utilizando Realidad Aumentada. Esta tecnología nace de las investigaciones en Realidad Virtual, sin embargo, no se deben confundir ya que la Realidad Aumentada proporciona un nivel de inmersión menor pero más práctico, y no requiere de equipos grandes y costosos, facilitando su implementación en todo tipo de instituciones educativas.

En este trabajo se ilustra el desarrollo del sistema enfocándolo a la enseñanza de la química orgánica, se exploran las características del modelo pedagógico necesario, se proponen las actividades de aprendizaje iniciales que vinculan el modelo pedagógico con el prototipo y se realiza una prueba de usuarios con resultados satisfactorios.

Al finalizar esta investigación se obtuvo un sistema de aprendizaje que puede ser empleado por cualquier docente y estudiante de la UNAB como complemento a sus clases, de forma que se logre captar el interés y se facilite la apropiación

Como citar este artículo: Lobo-Quintero, R.A., Santoyo-Díaz, J.S. and Briceño-Pineda, W., EducAR: uso de la realidad aumentada para el aprendizaje de ciencias básicas en ambientes educativos y colaborativos. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 65-71, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

de los conceptos estudiados. Adicionalmente gracias a EducAR se pueden representar fenómenos físicos y experimentos usando modelos 3D sin necesidad de equipamientos costosos.

1.2 Metodología

El desarrollo de EducAR se ha realizado en 4 fases:

Fase de desarrollo: como primer paso se realizó el diseño de la experiencia de usuario teniendo en cuenta factores como: la población objetivo, el tipo de dispositivo a utilizar, la ergonomía al utilizar la aplicación y la cámara del dispositivo por un periodo prolongado de tiempo. Como segundo paso se implementaron las interfaces y algoritmos necesarios utilizando como herramientas Android Studio, Unity y Vuforia. Al terminar esta fase se obtuvo una aplicación capaz de utilizar cualquier modelo 3D la cual puede ser usada tanto dentro en el salón de clase como por fuera de este permitiendo y fortaleciendo la colaboración entre los estudiantes y el docente.

Fase de diseño de modelos 3D: se diseñaron y crearon los modelos 3D necesarios para ser usados en todos los cursos, para esto se evaluaron las temáticas y necesidades de cada curso independientemente; así mismo se realizaron entrevistas con estudiantes y docentes para determinar las temáticas deben reforzarse. Para el diseño de los modelos se emplearon modelos existentes, diversas librerías de código y eventualmente según el nivel de detalle necesario fue necesario la asistencia de diseñadores gráficos o personas con conocimientos en diseño 3D.

Fase de creación de estrategias de aprendizaje: a partir de las entrevistas con docentes y estudiantes se determinaron una serie de actividades y estrategias que puedan ser realizadas empleando EducAR, de modo que favorecieron la apropiación de conceptos, despertando el interés de los alumnos por los temas.

Fase de pruebas: Durante esta fase se realizaron varias pruebas de usuarios: entrevistas, pruebas between subjects y pruebas within subjects, en las cuales se compararon el uso de EducAR contra la metodología de enseñanza actual. Así mismo se evaluaron varios aspectos del sistema, algunos de estos son: interacción con el sistema, acciones de rotación, selección y zoom, diseño de la interfaz gráfica, nivel de mejora en la apropiación del conocimiento.

2 Modelo

Con el fin de construir una experiencia exitosa de enseñanza por medio de Realidad Aumentada se deben estudiar los diferentes mecanismos que genera el aprendizaje. Según Dabbagh [3], hay tres componentes clave que deben interactuar para crear aplicaciones de aprendizaje exitosas que son (ver Fig. 1):

- Estrategias de Aprendizaje: son "los planes y técnicas que el instructor utiliza para involucrar al alumno y facilitar el aprendizaje" como lo describen Jonassen et al [5]. Las estrategias de aprendizaje ponen en práctica los modelos pedagógicos que guían la creación de las actividades que entregarán el contenido de diferentes maneras dependiendo de las necesidades del grupo. Ejemplos de estrategias de aprendizaje son: resolución de problemas de exploración, colaboración y negociación social, actividades de juego de roles, articulación, reflexión y otros.

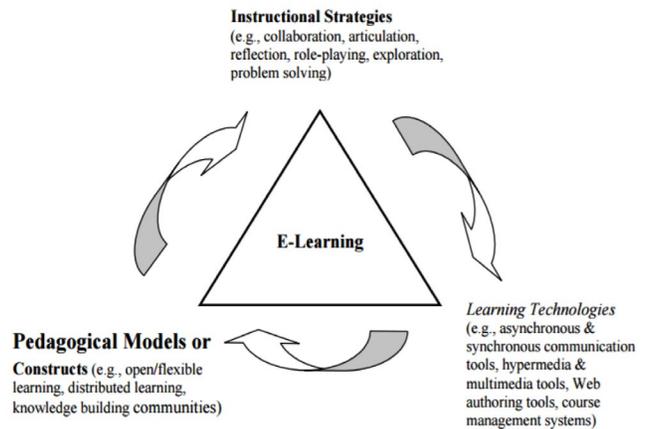


Figura 1. Componentes del aprendizaje online y mediado por la tecnología. Fuente: [4].

- Tecnologías de Aprendizaje: son las herramientas que se unen a las estrategias de aprendizaje con los modelos pedagógicos. Y son los encargados de entregar y transmitir los contenidos a los sujetos de aprendizaje. Richard Clark (2001) estableció que el medio (tecnologías informáticas) influye en el aprendizaje [6]. Sin embargo, no es la computadora per se que hace que los estudiantes aprendan, sino el diseño de la interacción del estudiante con modelos y simulaciones de la vida real. La computadora es simplemente el vehículo que proporciona la capacidad de procesamiento y entrega la instrucción a los estudiantes.
- Modelos Pedagógicos: son los modelos cognitivos creados a partir de puntos de vista sobre el proceso de adquisición del conocimiento que forman la base de la teoría del aprendizaje. Son las maneras que describen cómo la teoría y la práctica convergen. Algunos de los modelos cognitivos estudiados son: cognitivismo, constructivismo, aprendizaje activo, aprendizaje distribuido y aprendizaje aumentado.

2.1 Estrategias de aprendizaje

Después de una búsqueda extensa en la literatura se encontró que las siguientes estrategias son las mas adecuadas para el modelo propuesto:

1. Facilitar la resolución de problemas, la exploración y la generación de la hipótesis. Actualmente, el aprendizaje electrónico basado en problemas de escenarios se utiliza principalmente en la enseñanza de asignaturas en el área de las ciencias de la vida para ofrecer experimentos de laboratorio virtuales sin las limitaciones de coste, tiempo y seguridad [7]. La Realidad Aumentada se ha podido ver en las obras propuestas y puede ser una herramienta poderosa para este tipo de áreas. Estudios anteriores en la literatura han encontrado que el escenario basado en problemas de e-learning puede ayudar a los estudiantes a aprender el contenido del curso y aumentar su motivación.
2. Promoción de la articulación y reflexión. La articulación implica "hacer que los estudiantes piensen en sus acciones y den razones para sus decisiones y estrategias, haciendo así su conocimiento tácito más explícito o abierto" [8]. La

articulación se produce cuando los estudiantes tienen la oportunidad de explicar lo que saben y lo que han aprendido. Es en ese momento en que articulan sus conocimientos entre sí: comparten sus perspectivas y conocimientos.

3. Apoyando múltiples perspectivas. Esta actividad de aprendizaje promueve la construcción de un conocimiento flexible que presenta múltiples puntos de vista de un sujeto, un concepto o un acontecimiento. Los estudiantes reorganizan la información para construir nuevos conocimientos, adquiriendo estructuras de conocimiento flexibles y significativas [9]. Esta estrategia presenta la información de diferentes maneras para que los estudiantes puedan crear conexiones y sus propias explicaciones.
4. Modelamiento y explicación. Esencialmente, el modelado muestra cómo se desarrolla un proceso, mientras que la explicación implica dar razones por las que sucede de esa manera. El modelado y la explicación de los procesos internos es una manera efectiva de mejorar el desempeño del estudiante. Experimentando los procesos cognitivos de un maestro o experto, los estudiantes son más capaces de adoptar el modo de pensar del experto [10].

2.2 Tecnología de aprendizaje

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología de entrega de contenido e interacción que está ganando interés de diferentes públicos, debido a su capacidad de mezclar contenido virtual con el mundo real en diferentes proporciones, logrando un alto nivel de detalle mediante el uso de modelos 3D, imágenes y texto, conservando la visión de la vida real [11].

Debido a sus características, los sistemas de Realidad Aumentada pueden ser utilizados para enriquecer sistemas de conferencias de vídeo, plataformas de distribución de contenido síncrono y asincrónico y aulas estándar, combinando video real con modelos 3D que pueden ser presentados y manipulados por los participantes. Esto conduce al desarrollo de nuevas y mejores maneras de intercambiar y manipular contenido multimedia. Esto puede ser utilizado por trabajo colaborativo remoto y aplicaciones de e-learning [1].

2.3 Modelo pedagógico

El Aprendizaje Aumentado se define como un modelo de aprendizaje donde el entorno de aprendizaje se adapta a las necesidades e insumos de los estudiantes. Fue propuesto por Eric Klopfer [12] en el Programa de Formación de Maestros del MIT.

El Aprendizaje Aumentado utiliza Realidad Aumentada como tecnología principal que proporciona las siguientes características:

- Auténtico y Significativo: Las actividades de aprendizaje en contextos reales las conectan a personas reales, lugares y eventos. Si bien los detalles de estas actividades pueden ser ficticios, la Realidad Aumentada permite que se representen de forma muy fiel, conectando a los estudiantes con el problema y las formas.
- Conectado al Mundo Real: Usando la Realidad Aumentada

muchos intangibles del mundo físico se incorporan en las actividades de aprendizaje proporcionando la oportunidad de estudiar conceptos del mundo real que no pueden explicarse fácilmente.

- Contienen múltiples caminos: Los problemas diseñados pueden utilizar un enfoque del mundo real caracterizado por la falta de una respuesta clara. Los estudiantes exploran toda la información y constantemente redefinen sus propias metas. Al final defendiendo sus respuestas y los medios que utilizaron para definir esa respuesta.
- Proveen retroalimentación: El feedback puede venir de muchas formas. El más obvio es directamente por medios electrónicos. A medida que los estudiantes interactúan físicamente, se les proporciona una retroalimentación virtual basada en sus acciones, resultados preprogramados y modelos subyacentes. Pero la retroalimentación también puede venir de otros estudiantes. A medida que los estudiantes se encuentran, intercambian información e ideas, proporcionando retroalimentación útil entre sí.

3 Resultados

En base a lo evidenciado en los artículos de electromagnetismo [13,14,15] se procede a desarrollar una aplicación que modela los conceptos básicos en electromagnetismo de una manera didáctica y entretenida. Los temas que se van a reforzar por medio de la aplicación son: Campos magnéticos, Resistencia, Circuitos eléctricos, Inductor.

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó el programa Unity 3D versión 5.3.1 ya que es una importante multiplataforma de desarrollo de videojuegos 2D y 3D, permitiendo que el desarrollo se lleve a cabo en diversos dispositivos tanto móviles como de escritorio.

El segundo programa utilizado para el desarrollo de la aplicación fue Vuforia utilizando su SDK (software development kit) para la elaboración de aplicaciones que se basan en la Realidad Aumentada, este programa permite el uso de la pantalla del dispositivo como medio de proyección de la Realidad Aumentada.



Figura 4. Menú de la aplicación.

Fuente: Los autores.

Otra ventaja que ofrece el programa es la del uso de imágenes diferentes a los marcadores convencionales que se usan normalmente en este tipo de aplicaciones.

El menú inicial fue desarrollado de forma que el usuario se sienta conforme y entienda a simple vista el funcionamiento de la aplicación, consta de 5 modelos básicos de electromagnetismo, enfocado en el tema de campos eléctricos, que poseen imágenes alusivas al tema que se requiera estudiar (ver Fig. 4).

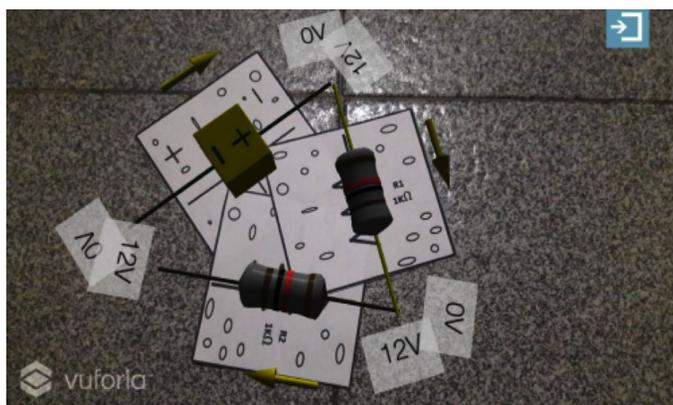


Figura 5. Modelo Circuito Eléctrico.
Fuente: Los autores.

Se realizaron modelos 3D para los temas seleccionados: circuitos eléctricos (ver Fig. 5), inductores (ver Fig. 6), resistores (ver Fig. 6), producto punto y producto cruz (ver Fig. 8), la ley de la mano derecha (ver Fig. 9).

El modelo de circuitos eléctricos muestra en pantalla los respectivos voltajes que circulan en el circuito en el momento en el que la fuente se encuentre en sentido positivo (+) / negativo (-) y también cuando la fuente se encuentre en sentido negativo (-) / positivo (+) muestra los debidos cambios de voltajes.

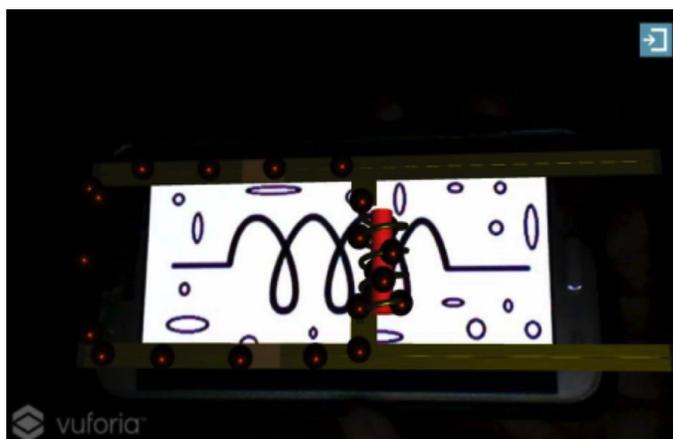


Figura 6. Modelo Inductor.
Fuente: Los autores.

El modelo resistor muestra un texto en pantalla donde se especifica que la ley de ohm tiene como objetivo mostrar cómo es el comportamiento general de los circuitos (“La Ley de Ohm tiene como objetivo mostrar como es el comportamiento general de los circuitos”). Se muestra la función que tiene un resistor en un

circuito eléctrico (“El resistor trata de regular el voltaje con el que vienen cargadas las partículas”).

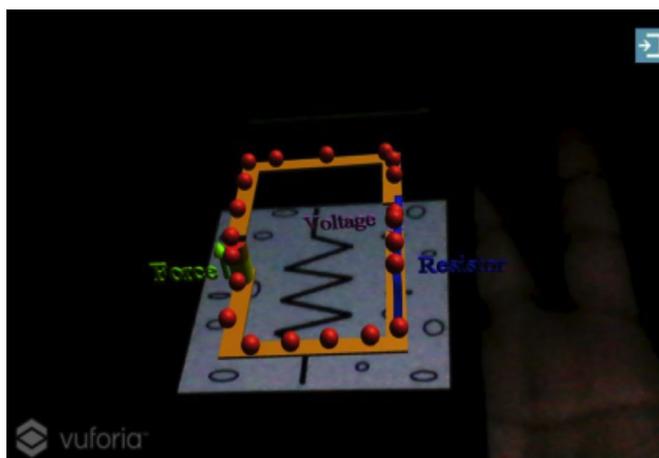


Figura 7. Modelo Resistor.
Fuente: Los autores.

El modelo inductor muestra un texto el cual explica la funcionalidad del inductor y su importancia (un inductor es una bobina envuelta con alambre alrededor que almacena energía en forma de campo magnético) y en el momento que desaparezca el texto, se muestra un nuevo texto en el cual se habla sobre los campos magnéticos que se produce en un inductor y la funcionalidad del mismo (La corriente que fluye a través del inductor crea nuevos campos magnéticos, es decir, que el inductor es un dispositivo que trata de prevenir que los campos magnéticos cambien a pesar que se generen nuevos campos en el inductor).

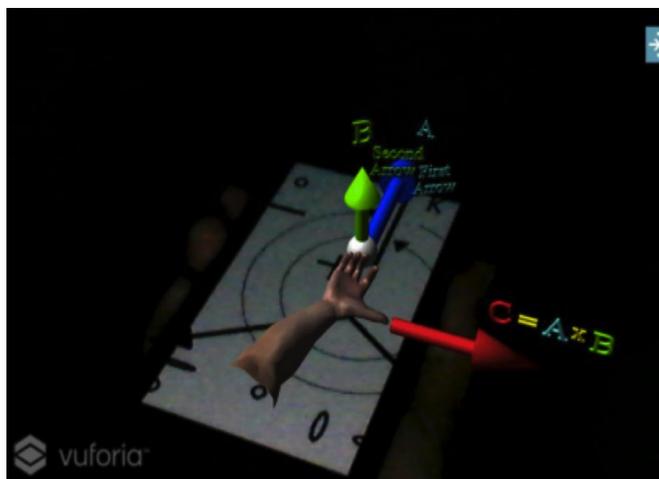


Figura 8. Producto Punto y Producto Cruz.
Fuente: Los autores.

En el modelo producto punto y producto cruz se muestra la fórmula respectiva a la dirección, es decir: Derecha ($C = A * B$), Izquierda ($C = -A * B$). También se muestra el concepto de la mano derecha y la importancia que tiene en el momento de orientarse en este tipo de casos (Se usa la mano derecha con el fin de recordar a dónde debe apuntar la flecha que nace de las originales con ayuda del dedo pulgar).

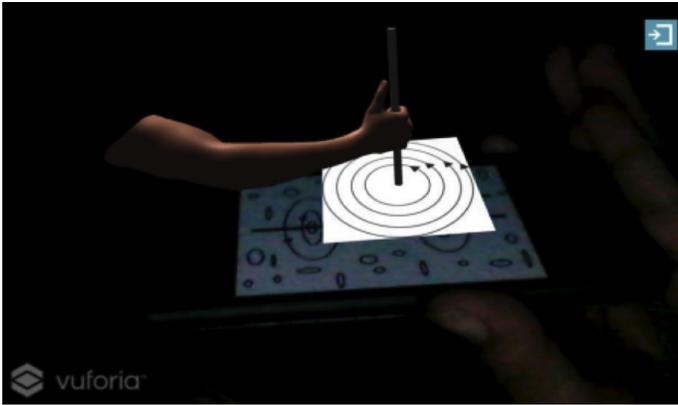


Figura 9. Modelo Regla de la Mano Derecha.
Fuente: Los autores.

El modelo de la regla de la mano derecha muestra como texto inicial, la funcionalidad y finalidad que posee la regla de la mano derecha (“la regla de la mano derecha establece que si se extiende la mano derecha sobre el conductor en forma de que los dedos estirados siguen la dirección de la corriente”). Se mostró la funcionalidad de la dirección de los dedos de la mano derecha, que intervienen en la regla. También se hizo simulación de una situación de la vida real, donde la funcionalidad de la regla de la mano derecha es aplicada.

3.1 Pruebas

Para la fase final del desarrollo del proyecto se procedió a realizar pruebas del sistema con usuarios reales en el mes de octubre del 2016. Se contó con la ayuda del Instituto Caldas (colegio privado de la ciudad de Bucaramanga, Colombia), donde se realizaron pruebas con los estudiantes de 11A y 11B. Cada curso contaba aproximadamente con 20 y 21 estudiantes en edades entre 15-18 años debido a que los estudiantes de esta institución estaban estudiando las temáticas propuestas para el prototipo de Realidad Aumentada (son los mismos temas que se ven en las materias de ciencias básicas de la UNAB). Los estudiantes procedieron a interactuar con la aplicación desarrollada bajo el nombre de “EducAR” la cual fue instalada previamente en tabletas proporcionadas por la UNAB (ver Figs. 10 y 11).

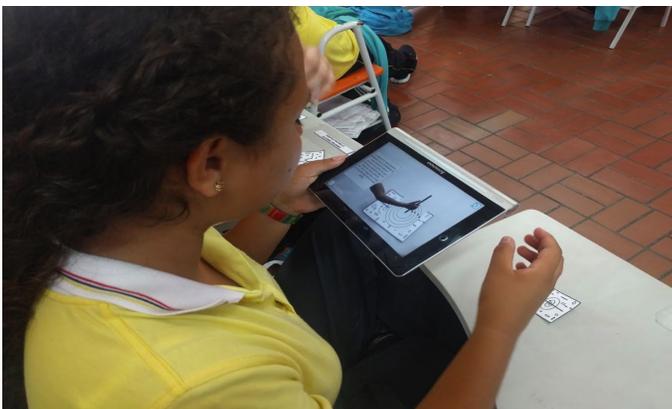


Figura 10. Estudiantes aprendiendo con Realidad Aumentada.
Fuente: Los autores.



Figura 11. Estudiantes en grupo y con apoyo del docente.
Fuente: Los autores.

4 Oportunidades y dificultades

A partir de las encuestas realizadas a los estudiantes y docentes al finalizar la sesión y la recolección de trabajos similares en el estado del arte, se pudo evidenciar la gran aceptación que tuvo la aplicación EducAR por parte de la comunidad de maestros y alumnos. En base a dicha evidencia, se podría comenzar a pensar en el desarrollo de aplicaciones similares a EducAR, que sirvan como herramientas de apoyo de la educación y que se pueden implementar en el uso cotidiano de los colegios y las universidades, reemplazando así de esta manera el método de enseñanza tradicional.

El uso del SDK de Vuforia permitió que el proyecto se llevará a cabo de una manera óptima, ya que el software aparte de proporcionar la facilidad de importar cualquier imagen que se desee utilizar como un marcador de Realidad Aumentada, también se complementa perfectamente con la plataforma de desarrollo de videojuegos más usada en el mercado que es Unity, donde importar las imágenes que se utilizarían no representaba problema alguno y se realizaba de una forma rápida.

Durante el desarrollo de la aplicación surgieron problemas los cuales fueron solucionados de inmediato tales como:

Problemas con los marcadores: Durante el montaje de los modelos en los respectivos marcadores alusivos a la temática abordada, se presentó un problema en cuanto a la visibilidad de la Realidad Aumentada, ya que dichos marcadores no contaban con los suficientes puntos de reconocimiento necesarios para la proyección de la Realidad Aumentada. Teniendo el problema con los marcadores, se procedió a cambiar cada uno de los marcadores por marcadores con un mayor número de puntos de reconocimiento y con mayor calificación en el programa Vuforia, con el fin de ofrecer comodidad en el uso de la aplicación con el menor número de pasos a realizar.

Problema con las animaciones: Las animaciones representaron un problema de gran riesgo durante el desarrollo del proyecto, ya que ninguno de los autores del proyecto estaba familiarizado con el uso de herramientas de diseño gráfico; este problema se solucionó por medio de un diseñador gráfico, el cual realizó la modelación en un programa especializado y

posteriormente se exportó a Unity.

Problema con la presentación de la aplicación: En el momento de realizar una interfaz amigable con el usuario, no se tenía una visión de esta, ya que se tenían múltiples ideas de presentación de la aplicación. El problema fue solucionado por el equipo de trabajo, tomando en cuenta aquellos aspectos importantes para el usuario que tiene la aplicación, se realizaron encuestas y grupos focales para crear una buena experiencia de usuario.

5 Conclusiones

La tecnología juega un papel importante de carácter motivacional en nuestro entorno. Llegará el día en donde nuestro cuerpo se integre con ella y ella sea parte de nosotros. Por eso la educación debe buscar y probar nuevas formas de enseñanza - aprendizaje para usar las TIC y generar conocimiento a partir de la motivación que se genera. Se concluye finalmente que este trabajo no solo probó que la Realidad Aumentada es una herramienta de apoyo a la hora de enseñar un tema determinado, sino que es relevante en cuanto al aumento de la motivación en el aprendizaje del estudiante, generando espacios de colaboración, cooperación y convivencia al trabajar en grupos para lograr un aprendizaje.

La integración entre la pedagogía y las TIC fue el factor clave durante el diseño y desarrollo del proyecto EducAR. La literatura revisada siempre resaltó que ambos elementos deben estar juntos con el fin de crear un sistema de aprendizaje exitoso. Sin embargo, la forma de hacer esto no era muy claro, hasta que se investigó sobre cómo enlazar las aplicaciones de RA con los modelos pedagógicos, donde se evidenció que había mucha documentación relacionada. Entre esos documentos predominaba el uso del modelo de E-Learning [3].

Las principales funcionalidades de la aplicación de aprendizaje se desarrollaron a partir de los modelos definidos en el Modelo pedagógico de enseñanza por medio de Realidad Aumentada propuesto en la investigación. Para el desarrollo de la aplicación fue necesario recurrir a la ayuda de material teórico que proporcionará una información relevante sobre los temas a tratar, entre ellos: inductores, circuitos, resistores, producto punto y producto cruz, la ley de la mano derecha. La información suministrada no era lo suficientemente clara, lo que llevó recurrir a la ayuda de expertos en el tema, los cuales dieron diferentes puntos de vista, sobre el cómo poder modelar de manera sencilla dichos temas que para ellos era difícil mostrar a los estudiantes, confirmando de este modo que es necesario implementar nuevos métodos de aprendizaje y que mejor que enfocarlos en una dirección tecnológica y más si dicha tecnología está enfocada en la Realidad Aumentada que en el momento está teniendo una gran aceptación por parte de la sociedad.

A partir de las encuestas realizadas y la recolección de trabajos similares en el estado del arte, se pudo evidenciar la gran aceptación que tuvo la aplicación EducAR por parte de la comunidad de maestros y alumnos. En base a dicha evidencia, se podría comenzar a pensar en el desarrollo de aplicaciones similares a EducAR, que sirvan como herramientas de apoyo de la educación y que se puedan implementar en el uso cotidiano

de instituciones educativas, universidades y empresas, reemplazando el método de enseñanza tradicional.

Las encuestas dieron como resultado que los estudiantes consideran sus clases tradicionales aburridas y sin suficientes elementos llamativos o motivantes que los lleven a querer adquirir ese conocimiento.

El uso del SDK de Vuforia permitió que el proyecto se desarrollara de una manera óptima, ya que el software proporciona la facilidad de importar cualquier imagen que se desee utilizar como un marcador de Realidad Aumentada. También se integra perfectamente con la plataforma de desarrollo de videojuegos más usada en el mercado que es Unity, donde importar las imágenes que se utilizarían no representaba problema alguno y se realizaba de una forma rápida.

6 Trabajo futuro

Considerando las opiniones obtenidas a partir de las encuestas y pruebas de usuario se quiere añadir más funcionalidad a la aplicación con diversos temas de ciencias básicas tales como química, cálculo, entre otros. También se esperan incluir más interacciones usando realidad mixta, agregando funcionalidades adicionales con los marcadores.

Se piensa crear una comunidad de desarrolladores que puedan aportar la revisión del código, crear nuevas funcionalidades, compartir conocimiento con otras universidades y grupos de investigación relacionados.

Referencias

- [1] Meléndez-Surmay, A.A. Estudio sobre deserción y permanencia académica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Guajira desde el II PA 2005 hasta el II PA 2007. Tesis de grado. Universidad de la Guajira, Riohacha, Colombia, 2008. [en línea]. Disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/micrositios/1752/articulos-323174_recurso_1.pdf
- [2] Lobo-Quintero, R.A., Augmented reality for educative and collaborative environments. MaSc. Thesis, Universidad Nacional de Colombia. 2014.
- [3] Dabbagh, N., Pedagogical models for E-Learning: A theory-based design framework. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 1(1), pp. 25-44, 2005.
- [4] Ab-Aziz, N.A., Ab-Aziz, K., Paul, A., Yusof, A.M. and Noor, N.S.M., Providing augmented reality-based education for students with attention deficit hyperactive disorder via cloud computing: Its advantages. In *Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2012 14th International Conference on (1). IEEE. February, 2012, pp. 577-581.
- [5] Jonassen, D.H., Grabinger, R.S. and Harris, N.D.C., Analyzing and selecting instructional strategies and tactics. *Performance improvement quarterly*, 3(2), pp. 29-47, 1990. DOI: 10.1111/j.1937-8327.1990.tb00456.x
- [6] Clark, R., *Learning from media. Arguments, analysis and evidence*. Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing. 2001.
- [7] Breakey, K.M., Levin, D., Miller, I. and Hentges, K.E., The use of scenario-based-learning interactive software to create custom virtual laboratory scenarios for teaching genetics. *Genetics*, 179(3), pp. 1151-1155, 2008.
- [8] Jonassen, D. and Driscoll, M. (Eds.). *Handbook of research for educational communications and technology: a project of the Association for Educational Communications and Technology*, Vol. 2, Routledge. DOI: 10.1007/978-1-4614-3185-5, 2003.
- [9] Cunningham, D. and Duffy, T., Constructivism: implications for the design and delivery of instruction. *Handbook of research for educational communications and technology*, 51, pp. 170-198, 1996.
- [10] Gorrell, J. and Capron, E., Cognitive modeling and self-efficacy: effects on preservice teachers' learning of teaching strategies. *Journal of Teacher*

- Education, 41(5), pp. 15-22, 1990. DOI: 10.1177/002248719004100503
- [11] Azuma, R.T., A survey of augmented reality. Presence: teleoperators and virtual environments, 6(4), pp. 355-385, 1997. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355
- [12] Klopfer, E., Augmented learning: research and design of mobile educational games. MIT press. 2008.
- [13] Furió, C., Guisasola, J., Almudí, J.M. and Ceberio, M., Learning the electric field concept as oriented research activity. Sci. Ed., 87, pp. 640-662, 2003, DOI: 10.1002/sce.10100
- [14] Hodson, D., Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas, 12(3), pp. 299-313, 1994.
- [15] Duit, R., La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 11(30), pp. 741-770, 2006.

R.A. Lobo-Quintero, recibió el título de título Ing. de Sistemas en 2011, el título de MSc. en Ingeniería de Sistemas y Computación en 2015, ambos de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. De 2010 a 2012 ha trabajado como docente en diferentes materias de programación en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Fue docente en la Fundación Universitaria de San Gil – Unisangil en el 2014. Actualmente es el director del grupo de investigación Preservación e Intercambio Digital de Información y Conocimiento (PRISMA) de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. También es docente de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

ORCID: 0000-0003-2989-5357

J.S. Santoyo-Díaz, recibe el título Ing. de Sistemas en 2005, el título de Esp. en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo de Software en 2006, estos dos de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. El título de MSc. en Sistemas y Servicios en la Sociedad de la Información en 2013 de la Universidad de Valencia, Valencia, España. Ha trabajado como investigador desde el 2004 hasta el 2008 en la UNAB realizando varios proyectos. En el 2009 fue docente en la Facultad de Estudios Técnicos y Tecnológicos de la UNAB. En el 2010 trabajó en un proyecto con la Universidad Politécnica de Madrid, España. Trabajó desde el 2011 hasta el 2013 como desarrollador en Quasar Tecnología en Bucaramanga, Colombia. Actualmente es docente y administrador de LMS de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia

ORCID: 0000-0001-9947-1109

W. Briceño-Pineda, recibe el título Ing. de Sistemas en 1993 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recibe el título de MSc. en Administración convenio con ITESM en 2000 de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. Recibe el título de MSc. in Business Administration en 2002 de Southern Illinois University at Carbondale, USA. Actualmente es el Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

ORCID: 0000-0003-3194-6758

Formando ingenieros emprendedores

Aleyda García-González ^a, María Dolly García-González ^b & María Alicia Agudelo-Giraldo ^c

^a Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. aleydagarcia@mail.uniatlantico.edu.co

^b Maestría en Biomatemática, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. mdgarcia@uniquindio.edu.co

^c Doctorado en Ciencias de la Educación, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. mariaagudelo@mail.uniatlantico.edu.co

Resumen— Este estudio, enmarcado en el método Investigación-Acción, establece los cambios y mejoras en los desempeños de estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico, relacionados con las competencias emprendedoras: compromiso, iniciativa, pensamiento estratégico, perseverancia y creatividad. Estas competencias fueron seleccionadas por el colectivo de docentes del programa mediante un análisis estructural, como las más influyentes y menos dependientes entre ellas. Se utiliza como estrategia didáctica un proyecto de curso y técnicas didácticas específicas que estimulan el aprendizaje experiencial y de alto nivel, bajo un enfoque constructivista y colaborativo. Para la recolección y manejo de la información se combinan técnicas cuantitativas y cualitativas: un cuestionario procesado a través de los análisis de correspondencias múltiples y regresión logística, y una entrevista semiestructurada analizado con el software Atlas ti. Se demuestra que, con una estrategia y técnicas apropiadas, se logran cambios positivos en los desempeños emprendedores de los estudiantes.

Palabras clave— formación; emprendimiento; competencias; competencias emprendedoras; estrategias y técnicas didácticas.

Recibido: 6 de septiembre de 2018. Revisado: 30 de noviembre de 2018.
Aceptado: 13 de diciembre de 2018.

Educating entrepreneurial engineers

Abstract— This study, framed in the Research-Action method, establishes the performance improvements of Industrial Engineering students with respect to entrepreneurial competences: commitment, initiative, strategic thinking, perseverance and creativity. These competences are selected by the group of the program teachers through a structural analysis, as the most influential and least dependent among each other. A course project and specific didactic techniques, that stimulate experiential and high level learning, under a constructivist and collaborative approach, are applied. In the collection and handling of information, quantitative and qualitative techniques are combined: a questionnaire processed through multiple correspondence analysis and logistic regression, and semi-structured interviews analyzed with the Atlas ti software. This study demonstrates that, with an appropriate strategy and appropriate didactic techniques, positive changes are achieved in the entrepreneurial performances of the students

Keywords— training; entrepreneurship; competences; entrepreneurial skills; strategy and didactic techniques.

1. Introducción

El presente trabajo es motivado por el reconocimiento de la importante tarea que tiene la universidad de formar ingenieros emprendedores cuyas ideas basadas en el conocimiento se

conviertan en empresas e innovaciones que mejoren la calidad de vida y el desarrollo socioeconómico de las comunidades y de las regiones. Lo anterior se fundamenta en afirmaciones de expertos en emprendimiento, como Shumpeter, para quien “el emprendedor es el fundador de una nueva empresa, un innovador que rompe con la forma tradicional de hacer las cosas” [1], “la alternativa para afrontar los cambios sociales, ambientales, tecnológicos y culturales, es el emprendimiento” [2] y “la carencia de las competencias emprendedoras en los estudiantes es producto de “un proceso educativo atomizado y asistémico” [3].

Se propone un proyecto encaminado a promover competencias emprendedoras, comunes no solo al perfil del ingeniero industrial, sino al perfil de todas las ramas de la ingeniería. La investigación se enmarca en los conceptos que asumen que “la formación íntimamente ligada a procesos de aprendizaje, los cuales están asociados a cambios de proceder de los sujetos y están expresados en conductas, hábitos y acciones transitorios o permanentes” [4] y en la concepción de “las competencias como procesos complejos de desempeño con idoneidad en determinados contextos, integrando el saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir” [5]. El estudio se desarrolla bajo el modelo del pragmatismo, en el que “la razón de ser del conocimiento está en su posibilidad de generar transformación social y en su método investigación-acción” [6-8], buscando aportar a la calidad educativa de las facultades de ingeniería en lo relacionado con la formación del emprendimiento.

Se inicia con la revisión de literatura sobre los conceptos emprendimiento, formación, competencias, competencias emprendedoras y didáctica. Luego, el colectivo de docentes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico, mediante un Análisis Estructural [9] selecciona, para este caso, las competencias emprendedoras: compromiso, iniciativa, pensamiento estratégico, perseverancia y creatividad, como las más influyentes y menos dependientes para lograr el comportamiento emprendedor.

Se consultan los desempeños que según los teóricos, son propios de cada una de las competencias emprendedoras seleccionadas. Estos desempeños se constituyen en los

Como citar este artículo: García-González, A., García-González, M.D. and Agudelo-Giraldo, M.A., Formando ingenieros emprendedores. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 72-82, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

resultados de aprendizaje que los estudiantes deben demostrar después de la intervención y luego “en situaciones reales de trabajo, del ejercicio profesional o de la vida social” [5].

Se aplica como estrategia didáctica un proyecto [10] y técnicas didácticas específicas para promover cada una de las competencias seleccionadas, unas recomendadas por los expertos y otras creadas por la docente, que estimulan el aprendizaje experiencial [11] y de alto nivel [12], bajo un enfoque constructivista [13] y colaborativo [14]. Con ellas se abren espacios para que los estudiantes enfrenten situaciones y den solución a problemas relacionados con los conocimientos de la asignatura y con los desempeños propios las competencias.

Se monitorean los cambios y mejoras en los comportamientos de los estudiantes relacionados con las competencias emprendedoras seleccionadas enmarcados en el método investigación-acción.

En un proceso de “observación de la acción y reflexión sobre la acción” [15], se recoge y procesa la información bajo un enfoque mixto, “combinando las metodologías cuantitativa y cualitativa para obtener un mayor conocimiento del fenómeno a estudiar” [16]. Las reflexiones sobre los cambios y mejoras detectados en los estudiantes después de la intervención, se realizan mediante la triangulación metodológica, con el fin de garantizar la validez, la fortaleza y la calidad de la investigación.

2. Metodología

La investigación se realiza durante el segundo semestre de 2015, en el marco de la asignatura Gestión de Mercadeo del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico. La unidad de análisis es el estudiante. Se asume que las competencias emprendedoras pueden ser promovidas en cualquier asignatura de todos los programas universitarios.

La investigación es realizada por la docente-investigadora asignada al curso, con presencia y contacto constantes en el aula de clase y en los espacios virtuales en los que se llevan a cabo las actividades de la asignatura.

En el marco de la investigación-acción en el aula, como es el caso del presente estudio, se formulan las hipótesis de acción “en forma dialógica a través de preguntas y respuestas, en lugar de enunciar las hipótesis tradicionales orientadas a la explicación y relación entre variables” [17] en [26]. “Una hipótesis de acción es un enunciado que relaciona una idea con una acción. Una pregunta (idea), con la respuesta (acción)” [8].

Por tratarse entonces, de una intervención con la intención de ocasionar una mejora de un proceso educativo, se formulan las siguientes hipótesis de acción.

- a. ¿Cómo se conoce la concepción que tienen la institución, la facultad y el programa sobre el emprendimiento?

A través de la revisión de los documentos institucionales: Estatutos, Proyecto Educativo Institucional (PEI), Planes de acción, Proyecto de Académico de la Facultad de Ingeniería y Proyecto Educativo del Programa (PEP).

- b. ¿Cómo se sabe cuáles competencias emprendedoras formar? Mediante la revisión de la literatura relacionada y la selección por parte del colectivo de docentes del programa

de las competencias emprendedoras más influyentes y menos dependientes para el comportamiento emprendedor, a través de un análisis estructural.

- c. ¿Cómo se conocen los criterios de desempeño asociados con las competencias emprendedoras seleccionadas?

Mediante la revisión de los conceptos de los teóricos expertos en cada una de ellas.

- d. ¿Con qué estrategia y técnicas didácticas se promueve en los estudiantes, el desarrollo de cada una de las competencias emprendedoras seleccionadas?

Con un proyecto para ser desarrollado durante el semestre como estrategia didáctica y técnicas didácticas específicas propuestas por los teóricos y otras creadas por la docente.

- e. ¿Cómo se caracterizan los estudiantes según el nivel de desarrollo de las competencias emprendedoras seleccionadas al inicio y al final del curso?

Mediante la aplicación y análisis de un cuestionario al inicio y al final del curso, para determinar las percepciones de los estudiantes sobre sus comportamientos emprendedores respecto a cada competencia y las situaciones en las cuales es más probable formarlas. Adicionalmente, con la aplicación al final del curso de una entrevista semiestructurada para conocer los significados que tienen para ellos la estrategia y las técnicas realizadas en clase.

- f. ¿Cómo se conoce el efecto en los estudiantes, de la intervención realizada?

Los cambios y mejoras en los desempeños emprendedores de los estudiantes se conocen mediante la triangulación metodológica de los resultados.

2.1 Selección de las competencias emprendedoras a formar

Después de estudiar las opiniones de autores que han trabajado en la formación del emprendimiento como [18,2], se obtiene una lista de más de 70 competencias que debe poseer el emprendedor.

En reuniones de reflexión y lluvia de ideas, los integrantes de la línea de investigación Emprendimiento, agrupan, separan e incluso eliminan competencias que están contenidas en otras y se obtiene una lista preliminar con las siguientes 20 competencias emprendedoras: trabajo en equipo, solución de problemas, orientación al logro, creatividad, toma de riesgos calculados, capacidad de negociar, iniciativa, pensamiento estratégico, autoconfianza, conformación de redes, orientación a la acción, perseverancia, liderazgo, adaptación al cambio, compromiso, pensamiento crítico, capacidad de obtención y distribución de recursos, sensibilidad social, pensamiento conceptual y empatía.

Ante la dificultad de formar las 20 competencias emprendedoras al tiempo, con ayuda del colectivo de docentes del programa, se seleccionan las más influyentes y menos dependientes en el comportamiento emprendedor, utilizando el Método de Análisis Estructural con el apoyo del software Mic-Mac [9] y se obtiene un mapa que permite seleccionar las competencias compromiso, iniciativa y pensamiento estratégico que muestran escasa dependencia y alta influencia, así como perseverancia y creatividad porque también presentan escasa dependencia y mediana influencia, ver Fig. 1.

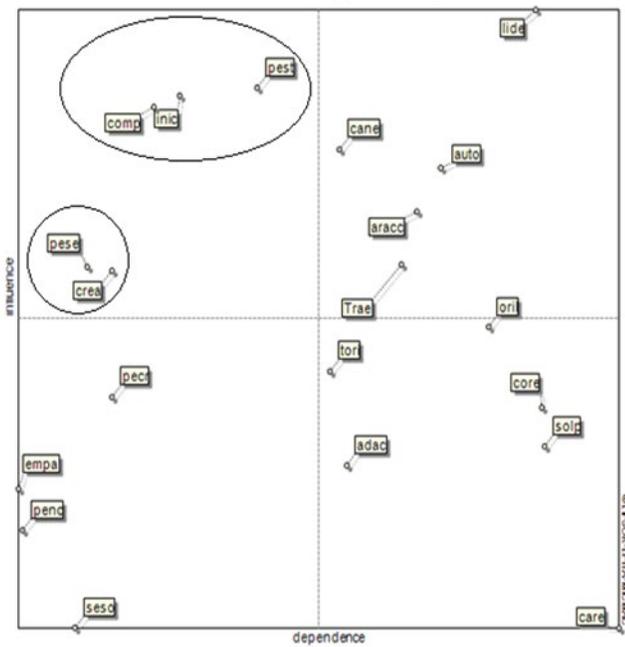


Figura 1. Mapa de influencia y dependencia según colectivo de docentes
Fuente: Software Mic-Mac

2.2 La estrategia y las técnicas didácticas para promover competencias emprendedoras

La estrategia y las técnicas didácticas, se aplican bajo los enfoques constructivista y colaborativo. En el primero, el conocimiento es “una construcción del ser humano, que depende de los conocimientos previos o representación que se tenga de la nueva información y de la actividad externa o interna que el aprendiz realice al respecto” [13]. En el colaborativo, “todos los componentes del grupo, en lugar de competir, aspiran a un mismo objetivo común: trabajar y aprender juntos” [14], actuando el docente como “mediador o intermediario entre los contenidos del aprendizaje y la actividad constructiva que despliegan los alumnos para asimilarlos; además, está pendiente de los avances y tropiezos de todos integrantes del grupo” [19].

2.2.1 La estrategia didáctica

Se escoge como estrategia didáctica o “guía de acción orientada por los resultados que se quieren obtener” [20], un proyecto que los estudiantes realizan en el transcurso del curso y socializan en un evento, en un proceso permanente de asesoría, acompañamiento, motivación y constante actividad reflexiva por parte del docente. En su desarrollo, los estudiantes deben gestionar recursos con personas o entidades, enfrentar y resolver problemas, trabajar en equipo, liderar actividades, buscar oportunidades, cometer errores y crear situaciones que los ayuden a conseguir los objetivos.

El proyecto de curso tiene como objetivo principal la solución de un problema real: Formular un Plan Estratégico de Mercadeo a un producto creado por un emprendedor de cualquier programa de la universidad y presentarlo a la comunidad universitaria en una feria

institucional organizada por ellos mismos. Este trabajo se lleva a cabo en grupos de 7 estudiantes, teniendo como guía una serie de 13 talleres. Para la realización de la feria se constituyen tres comités: logística, mercadeo y académico con sus respectivos líderes y se nombra entre los estudiantes un gerente que coordina las actividades de los comités.

Se busca que los estudiantes integren el saber-saber, el saber-hacer, el saber-ser y el saber convivir [21] al conocer y aplicar los conceptos básicos de la asignatura, mediante una metodología centrada en la práctica, en un trabajo conjunto, con el que se busca que adquirieran desempeños propios de cada una de las competencias emprendedoras que se quieren promover.

La realización del proyecto de curso en grupo es una estrategia didáctica que requiere la comprensión, la aplicación y la articulación de los conceptos de la asignatura con los de otras asignaturas de Ingeniería Industrial como son finanzas, operaciones, administración, calidad, entre otras; de la misma manera exige organización del tiempo, búsqueda, selección y organización de información; colaboración, uso de las tecnologías, compromiso, perseverancia, construcción de redes, creatividad, iniciativa, argumentación, comunicación y planeación estratégica de actividades.

La evaluación de los estudiantes se basa en desempeños que demuestran a medida que avanzan en el proyecto. La estrategia del trabajo en grupo centra el desarrollo del proceso en los estudiantes, teniendo en cuenta sus saberes previos y sus estilos de aprendizaje. Propicia la autogestión, el ejercicio de aprender a aprender y la transferencia de los aprendizajes a las situaciones de la vida real.

2.2.2 Las técnicas didácticas

“La técnica didáctica constituye una herramienta que el profesor debe saber manejar y organizar como parte de una estrategia, dependiendo del aprendizaje que se espera desarrollar en el alumno” [20]. Con el fin de promover el compromiso, la iniciativa, el pensamiento estratégico, la perseverancia y la creatividad, se aplican en el desarrollo de las clases, exposiciones, juegos de roles, talleres reflexivos, analogías, lluvia de ideas y mapas mentales para estimular en los estudiantes la reflexión y la acción. También se propicia la experiencia directa y el aprendizaje multi-sensorial, que abren espacios para que los estudiantes enfrenten situaciones, solucionen problemas y reflexionen sobre los mismos.

2.3 Recolección y procesamiento de la información

Para caracterizar a los estudiantes según el nivel de desarrollo de las competencias emprendedoras seleccionadas al inicio y al final del curso, se aplica un cuestionario en estos dos momentos a la totalidad de los 83 matriculados, aprovechando su disponibilidad permanente en clase. Adicionalmente, al final del curso se realizan entrevistas semiestructuradas a 16 estudiantes escogidos aleatoriamente.

Como podemos ver, la recolección y el procesamiento de la información se realiza bajo un enfoque mixto: cuantitativo y cualitativo, con el fin de estudiar el fenómeno desde diferentes perspectivas, potenciar los resultados y realizar una triangulación de los mismos desde ambos métodos. Estos resultados “pueden

converger, confirmarse mutuamente y apoyar las mismas conclusiones” [22].

Las preguntas del cuestionario se elaboran con base en los criterios de desempeño propuestos por teóricos que han trabajado en el desarrollo de cada una de las competencias seleccionadas. La consistencia del instrumento que las reúne se analiza con el coeficiente alfa de Cronbach, con un valor de 0.91, que según la teoría indica una consistencia excelente entre las preguntas [23]. Adicionalmente, se realiza una selección de las preguntas tipo Likert, basada en la técnica propuesta por [24].

El proceso realizado con el cuestionario y la aplicación de las técnicas cuantitativas se pueden ver en la Fig. 2.



Figura 2. Proceso en la construcción y aplicación del cuestionario.
Fuente: Construcción propia

La caracterización de los estudiantes, se hace de acuerdo con la percepción que tienen sobre si en la carrera se les forman las competencias emprendedoras; se realiza con un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), apoyada en el software Infostat, donde la cercanía entre las respuestas (categorías) indica que están

asociadas y la lejanía entre ellas, indica una leve asociación [25].

Adicionalmente, mediante un análisis de regresión logística, con la ayuda del software Statgraphics, se seleccionan aquellas preguntas que influyen en la promoción de cada una de las competencias, (con un p-valor < 0.1 por ser variables cualitativas y el estudio ser realizado en un entorno social), con el fin de conocer, según las respuestas de los estudiantes a estas preguntas, las situaciones en las que existe mayor probabilidad de promoverlas.

En la regresión logística se toma como variable respuesta para cada una de las competencias, lo que el estudiante piensa sobre la promoción de ella; las posibles respuestas son: Uno (1) cuando los estudiantes consideran que la competencia si se promueve y cero (0) cuando los estudiantes no lo consideran. Primero se seleccionan las preguntas que aportan a la promoción de la competencia y luego en cada pregunta seleccionada se determinan las situaciones en las que cada respuesta (categoría) aporta a la promoción de la competencia; la hipótesis a probar es “la categoría aporta a la promoción de la competencia”.

Los Análisis de Correspondencias múltiples y Regresión Logística se realizan al inicio y al final del curso.

Al final del curso se realizan entrevistas semiestructuradas a 16 estudiantes escogidos aleatoriamente, con el fin de conocer los significados que tuvieron para ellos, el desarrollo del proyecto y las actividades desarrolladas en clase, ya que “gracias a la entrevista se pueden describir e interpretar aspectos de la realidad social que no son directamente observables: sentimientos, impresiones, emociones, intenciones o pensamientos” [26].

Las entrevistas duran en promedio 20 minutos; son grabadas en el soporte digital con el software MP3 Skype Recorder para garantizar su perdurabilidad y transcritas en Microsoft Word. Para la categorización, codificación, análisis y estructuración de la información se utiliza el software de análisis cualitativo (Computer Assisted/Aided Qualitative Data Analysis, CAQDAS) ATLAS/ti versión 6.0.15. El procesamiento de la información cualitativa se puede apreciar en la Fig.3.

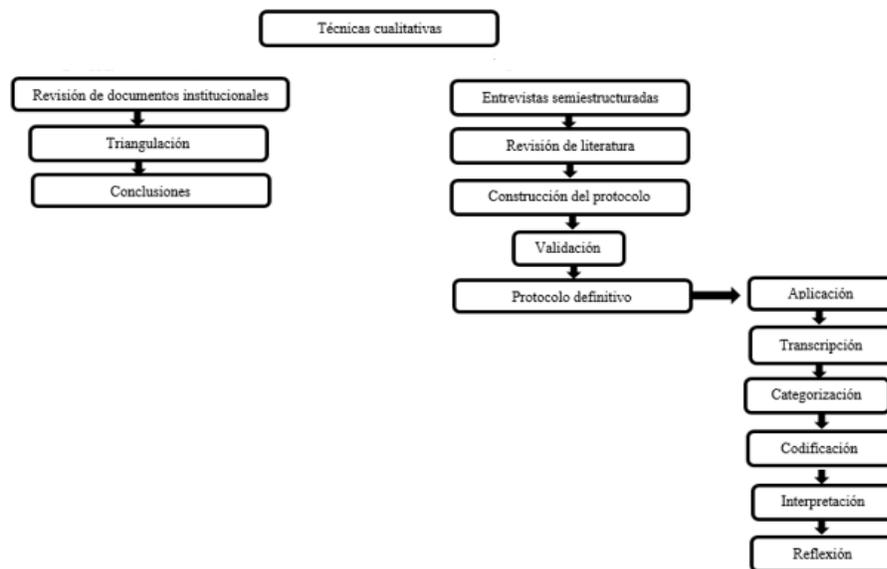


Figura 3. Procesamiento de la información cualitativa
Fuente: Construcción propia

3. Resultados

El estudio realizado responde plenamente a las preguntas planteadas en cada una de las hipótesis de acción, como se describe a continuación:

Al triangular la información contenida en los documentos institucionales se evidencia el reconocimiento de la universidad y del programa como factor importante en el desarrollo científico, económico y social de la región y del emprendimiento como pilar para potenciar la investigación y la innovación.

Con la ayuda del software Mic Mac, el colectivo de docentes selecciona las competencias emprendedoras: compromiso, iniciativa, pensamiento estratégico, perseverancia y creatividad, como las influyentes y menos dependientes para el comportamiento emprendedor.

A través de la revisión de los conceptos de los teóricos expertos en compromiso, iniciativa, pensamiento estratégico, perseverancia y creatividad, se establecieron los criterios de desempeño, los cuales se constituyeron en los resultados de aprendizaje que se deben lograr en los estudiantes.

Para mejorar los desempeños propios del compromiso, la iniciativa, el pensamiento estratégico, la perseverancia y la creatividad, se aplicaron como estrategia didáctica la realización de un proyecto para realizar durante el curso, apoyado por técnicas didácticas recomendadas por los expertos y otras diseñadas por la docente.

La aplicación y análisis de un cuestionario permitió caracterizar los estudiantes al inicio y el final del curso, según sus percepciones sobre sus comportamientos en cada competencia y determinar las situaciones en las cuales es más probable formarlas. Adicionalmente con la aplicación de una entrevista semiestructurada se conocieron los significados para los estudiantes de la estrategia y las técnicas didácticas desarrolladas en el curso.

Las mejoras, cambios en los desempeños emprendedores de los estudiantes, así como los significados que tuvo para ellos la intervención, se evidencian en los resultados obtenidos al recolectar y procesar la información a través de técnicas cuantitativas y técnicas cualitativas, y la posterior triangulación metodológica, lo cual garantiza la validez, fortaleza y calidad de la investigación.

Estos resultados presentados a continuación reflejan cambios importantes y evolución positiva en los desempeños y maneras de pensar de los estudiantes respecto a los comportamientos emprendedores, demostrando que pueden ser promovidos en cualquier asignatura, incluso, no solo de la educación superior, sino también en todos los niveles de la educación.

3.1 Enfoque cuantitativo

Como resultado del Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), se presentaron los siguientes cambios y mejoras en los estudiantes para cada una de las competencias promovidas, después de la intervención:

Compromiso. Competencia relacionada con la capacidad

de identificarse y participar de manera activa [27] en un proyecto, hasta lograr los objetivos. Al inicio del curso los estudiantes manifiestan que trabajan con ilusión para alcanzar sus metas, pero al final, responden que dedican el máximo esfuerzo para alcanzarlas.

Iniciativa: “Relacionada con la decisión de emprender un proyecto que carece de antecedentes y que constituye una novedad, motivado por los propios intereses e ideas y no por sumisión al orden establecido” [2]. Al inicio del curso los estudiantes responden que “se involucran en actividades de su interés sin que nadie los convenza; actúan y hacen gestiones para mejorar las situaciones” [28]; después de la intervención los estudiantes manifiestan que “participan y aportan, inventan nuevos proyectos, presentan sugerencias y cierran ciclos de su vida” [29].

Pensamiento estratégico: Competencia relacionada con la “capacidad para reunir, analizar, organizar la información, detectar tendencias; analizar escenarios futuros, evaluar el desempeño de las organizaciones, reconocer oportunidades, identificar amenazas y desarrollar planes de acción creativos” [30]. Al inicio del curso, los estudiantes manifiestan que “siempre investigan, tienen en cuenta tendencias, cambios del ambiente, así como su conocimiento y experiencia, conocen los recursos con los que cuentan, siempre tienen claros sus sueños y objetivos y casi siempre se anticipan a los cambios” [31]. Al finalizar el curso, después de la intervención, además de las características que poseen al inicio del curso, los estudiantes manifiestan que son conscientes de que “se deben conocer tanto las debilidades como las fortalezas” [30] y que “las situaciones deben ser miradas desde diferentes perspectivas” [31].

Perseverancia. “Competencia relacionada con la predisposición de mantenerse firme y constante en la prosecución de las acciones y emprendimientos de manera estable y continua hasta lograr el objetivo” [32]. Después de la intervención, es la competencia que más mejoras y cambios presenta. Al finalizar el curso, los estudiantes manifiestan que “identifican y crean caminos alternativos para alcanzar las metas, piden ayuda para solucionar los problemas sin desanimarse y realizan intentos para resolver los problemas antes de darse por vencidos” [33], “insisten repiten y corrigen conductas hasta alcanzar las metas, pueden dirigir equipos de trabajo de manera estable y continua hasta lograr los objetivos” [34], comportamientos que no manifestaron al inicio del curso.

Creatividad: capacidad para producir un trabajo novedoso (original, inesperado) y conveniente (oportuno y útil) de acuerdo con las necesidades del contexto [35]. Además de los comportamientos manifestados al inicio del curso, después de la intervención los estudiantes manifiestan que hacen el esfuerzo por percibir deficiencias, problemas y puntos críticos, consideran una situación problema desde diferentes puntos de vista, consideran que aunque las ideas estén funcionando son susceptibles de ser mejoradas [36] y sus ideas han generado ventajas a él y a los implicados [37].

En las Figs. 4, 5 se aprecian los cambios en la percepción que tienen los estudiantes sobre la formación de la iniciativa. Estas gráficas se obtienen mediante el Análisis de Correspondencias Múltiples con ayuda del software Infostat.

De otro lado, con base en las respuestas de los estudiantes y usando la técnica de Regresión Logística se conocen las situaciones en las cuales existe mayor probabilidad de promoverlas, información que constituye una guía valiosa para el docente en la planificación de estrategias y técnicas didácticas en sus cursos. En la Tabla 1, a manera de ejemplo, se muestran las probabilidades de promover iniciativa, según las respuestas de los estudiantes al cuestionario.

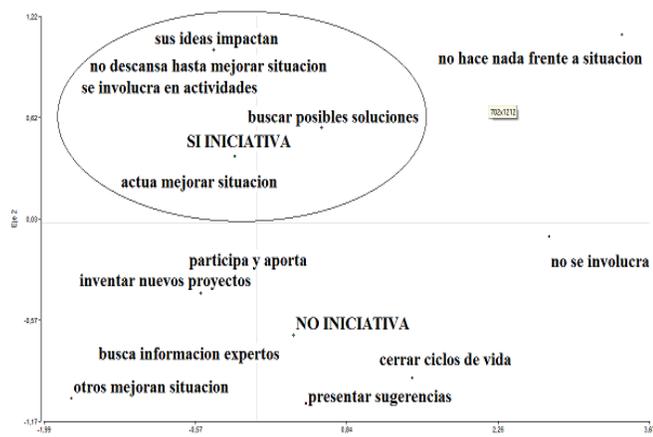


Figura 4. Análisis de correspondencias Múltiples a las respuestas de los estudiantes al inicio del curso para iniciativa. Fuente: Infostat.



Figura 5. Análisis de Correspondencias Múltiples a las respuestas de los estudiantes al final del curso para iniciativa. Fuente: Infostat.

Tabla 1. Probabilidades de promover la iniciativa.

Hay más probabilidades de desarrollar iniciativa:	
Al inicio del curso, cuando:	Al final del curso, cuando:
Ante una situación susceptible de mejorar, actúa y hace gestiones para mejorarla.	Tiene en cuenta todos los detalles.
Siente que sus propuestas impactan a su familia, comunidad u organización.	Se anticipa a los cambios y prevee los acontecimientos negativos.
Lo motivan las situaciones difíciles en las que es previsible la posibilidad de obstáculos.	Casi nunca se preocupa por su desarrollo personal.
Ante una situación, casi nunca ve el panorama completo.	
A veces tiene muy claros sus sueños y objetivos.	Siempre tiene muy claros sus sueños y objetivos.

Fuente: Statgraphics

3.2 Enfoque cualitativo

Además de la revisión y triangulación de los documentos institucionales; después de terminado el curso, se aplican entrevistas semiestructuradas a 16 estudiantes seleccionados en forma aleatoria, con el objetivo de conocer, qué tan significativa fue para ellos la experiencia de participar en el proyecto de curso y en las actividades que se desarrollaron en la clase, orientadas a promover el compromiso, la iniciativa, el pensamiento estratégico, la perseverancia y la creatividad.

El protocolo de la entrevista se desarrolla alrededor de los siguientes tópicos: grado de recordación de la estrategia y las técnicas didácticas utilizadas, reflexión sobre las mismas y su utilidad en su vida personal y profesional. La entrevista se inicia con frases de acercamiento, indagando a los estudiantes sobre sus actividades presentes. Se realiza un breve recuento de la metodología y actividades didácticas desarrolladas en clase y se les pregunta si sienten que éstas aportan a su vida personal y profesional. Se hacen preguntas abiertas, con las cuales se obtienen relatos extensos que ayudan a enriquecer la información obtenida. La investigadora guía la entrevista, tratando de mantener el control del tiempo y evitar desvíos del tema.

Los resultados de las entrevistas semiestructuradas se analizan con el Software Atlas ti. Los comentarios hechos por los estudiantes se concretan en categorías y códigos descritos a continuación, ellos van acompañados de dos cifras: la cifra de la izquierda corresponde a la frecuencia con que es citada la categoría o el código, y la cifra de la derecha la cantidad de códigos con los que se encuentra relacionado.

Categoría compromiso {10-2}: Hacen parte de esta categoría los códigos: Código Personal co {11-1} relacionado con las metas personales y código Organización co {18-1} relacionado con el grupo u organización a la que pertenece. En el primer código, prevalecen las respuestas relacionadas con la organización del tiempo para la consecución de una meta [38]: “...Con el sistema de su clase, uno aprende a ser muy organizado y responsable, usar muy bien el tiempo para presentar las cosas bien, establecer prioridades y definir el impacto que quieres lograr en la gente, nos ayudó mucho”. “me sirvió para no dejar las cosas para última hora, para saber la importancia de cumplir con mis compromisos”. En el segundo prevalece el criterio de desempeño relacionado con la disposición para ejercer el esfuerzo individual hacia las metas del grupo u organización [39]. “la creación del producto, realizar el proyecto completo y presentarlo requería mucho compromiso. Era un compromiso con el grupo de trabajo”.

Iniciativa {11-2}: Hacen parte de esta categoría los códigos Voluntad propia {19-1} y Oportunidades I {10-1}, el primero está ligado a la ejecución de acciones de manera espontánea, además de la resolución idónea de tareas individuales y grupales; en este código predomina el desempeño relacionado con “identificar el valor de las experiencias y las actividades en las que desea involucrarse” [28], “una de las actividades que más resaltaría, fue la de sacarme de mi zona de confort”, y “la capacidad para emprender nuevos proyectos individual o colectivamente” [29], “Tengo la idea de montar mi propio negocio como dentro de un año, cuando me establezca, puedo

poner a alguien que me ayude". El segundo código evidencia el impulso a actuar ante las oportunidades. *"eso me enseñó que en ocasiones es bueno tomar la iniciativa y asumir riesgos"*.

Pensamiento Estratégico {12-2}: Las experiencias más significativas para los estudiantes, con respecto a la promoción de esta competencia, se reflejan en los siguientes códigos: personal pe {11-1} y organización pe {26-1}; el primero hace referencia a desempeños propios de pensamiento estratégico en la cotidianidad, en él se destaca el criterio de conocer las fortalezas, debilidades y recursos con que cuenta en cada momento y saber hacia dónde se dirige [30], *"interesante fue donde aprendí que es importante saber las cosas que eventualmente nos beneficiarán y nos harán crecer, así como rodearnos de personas que aporten vibras positivas a nuestra vida"*. El segundo hace referencia a los desempeños relacionados con el pensamiento estratégico en el contexto de la organización, se destacan la importancia de trabajar en equipo, los aportes valiosos de los expertos y "la capacidad de ver el proyecto completo" [31]: *"Desarrollé mucho la habilidad para trabajar en equipo y como repartir las funciones para el proyecto", "Estoy aprendiendo mucho de él porque él tiene mucha experiencia", "Fuimos capaces de organizarnos en comités para realizar la feria, además de cumplir con responsabilidades y comprometernos"*.

Perseverancia {7-2} Las experiencias más significativas para los estudiantes con respecto a esta competencia se reflejan en los siguientes códigos: Firmeza y constancia {10-1} y En cuanto a resultado {5-1}. El primero está relacionado con los desempeños que impiden al estudiante abandonar los proyectos que se le encargan y los compromisos que adquiere, siendo los desempeños más importantes para ellos los relacionados con la motivación que les producen las situaciones difíciles en las que las que es previsible la posibilidad de obstáculos: *"Se aprendió que en la vida laboral, no se debe renunciar ante las primeras adversidades ya que siempre existirán y se debe tener perseverancia hasta cumplir las metas establecidas"*; "identificar o crear caminos alternativos para alcanzar las metas; la actitud positiva frente a situaciones adversas; pedir ayuda para solucionar temas difíciles sin desanimarse" [33]; ante situaciones o entornos desfavorables, insistir, repetir y corregir conductas, hasta encaminar su acción en pos del logro propuesto [34]; *"en el primer avance no nos fue muy bien, nos reunimos y pensamos que teníamos que seguir adelante, replantearlo e intentar nuevamente. Al final nos fue muy bien, fue una satisfacción muy grande"*. El segundo refleja los comportamientos orientados a lograr los objetivos que se le encomiendan, son más significativos para los estudiantes desempeños como: lograr resultados satisfactorios a pesar de la carencia de recursos, finalizar los proyectos que asumen, llevar a cabo acciones de manera estable y continua hasta el logro de los objetivos y capacidad de redoblar esfuerzos en tareas que presentan altos grados de dificultad: *"todo el trabajo era de constancia y mucho compromiso, tuvimos percances, pero al final todo se solucionó"*.

Creatividad {17-2}, según las respuestas, las experiencias más significativas para de los estudiantes se agrupan en los siguientes códigos: En la solución de problemas {5-1} reflejado en la creatividad que demuestran para solucionar los problemas

con los que se enfrentan, e Innovación {17-2} relacionado con la habilidad para combinar ideas creativas y convertirlas en ideas útiles y de calidad. Respecto al primero, presentan inclinación hacia lo nuevo y lo diferente, "idean enfoques y puntos de vista novedosos para la solución de problemas" [36], *"salimos de lo obvio, porque lo obvio no nos permite pensar más allá y afrontar de manera diferente los problemas"*. en cuanto al segundo, privilegian la importancia de "generar ideas que brindan nuevas oportunidades, ventajas y beneficios" [37], *"cuando se manejan pocos recursos, la creatividad para resolver situaciones adversas, nos hace más competitivos"*. *"Aprendimos a ser muy innovadores porque Usted nos exigía un producto nuevo, teníamos que inventar"*.

4. Discusión

4.1 Que dicen otros autores

La preocupación por formar en emprendimiento se ha incrementado en las últimas décadas, "¿Qué debe ser enseñado y cómo debe ser enseñado para educar en emprendimiento?" [40]. En Colombia, varias acciones encaminadas a despertar el espíritu emprendedor en los estudiantes son dadas a los profesores universitarios [41], pero "aún existe una falta de alineación entre lo que se desea lograr en la educación para el emprendimiento, los enfoques pedagógicos aplicados y los indicadores de éxito" [42]. "Se conoce muy poco acerca de métodos efectivos de enseñanza y evaluación para el emprendimiento" [43]. Se puede decir que se trata de un tema emergente, "el estudio sobre la educación en emprendimiento está todavía en una etapa temprana, y una pequeña y fragmentada investigación está siendo hecha por varios autores" [44].

Varios países han hecho avances significativos en el tema del emprendimiento, por ejemplo, Suecia es reconocida por la inclusión de la educación para el emprendimiento en su sistema universitario y "en el Reino Unido se han establecido centros para la enseñanza y el aprendizaje del emprendimiento en las universidades" [2].

Un panel de expertos mundialmente reconocidos por su trabajo investigativo en el tema de la Educación en Emprendimiento fue convocado por las organizaciones del Reino Unido: La Fundación Nacional para la Ciencia, la Tecnología y las Artes, el Consejo Nacional para graduados en Emprendimiento y el Consejo Nacional para la Industria y la Educación Superior. Ellos proponen tres principios rectores como marco para implementar la Educación para el Emprendimiento y lograr graduados emprendedores-empresarios en las instituciones de educación superior del Reino Unido: 1. Un ambiente institucional posible. 2. El compromiso de grupos de interés dentro y fuera de la institución y 3. El desarrollo de enfoques pedagógicos en la enseñanza, aprendizaje y prácticas de apoyo [45].

Las propuestas mencionadas en el párrafo anterior, demuestran que las prácticas para la enseñanza y el aprendizaje son tan importantes, como los otros dos principios rectores en la labor de promocionar el emprendimiento en las universidades. Estos expertos también "urgen a las

universidades para instituir un reacondicionamiento sistemático de las disciplinas académicas con el fin de que la educación para el emprendimiento sea articulada a cada asignatura” y “retan a las instituciones de educación superior a reflexionar sobre lo que se necesita ser enseñado y aprendido y cómo deben alinearse con los objetivos, resultados y procesos de evaluación existentes” [45]; “lograr esta transformación requiere un modelo de aprendizaje que enfatice experiencia, acción, prácticas de reflexión, empoderamiento y oportunidades para los aprendices” [46].

Un grupo de investigadores ha propuesto un marco sistemático, en el cual consideran como integrantes clave en la educación para el emprendimiento: a los estudiantes, las competencias de los docentes y el ambiente de la institución [43], afirmación que debe motivar a instituciones y docentes a profundizar sobre el tema, “el emprendimiento requiere una rigurosa investigación desde la perspectiva de la educación, prácticas innovadoras, evaluación y mayor integración académica” [47]. Otros investigadores han concluido que “el emprendimiento dirigido parece que anima a los estudiantes a ampliar sus perspectivas y a desarrollar habilidades y comportamientos emprendedores” [48], lo cual es demostrado también en el presente estudio.

Teniendo en cuenta que las prácticas de enseñanza más usadas en las universidades, donde “el desarrollo cognitivo es el punto central del enfoque del aprendizaje, con énfasis en la recepción de conocimiento, reconocimiento, juicio y recordación” [2], se hace válido el argumento de que además de la cognición, también hay que incluir el afecto y la conación en el aprendizaje emprendedor y empresarial [49], siendo la conación “la actividad mental que, con la cognición y el afecto, nos impele a realizar un acto intencional, basados en nuestros conocimientos previos” [50], lo anterior evidencia la importancia de desarrollar en los estudiantes competencias emprendedoras a la par de los conocimientos específicos de cada disciplina.

La enseñanza para el emprendimiento es un proceso relativamente nuevo y poco estudiado, es primordial generar investigaciones que sistematicen los casos exitosos y de fracaso, capaces de medir el impacto de estrategias conducentes a mejorarla” [3]. Con su gran experiencia en la formación del emprendimiento en las universidades [2] afirma: “Muy poco se conoce acerca de técnicas efectivas de enseñanza y métodos de evaluación para emprendimiento y éstos deben enfocarse en la comprensión y desarrollo de comportamientos, habilidades y atributos emprendedores en diferentes contextos”.

Según reciente investigación bibliométrica [47], existen tres corrientes de investigación que consideran el emprendimiento como: a) Aprendido de la experiencia (Minniti y Bygrave, 2001; Politis, 2005). b) Un proceso de desarrollo cognitivo (Krueger, 2007) y c) Un proceso de aprendizaje de alto nivel. (Rae y Carswell, 2000; Cope, 2003; Kyrö 2008; Kakouris 2015); con base en estos hallazgos, los investigadores concluyeron que “las lagunas en la investigación sobre educación para el emprendimiento están en el examen comprensivo de aprendizaje experiencial, procesos de aprendizaje avanzado y educación para la innovación”.

En un proceso riguroso [51] selecciona en forma

participativa las competencias emprendedoras, como base para la formación del emprendimiento; de igual manera, la Universidad de Concepción de Chile conformó un equipo académico con dominio en metodologías innovadoras de enseñanza-aprendizaje para fortalecer competencias asociadas a la capacidad emprendedora en la formación de pregrado [52] y un compendio de 44 pedagogías para enseñar el emprendimiento está siendo difundido en universidades del Reino Unido [53]. Lo anterior nos muestra “la necesidad de desarrollar hábitos y comportamientos emprendedores” [52] en los estudiantes.

4.2 Limitaciones

Las competencias emprendedoras seleccionadas, pueden variar de una institución a otra, incluso de un programa a otro; cada programa, facultad o institución, puede seleccionar las competencias emprendedoras que quiere formar en sus estudiantes, en un proceso de investigación e innovación continuas, con el objetivo de graduar profesionales emprendedores.

La selección de las competencias emprendedoras a promover debe realizarse en el marco de un trabajo colaborativo con el grupo de docentes responsables de los programas y bajo la filosofía de la institución, de lo contrario se constituye en un proceso atomizado en el que los docentes van por caminos diferentes.

La formación de las competencias emprendedoras en los estudiantes, también depende del compromiso que adquiere el docente con la investigación e innovación de su institución; este proceso no podrá llevarse a cabo, si no es desarrollado por docentes emprendedores que sepan motivar a sus estudiantes; de ahí “la importancia de la participación del docente, de manera continua en las acciones de formación y capacitación, que le permitan desarrollar competencias similares a aquellas que se busca formar en los estudiantes” [52].

4.3 Contribuciones académicas de la investigación

En cada asignatura se pueden hacer proyectos de curso que permitan promover las competencias emprendedoras. El trabajo se enfoca en la comprensión y el desarrollo de comportamientos, habilidades y atributos emprendedores [2], a través de los aprendizajes experienciales [11], de alto nivel [12], presentados como lagunas en la investigación sobre educación para el emprendimiento.

La aplicación del análisis estructural [4] para la selección de las competencias emprendedoras a promover en el programa, constituye en una herramienta valiosa para lograr el consenso y compromiso de los colectivos docentes, en la formación de competencias emprendedoras, comunes a todas las disciplinas y perfiles profesionales.

Tanto la caracterización de los estudiantes a través del cuestionario y los análisis de la información obtenida de las entrevistas semiestructuradas, demuestran que la promoción de las competencias emprendedoras seleccionadas, a través de una estrategia didáctica de un proyecto de curso y técnicas didácticas específicas, generan experiencias significativas que

fortalecen gradualmente los comportamientos y las habilidades emprendedoras en los estudiantes. Lo anterior se manifiesta en que ellos, mejoran su autoconfianza, presentan actitud positiva y deseos de participar en las actividades de clase, reflexionan sobre el conocimiento de sí mismos y de sus compañeros, trabajan en la superación de sus miedos, se arriesgan a aportar y hacer propuestas basadas en sus conocimientos y habilidades, se conocen y apoyan entre sí, responden por sus asignaciones, formulan estrategias, las evalúan, las ponen en acción y asumen la responsabilidad por los resultados.

El estudio asume “la enseñanza como investigación y al docente como investigador en su práctica profesional” [26]; demuestra que la estrategia didáctica de un proyecto emprendedor y técnicas didácticas enfocadas a “promover el desarrollo de competencias emprendedoras entre los estudiantes, al mismo tiempo que se enseñan conocimientos propios de la disciplina que se imparte, tienen como resultados cambios positivos y mejoras en los desempeños emprendedores de los estudiantes” [54].

Así como este estudio muestra la fortaleza del método Investigación-acción en el mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje, puede ser una herramienta poderosa en la formación del ingeniero, teniendo en cuenta que entre sus misiones principales está el mejoramiento de los procesos en las organizaciones. De ahí la importancia de capacitar en este método, a los docentes de las facultades de ingeniería y de carreras no relacionadas con las ciencias de la educación como ingenierías, ciencias básicas, ciencias económicas, entre otras

Es una propuesta para que el programa de ingeniería industrial, la facultad de ingeniería y la universidad “promuevan de manera congruente, acciones en los ámbitos pedagógico y didáctico que se traduzca en reales modificaciones de las prácticas docentes” [52], para que los procesos didácticos se revisen y se centren en la formación de ingenieros con “habilidades emprendedoras que les permitan captar y explotar oportunidades, resolver problemas, generar y comunicar ideas, y hacer una diferencia en sus comunidades” [45].

El enfoque mixto usado, combinando técnicas cuantitativas con cualitativas para la recolección y análisis de la información, enriquece los resultados, propicia un interesante diálogo entre los profesionales de las diferentes disciplinas comprometidos en la labor de la enseñanza en las instituciones de educación superior, brinda nuevas posibilidades de análisis y le suministra pautas al docente en el monitoreo de los cambios y mejoras en los estudiantes, después de realizar una intervención.

Adicionalmente, en este caso, la triangulación metodológica de las técnicas cuantitativas y cualitativas de recolección y procesamiento de la información, “se confirman y se complementan entre sí” [22], obteniendo un enfoque más completo de los efectos de la intervención.

4.4 Futuras líneas de investigación.

Se debe investigar en forma permanente sobre la naturaleza de las competencias emprendedoras, el mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje; las estrategias y técnicas didácticas orientadas a desarrollar el emprendimiento, las

características de un emprendedor y las situaciones a las que se enfrenta, con el fin de prepararse para formar los profesionales que demanda el entorno mundial.

Ante los continuos cambios del entorno, debe ser una prioridad para las facultades de ingeniería y las universidades, investigar y capacitar a los docentes de todas sus facultades sobre la didáctica para desarrollar competencias emprendedoras en los estudiantes, en un proceso constante de innovación, bajo la guía de la facultad de educación.

Un complemento importante de la formación para el emprendimiento en las facultades de ingeniería y las universidades en general, lo constituyen las investigaciones longitudinales sobre el impacto de la formación en emprendimiento en los egresados, cuyos resultados pueden ser fuente de mejoras y actualizaciones de los planes de estudio.

4.5 Recomendaciones

Las universidades cuentan con recursos importantes diferentes a los económicos para formar egresados emprendedores; tienen facultades de educación, investigadores y docentes capacitados en didáctica, quienes pueden trabajar en la formación de las competencias emprendedoras y difundir estos conocimientos a las demás facultades. Para articular el emprendimiento a la institución, es necesario asegurar la enseñanza y el aprendizaje del emprendimiento en todas las carreras y en todas las asignaturas, lo cual solo es posible con “un liderazgo visible, claridad de propósitos y resultados, y cambio cultural” [45].

Es prioritario que los expertos en ciencias de la educación, con origen en las ciencias humanas y los expertos en educación para el emprendimiento provenientes de las ciencias económicas, las ciencias básicas y la ingeniería, trabajen juntos en el tema de desarrollo de competencias emprendedoras en los estudiantes, no en forma paralela como se evidencia en la revisión de literatura, salvo unos contados casos; dado que ambas corrientes tienen como misión aportar al desarrollo socioeconómico de las regiones y actualmente existe el consenso de que el camino para lograrlo es el emprendimiento.

Lo ideal sería que la formación del emprendimiento se constituya en un sello de las facultades de ingeniería y de las instituciones, como aporte significativo para el desarrollo de la región a través de egresados emprendedores

Se propone a las autoridades responsables de la educación y la competitividad del país que, como en el Reino Unido, se promuevan los centros para la enseñanza y aprendizaje en emprendimiento, donde se capaciten los docentes que tienen la responsabilidad de formar los nuevos profesionales.

Un indicador importante para conocer los resultados de la promoción del emprendimiento, lo constituyen las investigaciones “longitudinales sobre las carreras de los egresados, el rol de la política de educación superior y su apoyo a la educación para el emprendimiento” [55]. Según investigación realizada por este mismo autor “muchas de la inversión de fondos destinados a la promoción y desarrollo de la educación en emprendimiento se funda en evidencia limitada”, por lo que los resultados de las investigaciones deben ser la base para la asignación de fondos.

También se propone que la promoción de las competencias emprendedoras sea realizada en toda la población estudiantil y no solo en las personas que tienen una idea de negocios, teniendo en cuenta que todas las personas deben poseer competencias emprendedoras en cualquier posición en la que les corresponda desempeñarse.

Referencias

- [1] Carrasco, I. y Castaño-Martínez, M.C., El emprendedor shumpeteriano y el contexto social. ICE Marx-Keynes-Schumpeter (845), pp.121-134, 2008.
- [2] Gibb, A., Towards the entrepreneurial university. Entrepreneurship Education as a lever for change, NCEG Police paper 003, 2005, 101 P.
- [3] Jaramillo, C., Didáctica del emprendimiento en instituciones de educación superior de la ciudad de Medellín, de Formando comunidades para el emprendimiento sustentable: VII Workshop Red Emprendedur, Medellín, Colombia, 2013.
- [4] Sepúlveda, R., Discusiones filosóficas en los paradigmas de formación administrativa. Estudio comparativo en programas de administración del Eje Cafetero Colombiano, Tesis Dr., Universidad Tecnológica, Pereira, 2015.
- [5] Tobón, S., La formación basada en competencias en la educación superior. El enfoque complejo. Curso celebrado en la Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara, Mexico, 2008.
- [6] Hurtado, J., Guía para la comprensión holística de la ciencia. Fundación Sypal, Caracas, Venezuela, 2010.
- [7] Kemmis, S., Investigación en la acción, en Enciclopedia Internacional de la Educación, Barcelona, Vecens-Vives/Mec, pp. 3330-3337, 1989.
- [8] Elliot, J., El cambio educativo desde la investigación acción, Ediciones Morata, Madrid, España, 1993.
- [9] Godet, M., Arcade, J. y Meunier, R.F., Analisis estructural con el metodo MIC-MAC y estrategia de los actores con el metodo MACTOR, Paris, Laboratorio de investigación en prospectiva y estategia (LIPS), pp. 183-185, 2004
- [10] Knoll, M., El método de proyecto: su origen, Educación Profesional y Desarrollo Internacional, 34(3), pp. 59-80, 1997.
- [11] Kolb, D.A., Experiential learning: experience as the source of learning and development., Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc., 1984.
- [12] Schmeck, R., An introduction to strategies and styles of learning, en: Schmeck, R. (Ed.). Learning strategies and learning styles., New York, Plenum Press, 1988.
- [13] Carretero, M.C., Constructivismo y educación, Zaragoza - España: Edelvives, 1993.
- [14] Medina y Domínguez, M.C., Didáctica. Formación básica para profesionales de la educación., Editorial Universitas S.A., España, 2012.
- [15] Shön, D., La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje de las profesiones, Paidós, Barcelona 1992.
- [16] Aguilar, S. y Barroso, J., La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa, Revista de Medios y Educación., 47, pp. 73-88, 2015. DOI: 10.12795/pixelbit.2015.47.05
- [17] Whitehead, J., How do we improve research based professionalism in education. A question which includes action research, educational theory and politics of educational knowledge, British Educational Research Journal, 15(1), pp. 3-17, 1989.
- [18] Timmons, J. and Spinelli, S., New venture creation entrepreneurship for the 21st Century, McGraw-Hill Education, 2004.
- [19] Díaz, F. y Hernández, G., Estrategias docentes para un aprendizaje significativo (una interpretación constructivista), México: McGraw-Hill., 2010.
- [20] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey., Método de proyectos como técnica didáctica, ITESM, Mexico, [En línea]. 2005. Disponible en: <http://sitios.itesm.mx/va/dide2/documentos/proyectos>.
- [21] Delors, J., La educación encierra un tesoro. Informe a la Unesco de la comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI, Santillana, Ediciones UNESCO, Madrid, 1996.
- [22] Kelle, U. and Erzberger, C., Qualitative and quantitative methods: not in opposition. In Aguilar, S. y Barroso, J., La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa, Revista de Medios y Educación., 47, pp. 73-88, 2015.
- [23] Cronbach, L.J. and Shavelson, R., My current thoughts on coefficient alpha and successor procedures. Educational and Psychological Measurement, [Online]. 64(3), pp. 391-418, 2004, Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download>. DOI: 10.1.1.575.7830
- [24] Padua, J., Ahman, H. y Borsotti, C., Técnicas de investigación aplicadas a ciencias sociales., Fondo de Cultura Económica. El Colegio de Mexico, Mexico, 1979.
- [25] Diaz, L., Estadística multivariada: inferencia y métodos, Tesis de grado, Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2002.
- [26] Latorre, A., La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa., Editorial Graó, Barcelona, España, 2010.
- [27] Amoros, E., Comportamiento Organizacional, Chiclayo, Lambayeque, Escuela de Economía, USAT, Perú, 2007.
- [28] Paradise, R., Motivación e iniciativa en el aprendizaje informal, Sintética, (26), pp. 12-21, 2005.
- [29] Tolosana, C., La educación del sentido de la iniciativa, Revista de Educación, (293), pp. 185-202, 1990.
- [30] David, F., Conceptos de administración estratégica, Mexico, Pearson, 2008.
- [31] De Kluyver, C., Pensamiento estratégico: una perspectiva para los ejecutivos, Pearson Education S.A., Buenos Aires, Argentina, 2001.
- [32] Alles, A., Diccionario de comportamientos. Gestión por competencias. Cómo descubrir las competencias, Granica, Buenos Aires, Argentina, 2005.
- [33] Confederación de entidades para la economía social de Andalucía (CEPES), Diccionario de competencias. Estudio de identificación de competencias clave, perfiles profesionales y nuevos yacimientos de empleo en la economía social andaluza, Andalucía, España, Servicio Andaluz de Empleo. Consejería para el empleo. Unión Europea y Fondo social europeo, s.f.
- [34] Chau, R., Competencias/Diccionario, [en línea]. Diponible en: <http://ramonchaux.wix.com/competencias#!perseverancia/cf3>., 2014.
- [35] Sternberg, R., Handbook of creativity, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- [36] Sánchez, M., Desarrollo de habilidades del pensamiento. Creatividad, México, Trillas, 1991.
- [37] De Bono, E., El pensamiento creativo: el poder del pensamiento lateral para la creación de nuevas ideas, Paidós Ibérica, S.A., Barcelona, 1992.
- [38] Sanz-De Acedo, M., Ugarte, D. y Lumbreras, M., Desarrollo y validación de un cuestionario de metas para adolescentes, Psicothema, 15(3), pp. 493-499, 2003.
- [39] Tejada, J.M. y Arias, F., Prácticas organizacionales y el compromiso de los trabajadores hacia la organización, Enseñanza e Investigación en Psicología, 10(2), pp. 295-309, 2005.
- [40] Kuratko, D.F., The Emergence of Entrepreneurship Education: Development, Trends, and Challenges. Entrepreneurship Theory & Practice, 29(5), pp. 577-598, 2005. DOI: 10.1111/j.1540-6520.2005.00099.
- [41] Varela, R., Innovación empresarial, arte y ciencia de la creación de empresas, Pearson, Bogotá, 2014.
- [42] Mwasalwiba, E.S., Entrepreneurship education: a review of its objectives, teaching methods, and impact indicators, Journal of Education and Training, 52(1), pp. 20-47, 2010. DOI:10.1108/00400911011017663
- [43] Ghina, A., Simatupang, T. and Gustomo, A., A systematic framework for entrepreneurship education within a university context, Canadian Center of Science and Education. International Education Studies, 7(12), pp. 1-19, 2014. DOI: 10.5539/ies.v7n12p1.
- [44] Salamzadeh, A., Salamzadeh, Y. and Daraei, M.R., Toward a systematic framework for an entrepreneurial university: a study in Iranian context with an IPOO model, Global Business and Management Research: an International Journal, 3(1), pp. 30-13, 2011.
- [45] Herrmann, K., Hannon, P., Cox, J., Ternouth, P. and Crowley, T., Developing entrepreneurial graduates: putting entrepreneurship at the centre of higher education, The Report made by CIHE, NCGE, and NESTA, [online]. 2008. Available at: http://ncee.org.uk/wp-content/uploads/2014/06/developing_entrepreneurial_graduates.1.pdf
- [46] Hjorth, D. and Johannisson, B., Learning as an entrepreneurial process, in: Herrmann, K., Hannon, P., Cox, J., Ternouth, P. and Crowley, T., 2008.
- [47] Kaouris, A. and Goergadis, P., Analysing entrepreneurship education: a bibliometric survey pattern, Journal of Global Entrepreneurship Research, 2016. DOI 10.1186/s40497-016-0046-y.

- [48] Heinonen, J. and Poikkijoki, S.A., An entrepreneurial-directed approach to entrepreneurship education: Mission impossible?, *Journal of Management Development*, 25(1), pp. 80-94, 2006.
- [49] Kyrö, P., A theoretical framework for teaching and learning entrepreneurship, *International Journal of Business and Globalisation*, 2(1), pp. 39-55, 2008.
- [50] Larocca, F., Conación, cognición y afecto: morfología de las terapias en la cura de ciertas condiciones?, s.f. [en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos57/conacion-cognicion-afecto/conacion-cognicion-afecto.shtml>.
- [51] Gómez, M. y Satizabal, K., Educación en emprendimiento: fortalecimiento de competencias emprendedoras en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, *Economía, Gestión y Desarrollo*, (11), pp. 121-151, 2011.
- [52] Castillo, P., Baquedano, C., Leiva, Y., Olabarría, S., Parra, E. y De Sousa, B., Una innovación pedagógica para la formación de universitarios emprendedores, *Revista FAE*, 11(2), pp. 113-126, 2008.
- [53] Gibb, A. and Price, A., A compendium of pedagogies for teaching entrepreneurship, [online] Available at: <http://ieeonline.com/wp-content/uploads/2013/11/Wider-reading-draft-Ped-Note-compendium.pdf>, 2014.
- [54] Bueckmann, R., Análisis de las intenciones empresariales de los estudiantes universitarios mexicanos: un enfoque basado en variables personales y del programa educativo, Tesis doctoral, Universidad de Cantabria, Santander, España: 2014.
- [55] Pittaway, L. and Cope, J., Entrepreneurship education: A systematic review of the evidence, *International Small Business Journal*, 25(5), pp. 479-510, 2007. DOI:10.1177/0266242607080656

A. García-González, es estudiante del doctorado en Ciencias de la Educación de RUDE Colombia, Universidad del Atlántico; MSc. en Gerencia de Empresas mención Mercadeo de la Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela e Ing. Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia en 1977. Docente investigadora pensionada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico 1999-2015, Vicerrectora de Bienestar Universitario en la misma universidad 2005-2006 y docente catedrática en las universidades Tecnológica de Pereira 1996-99 y Unisarc en Santa Rosa de Cabal 2017-18. líder del Grupo de Investigación 3i+d de la Universidad del Atlántico hasta noviembre de 2015, categorizado B por Colciencias; Gerente de empleos en Morrison Knudsen en el proyecto Cerrejón 1981-86; Ingeniera de producción en Industrias Yidí en Barranquilla 1979-81. Directora de proyectos relacionados con la promoción del emprendimiento entre los miembros de la comunidad universitaria. Autora de los libros: “El centro de emprendimiento institucional, una propuesta” y “Las mipymes en los hogares de los estudiantes, pieza clave para la proyección social”.

ORCID: 0000-0003-1539-3188

M.D. García-González, es MSc., especialidad Matemáticas, de la Universidad Nacional, 1980; Licenciada en Matemáticas y Física, de la Universidad Tecnológica de Pereira, 1977. Profesora de tiempo completo en la Universidad del Quindío desde 1982 hasta la fecha, docente de la maestría en Biomatemáticas de esta institución desde 2001, líder del Grupo de Investigación y Asesorías en Estadística, categorizado en A1 por Colciencias; en el área administrativa se ha desempeñado como vicerrectora académica, directora de la maestría en Biomatemáticas y directora del programa de Matemáticas. Desde 1980 hasta 1982 se desempeñó como profesora de la Universidad de Sucre. Pertenece a la Asociación Latinoamericana de Biomatemáticas

ORCID: 0000-0003-1465-2387

M.A. Agudelo-Giraldo, es Dra. en Ciencias de la Educación Universidad del Cauca-Popayán. PhD. en Ciencias Humanas y Sociales-Facultad de Filosofía y Letras-Universidad de Buenos Aires. MSc. en Educación-Pontificia Universidad Javeriana-Universidad del Norte. Docente- Investigadora adscrita a la Facultad de Ciencias de la Educación-Universidad del Atlántico-Barranquilla. Coordinadora misional de investigaciones, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad del Atlántico. Coordinadora de la Cátedra Paulo Freire-Universidad del Atlántico. Miembro del Comité Asesor de la Maestría en Educación-Universidad del Atlántico-SUE-Caribe, investigadora de la Red Interinstitucional de Empatía Internacional. Miembro de la Comunidad Iberoamericana de Sistemas de Conocimiento CISC.

ORCID: 0000-0001-6483-1231

Estudio de preferencias declaradas sobre metodologías de enseñanzas constructivistas

Néstor Eduardo Flórez-Oviedo

Facultad de Ciencias Administrativas Económicas y Contables, Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia nestor.florezov@amigo.edu.co

Resumen— Este trabajo presenta un estudio de preferencias declaradas para conocer las metodologías de estudio preferidas por los estudiantes de administración de empresas de una Universidad en la ciudad de Medellín. Por medio de un grupo focal se identificaron las variables, niveles y atributos que dieron forma a la encuesta y que inciden en los estudiantes al momento de escoger el tipo de metodología de enseñanza preferida por ellos y que desean que sea impartida por sus docentes. Para esta investigación, se aplicaron modelos desagregados tipo logit multinomial (MNL) y la técnica de preferencias declaradas (PD). Los resultados de esta investigación sugieren una combinación de metodologías para su aplicación en las diferentes asignaturas.

Palabras Clave— grupo focal, logit multinomial, metodologías constructivistas, preferencias declaradas.

Recibido: 24 de agosto de 2018. Revisado: 19 de noviembre de 2018. Aceptado: 11 de enero de 2019.

Study of declared preferences on constructive learning methodologies

Abstract— This paper presents an analysis of declared preferences to know the study methodologies preferred by the students of business administration of a University in the city of Medellín. Through a focus group, were identified the variables, levels and attributes that conform the survey and that affect students, when choosing the type of teaching methodology preferred by them and that they want to be taught by their teachers. For this research, disaggregated models like multinomial logit (MNL) and the declared preferences (PD) technique were applied. The results of this work suggest a blend of methodologies for your application in different courses.

Keywords— focus group, multinomial logit, constructivist methodologies, declared preferences

1 Introducción

En aras de diseñar estrategias de enseñanza y aprendizaje que mejoren los sistemas de educación a nivel de Universidad, se han desarrollado e implementado diferentes metodologías de educación en donde el centro de atención es el estudiante. Existe la convicción de que los seres humanos son productos de su capacidad para adquirir conocimientos y para reflexionar sobre sí mismos, lo que les ha permitido anticipar, explicar y controlar propositivamente la naturaleza, y construir la cultura [1].

Además “en el proceso enseñanza aprendizaje, un factor importante, resulta el interés de los estudiantes en adquirir nuevos conocimientos y sobre todo sus estilos predominantes

de aprendizaje y todas las estrategias de enseñanza utilizadas por el profesor deben tener en cuenta estas características del estudiantado para lograr los éxitos esperados” [2]. Los estilos de aprendizaje, aunque son relativamente estables, pueden ser modificados, siendo una responsabilidad de los docentes coadyudar a los estudiantes en el descubrimiento de su estilo y aprender a adaptarlo a las experiencias de cada situación [3].

De acuerdo con estas posturas las metodologías constructivistas apoyadas con el desarrollo tecnológico están siendo implementadas en muchas instituciones de educación superior, con la finalidad de que el centro de atención dentro del ejercicio pedagógico sea el estudiante. La utilización de la tecnología educativa tiene un sustento teórico en la corriente pedagógica del constructivismo que le da significado y respalda el uso de material didáctico novedoso que permite al alumno la construcción de su propio conocimiento a través de la exploración y ejercicio de actividades que promuevan procesos cognitivos de orden superior y de acorde a la edad [4]. Por ello, muchas de las metodologías constructivistas como el aula invertida, el aprendizaje cooperativo (AC), el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el aprendizaje basado en pensamiento (TBL), entre otros, se han venido estudiando y aplicando en los diferentes programas de las distintas Universidades a nivel mundial.

Algunos de los estudios que se han realizado con respecto a las diferentes metodologías constructivistas corresponden a la aplicación de una de estas metodologías en un curso específico de una carrera de una Universidad o colegio. En este tipo de estudios se describe el método de aplicación de las diferentes metodologías y los resultados alcanzados por estas. En estas investigaciones se valora la mejora metodológica y el impacto que esta ha tenido en el aprendizaje de los estudiantes que fueron parte del análisis.

Sin embargo, en la actualidad, no existe un estudio de las preferencias metodológicas que tienen los estudiantes al momento de aprender o de recibir formación por parte de sus docentes. Tampoco se ha estudiado las herramientas de aprendizaje predilectas con las cuales los estudiantes se sienten a gusto, y que son influyentes para que el conocimiento adquirido sea significativo en ellos.

Esta investigación se centra en conocer el tipo de metodología preferida por los estudiantes de Administración de

Como citar este artículo: Flórez-Oviedo, N.E., Estudio de preferencias declaradas sobre metodologías de enseñanzas constructivistas. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 83-88, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

Empresas de una institución de educación superior de la ciudad Medellín por medio de la técnica de preferencias declaradas. La información requerida para el diseño de la encuesta, obtenida por medio de un grupo focal, la aplicación de la encuesta con los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas de acuerdo con la aplicación del modelo logit multinomial (MNL).

2. Referentes conceptuales

2.1 Logit multinomial

Corresponde al modelo más utilizado, su obtención resulta de suponer que los términos de error siguen una distribución IID (independiente e idénticamente distribuidos) Gumbel, con media cero y varianza σ^2 . Esto quiere decir que no hay correlación entre los términos y poseen la misma varianza a nivel de alternativas como de individuos. Así, la probabilidad de que un individuo n escoja la alternativa i [5], está dada por:

$$P_{iq} = \frac{\exp(\beta V_{iq})}{\sum_{A_j \in A(q)} \exp(\beta V_{jq})} \quad (1)$$

2.2 Técnica de preferencias declaradas

Se denominan técnicas de preferencias declaradas (PD) a un conjunto de metodologías que se basan en juicios (datos) declarados por individuos acerca de cómo actuarían frente a diferentes situaciones hipotéticas que le son presentadas y que deben ser lo más aproximadas a la realidad. Estas técnicas utilizan diseños experimentales para construir las alternativas hipotéticas presentadas a los encuestados. Las alternativas de elección presentadas a los encuestados son descripciones de situaciones o contextos construidos por el investigador que se diferencian a través del valor que toman sus atributos [6].

2.3 Metodologías constructivistas

Son aquellas que por sus características y herramientas didácticas centran su formación en el estudiante. Debido a que este no descubre el conocimiento, sino que lo construye a medida de las circunstancias y las temáticas del curso. El rol del docente en este tipo de metodologías es de mediador o guía, y por medio de actividades que este diseñe y desarrolle, los estudiantes construirán el conocimiento necesario que los ayudará a alcanzar los objetivos del curso.

En efecto, el alumno construye el conocimiento de manera personal pero mediada por la intervención del profesor u otros alumnos mejor preparados, en un momento y contexto cultural particulares y con la orientación hacia metas definidas [7]. Se expone a continuación las metodologías descritas en este estudio que fueron seleccionadas después de haber realizado el grupo focal.

2.3.1. Aula invertida

La estrategia didáctica del aula invertida permite entre otros elementos aprovechar el tiempo en aula para contextualizar los conceptos teóricos que han sido revisados autónomamente de

manera previa por los estudiantes [8]. Las dudas de los estudiantes se abordan en el aula de clases y se realizan actividades para reforzar los contenidos teóricos.

2.3.2. Aprendizaje basado en problemas (ABP)

El ABP se caracteriza por ser un enfoque centrado en los alumnos, en el cual los profesores operan “más como facilitadores que como diseminadores”, y se manejan problemas de solución abierta que sirven como el estímulo inicial y el esquema para el aprendizaje; se requiere que los alumnos mantengan un nivel metacognitivo de conciencia frente a la información que poseen del problema, la que necesitan y las estrategias que requieren para resolverlo [9].

2.3.3. Aprendizaje basado en el pensamiento (TBL)

Es una estrategia de enseñanza-aprendizaje centrada en el estudiante. Método educativo para grandes grupos. Coordinado por el docente, posibilita la interacción y el trabajo en equipo. Se produce en cuatro etapas: 1 – Preparación. 2 - Garantía de preparación por medio de la aplicación de las pruebas que aseguran el aprendizaje (en clase) y debate sobre las cuestiones aplicadas en sala; 3 - Aplicación de los conceptos (problema significativo, elección específica, mismo problema y relatos simultáneos); 4 - Autoevaluación y evaluación por parte de los estudiantes para observar el cumplimiento de los objetivos de la discusión del TBL [10].

2.3.4. Clase magistral

Aunque no hace parte de la corriente de metodologías constructivistas, se debe tomar en cuenta para la investigación, debido a que es la más utilizada por los docentes que imparten clases a los estudiantes objetos de estudio. La clase magistral es un modelo pedagógico tradicional cuyo propósito es presentar un tema mediante la revisión general de diferentes perspectivas, así como actualizar el conocimiento y describir los resultados de la experiencia para provocar en el estudiante la motivación a explorarlo en mayor profundidad [11].

2.3.5. Aprendizaje Cooperativo (AC)

Es el uso instruccional de pequeños grupos de forma que los estudiantes trabajan juntos para maximizar tanto su propio aprendizaje como el aprendizaje del resto de los miembros del grupo. Para que exista AC se deben dar 5 condiciones: interdependencia positiva, interacción cara a cara, responsabilidad individual, adquisición de habilidades sociales y autoevaluación del trabajo del equipo [12].

3. Diseño metodológico

En el desarrollo de este trabajo se utilizaron técnicas de levantamiento de información utilizadas en las ciencias sociales tales como los grupos focales y encuestas de preferencias declaradas. Además, por medio de modelos tipo logit multinomial (MNL) se convierten variables tipos cualitativas a

cuantitativas con el fin de conocer las preferencias del grupo de individuos encuestados.

Para crear de manera satisfactoria el conjunto de situaciones hipotéticas a elegir por los individuos encuestados, se proponen los siguientes pasos: 1) identificación del ámbito de elección, factores a considerar y rango de variación probable; 2) versión inicial del experimento, borrador del cuestionario definitivo; 3) con la ayuda de un “grupo focal” mejorar las condiciones del cuestionario; 4) rediseño del cuestionario con las recomendaciones del “grupo focal”; 5) realización de una Encuesta Piloto, para evaluación de resultados y rediseño del cuestionario en caso de requerirse; 6) simulación para verificar si el cuestionario permite recuperar los valores de los parámetros de cada atributo [13].

3.1 Diseño de la encuesta

Los individuos participantes del estudio pertenecen a una Universidad de la ciudad de Medellín todos ellos estudiantes del programa de Administración de Empresas (en adelante el programa), el cual consta de doce mil estudiantes en sus modalidades presencial y distancia. Al estudiar el programa, especialmente al evidenciar el resultado de las evaluaciones que los educandos realizan con respecto a los diferentes cursos se propone indagar con cual metodología se identifican los estudiantes, al momento de obtener un aprendizaje significativo en un determinado curso. Se procede, entonces, utilizar el método de PD, debido a que este brinda una serie de variables y atributos que vendrían a ser las diferentes características que cada metodología puede ofrecer al docente para el desarrollo de su respectivo curso. Metodología con la cual los estudiantes apropiaran los conocimientos necesarios para su quehacer profesional.

Como un primer paso, se debe tener la certeza de que metodologías conocen los estudiantes, y si estos se sintieron a gusto con dichas metodologías. Para ello se requiere convocar a un grupo focal. Con la realización del grupo focal se pretende tener muy en claro cuáles son las metodologías de enseñanza que los estudiantes han visto en su proceso formativo y con cuál de estas metodologías han apropiado de una mejor manera los conceptos de cada asignatura. Para ello se convocó a catorce estudiantes de diferentes semestres, a los cuales se les permitió expresar su opinión ante las siguientes preguntas: 1) ¿Conoce las diferentes metodologías de enseñanza que utilizan sus docentes? Describa cada una de ellas, 2) ¿Cuál de esas metodologías de enseñanza ayudó para mejorar su desempeño académico? y 3) ¿Cómo le gustaría que fuera metodológicamente el desarrollo de un curso, con el cual usted pueda apropiarse y aplicar conocimientos?

3.2 Ejecución de las encuestas

Con las opiniones ofrecidas por los participantes del grupo focal se procedió a diseñar la encuesta de preferencias declaradas. De acuerdo con esa información se seleccionaron las metodologías que los encuestados escogerían: Aula Invertida, ABP, TBL, clase magistral y AC. Se utilizaron las tablas ortogonales propuestas por [14], para lo cual se

propusieron tres variables que tienen en común las diferentes metodologías: proporciona herramientas, aplicación y metodología. Las dos primeras variables tienen tres niveles y la última solo dos (Tabla 1). De esta manera y siguiendo a [14] se obtiene el orden en que debe ir ubicada cada variable, para garantizar su adecuada mezcla y evitar el sesgo en las preguntas. El resultado fueron nueve casos (Fig. 1) donde el encuestado de acuerdo con las diferentes variables y niveles, escogió en cada uno de ellos la metodología preferida.

Para tomar una muestra representativa de los estudiantes del programa se realizaron 298 encuestas, procesándose 2682 respuestas, debido a que cada encuestado debía dar una respuesta de acuerdo con los nueve casos que se le presentaban.

Tabla 1. Variables y niveles.

Variables	Niveles y Valores		
	8	10	12
Proporciona herramientas (PH)	Solucionar problemas	Analizar	Realizar diagnósticos
Aplicación (A)	Brinda herramientas de análisis	Desarrollo de estrategias	Prepara para el entorno laboral
Metodología (M)	No entendible	Entendible	

Fuente: El autor.

CASO 1					
ATRIBUTOS	AULA INVERTIDA	ABP (Aprendizaje basado en problemas)	TBL (Aprendizaje basado en el pensamiento)	Clase magistral	Aprendizaje cooperativo
PROPORCIONA HERRAMIENTAS	Solucionar problemas	Analizar	Solucionar problemas	Hacer diagnóstico	Hacer diagnóstico
APLICACIÓN	Brinda herramientas de análisis	Desarrollo de estrategias	Desarrollo de estrategias	Desarrollo de estrategias	Prepara para el entorno laboral
METODOLOGÍA	No entendible	No entendible	No entendible	Entendible	No entendible

Figura 1. Ejemplo de la encuesta. Caso número uno.

Fuente: El autor.

También se registraron otras variables de tipo socio demográficas para comprobar su injerencia en el modelo. Las variables incluidas fueron: sexo, semestre actual, edad, si trabajaba, si estudiaba en otra institución educativa, jornada de estudio dentro de la universidad (diurna, mixta o nocturna), modalidad de estudio (presencial, distancia) y si había cancelado semestre alguna vez.

3.3 Modelación con encuestas de PD

Con las variables: proporciona herramientas de la metodología PH (PH_K), aplicación de la metodología A (A_K) y

metodología M (M_K) se define la función de utilidad U_K , como sigue:

$$U_k = \beta_K + \theta_{PH} PH_K + \theta_A A_K + \theta_M M_k \quad (2)$$

Donde θ_{PH} , θ_A , θ_M : son los parámetros de las variables PH_K , A_K , M_K definidas anteriormente; y β_K es la constante modal.

La descripción de las variables explicativas para la modelación de las metodologías preferidas por los estudiantes del programa, se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2.
Descripción de las variables.

Variable	Significado
PH1	Herramientas que proporciona el aula invertida
PH3	Herramientas que proporciona el TBL
PH5	Herramientas que proporciona el aprendizaje cooperativo
A2	Aplicabilidad del ABP
A4	Aplicabilidad de la clase magistral
M1	Metodología del aula invertida
M3	Metodología del TBL
M5	Metodología del aprendizaje cooperativo
Ba	Aplicabilidad de la metodología
Bsem1	Estudiantes entre el primer y quinto semestre del programa
Bage1	Estudiantes con rango de edad entre 16 y 24 años
Beoi1	Estudiantes que estudian paralelamente en otra institución
Bwork1	Estudiantes que trabajan
Bcansem1	Estudiantes que han cancelado semestre
Bmod1	Estudiantes de modalidad presencial
Bsex1	Estudiantes de sexo femenino
PH2	Herramientas que proporciona el ABP
PH4	Herramientas que proporciona la clase magistral
A1	Aplicabilidad del aula invertida
A3	Aplicabilidad del TBL
A5	Aplicabilidad del aprendizaje cooperativo
M2	Metodología del ABP
M4	Metodología de la clase magistral
Bph	Herramientas que proporciona la metodología de enseñanza
Bm	Metodología entendible para el estudiante
Bsem2	Estudiantes entre el sexto y último semestre del programa

Tabla 3.
Modelos obtenidos.

MNL 1			MNL 2			MNL3		
Beta	Valor Beta	t - test	Beta	Valor Beta	t - test	Beta	Valor Beta	t - test
ASC1	0	0	ASC1	0	0	ASC1	0	0
ASC2	0,292	4,96	ASC2	0,292	4,96	ASC2	0,292	4,96
ASC3	0,0133	0,21	ASC3	0,0133	0,21	ASC3	0,0133	0,22
ASC4	0,0267	0,0618	ASC4	0,0267	0,43	ASC4	0,0267	0,43
ASC5	-0,0238	0	ASC5	-0,046	0	ASC5	-0,201	-3,07
Bage1	0,107	0	Bage1	0,0971	0	Bph	0,0848	5,36
Bage2	-0,131	0	Bage2	-0,143	0	Bm	-0,133	-6,05
Bcansem1	0,0648	0	Bph	0,0849	5,36	Ba	-0,00459	-0,34
Bcansem2	-0,0886	0	Bm	-0,133	-6,05	L(θ)	-4251,801	
Beoi1	-0,0283	0	Bmod1	-0,0647	0	ρ ²	0,014	
Beoi2	0,00446	0	Bmod2	0,0186	0			
Bph	0,0849	5,36	Bsem1	-0,101	0			
Bm	-0,133	-6,05	Bsem2	0,0548	0			
Bmod1	-0,0483	0	Bsex1	0,0573	0			
Bmod2	0,0245	0	Bsex2	-0,103	0			
Bsem1	-0,0925	0	Ba	-0,0394	-0,34			
Bsem2	0,0686	0	Bwork1	-0,0394	0			
Bsex1	0,0669	0	Bwork2	-0,00661	0			
Bsex2	-0,0907	0	L(θ)	-4249,203				

Bage2	Estudiantes mayores a 24 años
Beoi2	Estudiantes que solo estudian en la Universidad
Bwork2	Estudiantes que no trabajan
Bcansem2	Estudiantes que no han cancelado semestre
Bmod2	Estudiantes de modalidad distancia
Bsex2	Estudiantes de sexo masculino

Fuente: El autor.

Utilizando las variables anteriores y la formula (2), se plantearon las ecuaciones de utilidad para cada metodología.

Función de utilidad para la metodología del aula invertida:

$$ASC1 * one + B_{ph} * PH1 + B_a * A1 + B_m * M1 \quad (3)$$

Función de utilidad para la metodología del ABP:

$$ASC2 * one + B_{ph} * PH2 + B_a * A2 + B_m * M2 \quad (4)$$

Función de utilidad para la metodología del TBL:

$$ASC3 * one + B_{ph} * PH3 + B_a * A3 + B_m * M3 \quad (5)$$

Función de utilidad para la metodología de la clase magistral:

$$ASC4 * one + B_{ph} * PH4 + B_a * A4 + B_m * M4 \quad (6)$$

Función de utilidad para la metodología del AC:

$$ASC5 * one + B_{ph} * PH5 + B_a * A5 + B_m * M5 \quad (7)$$

Para la modelación se utilizó el software Biogeme® [15] y se realizaron cuatro modelos (Tabla 3). El primero incluyendo todas las variables socio demográficas (MNL1) que se preguntaron a los estudiantes del programa. En el segundo (MNL2) se eliminaron las variables de cancelación de semestre y si estudiaba en otra institución. En el tercero se eliminaron las variables de sexo, edad y semestre, los resultados arrojados fueron similares al segundo modelo. En el cuarto modelo (MNL3) no se tomaron en cuenta las variables socio demográficas de los estudiantes.

Ba	-0,004	-0,34	ρ^2	0,014
Bwork1	-0,02	0		
Bwork2	-0,00381	0		
L(θ)	-4248,903			
ρ^2	0,015			
	MNL1		MNL2	MNL3

Fuente: El autor.

Para la evaluación Test y jerarquización de los modelos se hizo un primer escalonamiento al observar los signos de las variables, los valores de la máxima verosimilitud $L(\theta)$ y del rho-cuadrado (ρ^2). Todos los modelos tienen valores similares en las variables de $L(\theta)$ y de ρ^2 , pero se escoge el MNL3, debido a que sus variables tienen una significancia al 95%. Dejando a las variables socio demográficas con valores de la prueba Test prácticamente nulos. Lo que da a entender que es indiferente las

características socio demográficas del estudiante al momento de preferir alguna metodología de aprendizaje.

Lo que sigue, es hallar la probabilidad de elección de la metodología preferida, para ello, los valores del modelo MNL3 junto con los valores de los niveles (Tabla 1) se remplazan en las ecuaciones (3) a (7). Después se aplica la ecuación (1) y con ella se entrega el resultado de las probabilidades por metodología. (Tabla 4).

Tabla 4.
Modelos obtenidos.

Metodología	Valor Inferior	Valor Medio	Valor Máximo	eVinferior	eVmedio	eVmáximo	Prob. Inferior	Prob. Medio	Prob. Máximo
Aula Invertida	-0,4248	-0,388	-0,3592	0,6539	0,678412	0,69823	19,12%	19,24%	19,24%
ABP	-0,1248	-0,096	-0,0672	0,88267	0,908464	0,93500	25,80%	25,76%	25,76%
TBL	-0,4035	-0,3747	-0,3459	0,6679	0,687495	0,70758	19,53%	19,50%	19,50%
Clase magistral	-0,3901	-0,3613	-0,3325	0,67698	0,69677	0,71712	19,79%	19,76%	19,76%
Aprendizaje Cooperativo	-0,6178	-0,589	-0,5602	0,53912	0,554882	0,571094	15,76%	15,74%	15,74%
						Σ Probab	100%	100%	100%

Fuente: El autor.

Los valores inferior, medio y máximo, son el resultado de aplicar las funciones de utilidad, remplazando los valores de los diferentes niveles. La expresión “e”, es el resultado exponencial de los diferentes valores, y de ahí se calculan las diferentes probabilidades. Se toma el valor de probabilidad media para realizar el respectivo análisis.

De acuerdo con los estudiantes encuestados el 25,76% prefiere el aprendizaje basado en problemas, debido a que esta metodología, ayuda a desarrollar habilidades de lógica y pensamiento administrativo. Además, ayuda a simular situaciones en las que se enfrentarían como profesionales.

De acuerdo con el resultado de la encuesta de PD, virtualmente hay una igualdad entre las metodologías de clase magistral, TBL y aula invertida. Lo que indica que los hábitos de estudio son variados entre los diferentes estudiantes. En el orden de preferencia, se encuentra de último el aprendizaje cooperativo, del cual se puede discernir que lo importante no es trabajar en equipo, si no que el grupo de trabajo desarrolle las diferentes actividades de forma sincrónica y propositiva.

4. Conclusiones

A partir de la realización del grupo focal fue posible determinar las variables críticas que buscan los estudiantes al momento de adoptar una metodología de aprendizaje que sea efectiva en su proceso de aprendizaje. El primer factor va relacionado con que la metodología ayude a entender la teoría que el docente quiere inculcar en el estudiantado, el segundo factor tiene relación en que la metodología proporcione al estudiante herramientas que ayude a desarrollar sus habilidades

y mejorar sus estrategia de pensamiento, y el tercer factor es que la metodología que imparta el docente traduzca la teoría en algo aplicable para su mejor entendimiento, especialmente en aquellos estudiantes que no han tenido contacto con el entorno empresarial.

De los factores hallados en el grupo focal y en contraste con los valores arrojados en el MNL, se encuentran a una confiabilidad mayor al 95%, los factores de: 1) proporciona herramientas y 2) metodología entendible. Esto se debe a que el estudiante prefiere una metodología que facilite el entendimiento y aprendizaje de la teoría, además que esos temas que se tratan les ayuden a desarrollar habilidades para que puedan ser de utilidad en su futuro profesional.

Se encuentra en los resultados obtenidos por la encuesta de PD una inclinación por el ABP, debido a que esta metodología cumple con las expectativas requeridas por los estudiantes. Aun así, se muestra una preferencia marcada y de igual proporción por las metodologías del aula invertida, TBL y la clase magistral. Lo cual da a entender, que al momento de diseñar un curso es preferible la combinación de las diferentes metodologías de aprendizaje. Esto se sugiere, por el hecho de que existen temáticas específicas que se amoldarían a una metodología en especial, lo cual, en su aplicación llevaría a transformar la teoría enseñada en un proceso de aprendizaje significativo.

Se entiende la elección de la clase magistral por tres principales razones; 1) es la metodología más utilizada por los docentes del programa, 2) es la metodología a la que están acostumbrados y exige un menor compromiso por parte de los estudiantes y 3) es una metodología que se ha impartido para el

12% de la población de estudiantes que se encuentran entre los 25 y 28 años.

El aprendizaje cooperativo obtuvo el último puesto dentro de las metodologías preferidas y esto a razón de que la idiosincrasia del estudiante menor a 25 años (88% de la población) opta por trabajar en grupos para la división de tareas. Sin comprender la importancia de esa interacción. Al ser presentada de esta manera la situación, no todos prefieren trabajar en equipo y menos en el desempeño formativo debido a que cada individuo tiene objetivos diferentes para su desarrollo académico y profesional.

Se recomienda a los docentes del programa explorar alternativas que posibiliten la apropiación efectiva de los diferentes conceptos de sus cursos. Para ello se les invita a explorar las diferentes metodologías de aprendizaje existentes para la planeación de sus actividades, con el fin de obtener una amalgama de esas corrientes, permitiendo la satisfacción de los estudiantes y el aprendizaje significativo en ellos.

La Universidad, especialmente el programa, debe evaluar estrategias que permitan que el estudiante se comprometa con su formación, debido a que las metodologías constructivistas para su éxito precisan un mayor compromiso por parte de estos. Es por ello por lo que se debe realizar investigaciones que propicien la participación de los estudiantes de una manera activa en su desarrollo formativo.

Referencias

- [1] Díaz-Barriga, Arceo, F. y Hernández-Rojas, G., Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. 2ª ed, McGraw Hill, México, 2002.
- [2] Cala-Aiello, R., Riera-García, M. y Jaramillo, M., Determinación de los estilos de aprendizaje de estudiantes del primer curso de ingeniería industrial y electrónica de la Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador. *Journal of Learning Styles*, 7(14), pp. 43-67, 2015.
- [3] Estrada, L. y Alejandro, A., Evaluación de estilos de aprendizaje en estudiantes de licenciatura en química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 8(2), pp. 47-52, 2017.
- [4] Cruz-Castañeda, Y. de la., Salazar-Badillo, F. y Mauricio-Castillo, J., Pertinencia de las estrategias de enseñanza aprendizaje que utilizan software especializado como recurso principal en el Nivel Medio Superior de la Universidad Autónoma de Zacatecas. *Investigación Científica*. 12(01), 2018.
- [5] Domencich, T. and McFadden, D., Urban travel demand. A behavioral analysis. North-Holland Pub. Co., 1975.
- [6] Sartori, J., Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros. *Revista de Economía y Estadística*, 44(2), pp. 81-123. 2006.
- [7] Mauri, T., Coll, C. y Onrubia, J., La evaluación de la calidad de los procesos de innovación docente universitaria. Una perspectiva constructivista. *Revista de Docencia Universitaria*, 1(1), pp. 5-17, 2007.
- [8] Reyes-Parra, A.M., Cañón-Ayala, M.J. y Olarte-Dussan, F.A., Una propuesta de aula invertida en la asignatura de señales y sistemas de la Universidad Nacional de Colombia. *Educación en Ingeniería*, 13(25), pp. 82-87, 2018.
- [9] Méndez-Orduña, A., Diseño de una guía didáctica para la enseñanza de la química a ingenieros civiles en formación desde el enfoque de ABP (ABP: aprendizaje basado en problemas). *Educación en Ingeniería*, 10(25), pp. 39-48, 2015. DOI: 10.26507/rei.v10n19.481.
- [10] Alves-Oliveira, B., Fiterman-Lima, S., Santos-Rodrigues, L. y Pereira-Junior, G.A. Team-based learning como forma de aprendizagem colaborativa e sala de aula invertida com centralidade nos estudantes no processo ensino-aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 42(4), pp.86-95, 2018. DOI: 10.1590/1981-52712015v42n4rb20180050.
- [11] Domínguez, L.C., Vega, N.V., Espitia, E.L., Sanabria, Á.E., Corso, C.,

Serna, A.M. and Osorio, C., Impact of the flipped classroom strategy in the learning environment in surgery: a comparison with the lectures, *Biomedica*, 35(4), pp. 513-521. 2015. DOI: 10.7705/biomedica.v35i4.2640

- [12] Vallet-Bellmunt, T., Rivera-Torres, P., Vallet-Bellmunt, I. y Vallet-Bellmunt, A., Eficiencia del plan de marketing como técnica de aprendizaje cooperativo, *European Research on Management and Business Economics*, 22(1), pp. 17-24, 2016, DOI: 10.1016/j.iedee.2015.09.001.
- [13] Moreno, D., Sarmiento, I. y Gonzalez, C., Políticas para influir en la elección modal de usuarios de vehículo privado en universidades: Caso Universidad de Antioquia. *DYNA*, 78(165), pp. 101-111, 2010.
- [14] Kocur, G., Adler, T. and Hyman, W. Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment. U.S. Dept. of Transportation. Wash. D.C. 1982
- [15] Bierlaire, M., Biogeme: a free package for the estimation of discrete choice models, *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, Switzerland. 2003.

N.E. Flórez-Oviedo, recibió el título de Ing. Industrial en 2006 de la Universidad de Córdoba, de Esp. en Logística Integral en 2009 y de la Universidad de Antioquia, en espera del título de Msc de Ingeniería – Infraestructura y Sistemas de Transporte de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. De 2008 a 2017 trabajó para el SENA centro de comercio regional Antioquia como instructor de Logística Integral. Se vinculó a la Universidad Católica Luis Amigó, sede Medellín, como docente investigador en el año 2018 en la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas y Contables, en el programa de Administración de Empresas. Sus intereses investigativos incluyen: modelado en logística, logística humanitaria, herramientas de gestión administrativa y educación. ORCID: 0000-0003-2744-9070

Concepciones de docentes de ingeniería acerca de la enseñanza. Análisis de la consistencia

Fabián Buffa^a, Paola Massa^a, Lucrecia Moro^a y María Basilisa García^b

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina. fbuffa@fi.mdp.edu.ar, lemoro@mdp.edu.ar, pamassa@fi.mdp.edu.ar

^b Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina. bagarcia@mdp.edu.ar

Resumen— Este trabajo consiste en una descripción de las concepciones sobre la enseñanza que poseen docentes de ingeniería y el análisis de su consistencia cuando son indagadas en diferentes aspectos. Particularmente se abordan sus representaciones respecto de (a) para qué se enseña, y (b) qué se enseña. La investigación se llevó a cabo desde una perspectiva fenomenográfica, asumiendo que los profesores construyen sus concepciones dentro de un determinado contexto y se relacionan con los estudiantes en función de esas concepciones. Se realizaron entrevistas a partir de las cuales se extrajeron categorías, tomando como referencia algunas encontradas en investigaciones previas realizadas con docentes de otras disciplinas. Los resultados obtenidos muestran evidencias de que las concepciones de los docentes de ingeniería entrevistados son poco consistentes y se ubican entre posiciones tradicionales, que implican un estudiante ausente en su consideración, y posiciones en las que el estudiante está presente pero solo como sujeto activo-repetitivo.

Palabras Clave— concepciones sobre enseñanza; docentes de ingeniería; análisis de consistencia.

Recibido: 17 de agosto de 2018. Revisado: 19 de noviembre de 2018. Aceptado: 11 de enero de 2019.

Conceptions of teaching held by engineering teachers. Consistency analysis

Abstract— This work describes the teaching conceptions that have engineering teachers and analyzes their consistency. Particularly, their representations are taken with respect to (a) what is it taught for? and (b) what is taught?, considering, in both cases, aspects related to the contents (selection, sequencing and organization) and evaluation. The research was carried out from a phenomenographical perspective, assuming that teachers construct their conceptions within a certain context and relate to students based on these conceptions. Interviews were conducted and categories were extracted from them, taking as a guide those extracted by previous research carried out with teachers from other disciplines. The results show evidences that the conceptions of the consulted engineering teachers are inconsistent and are located between traditional positions, which imply a student absent in their consideration, and positions in which the student is present but only as an active-repetitive subject.

Keywords— teaching conceptions; engineering teachers; consistency analysis.

1 Introducción

Desde los años noventa viene tomando relevancia la idea de que, si se quiere mejorar la ingeniería, es menester poner el foco en la enseñanza y el aprendizaje de la misma sobre la base de dos grandes cuestiones: por un lado, que el profesorado se

convenza que su misión no es transmitir conocimientos sino educar y, por otro lado, que sea capaz de reconocer la necesidad de capacitación para ello. Cabe señalar que educar en la universidad implica que el sistema educativo trabaje o estimule no sólo la transmisión, por parte de los docentes, de información cerrada y acabada sino que, más allá de esto, se trabaje para la comprensión e integración de esa información negociada con el estudiante. Aparece, entonces, la necesidad de diseñar propuestas de enseñanza de la ingeniería que promuevan el desarrollo de habilidades intelectuales que permitan tener una actitud proposicional sobre los conocimientos y que también potencien ciertas actitudes que se piensen convenientes para una positiva interacción futura profesional y social [1]. En función de lo expuesto, un docente de ingeniería debe contar, por un lado, con conocimientos específicos adecuados de la asignatura, lo suficientemente amplios para poder integrarlos con otras materias del plan de estudio y, a su vez, requiere de ciertos conocimientos de las disciplinas que apoyan a la docencia o a la educación en ciencias tales como filosofía, pedagogía, psicología y sociología, de tal manera que pueda ir comprendiendo mejor los procesos de enseñanza y de aprendizaje y los aspectos sociales y profesionales que intervienen en su tarea. Sin embargo, más allá de los acuerdos existentes respecto de estas necesidades, de los valiosos trabajos realizados por especialistas en el tema como Rugarcía [2] y de las variadas acciones generadas para promover otros modelos de enseñanza en la universidad (modificaciones de planes de estudio, cursos en diferentes temáticas ligadas a la pedagogía, etc.), no se han producido cambios sustantivos en las aulas. Investigaciones en el tema plantean que la posibilidad de comenzar a observar verdaderas transformaciones en la enseñanza universitaria está fuertemente vinculada a la revisión de las concepciones sobre lo que significa enseñar y en qué consiste dicha tarea [3,4]. Se ha demostrado que los docentes poseen concepciones, entendidas como representaciones mentales con cierto carácter implícito, sobre para qué se enseña, qué es enseñar y cómo se enseña, que conforman el marco referencial desde el cual interpretan y desarrollan su actuación profesional, impactando en el aprendizaje de los estudiantes [5-9]. El estudio de las concepciones sobre la enseñanza y el

Como citar este artículo: Buffa, F., Massa, P., Moro, L. and García, M.B., Concepciones de docentes de ingeniería acerca de la enseñanza. Análisis de la consistencia. *Educación en Ingeniería*, 14(27), pp. 89-96, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

aprendizaje de los docentes de ingeniería es el programa de investigación dentro del cual se enmarca el presente trabajo.

A partir del análisis de los resultados obtenidos en estudios ya realizados, se sabe que las concepciones sobre la enseñanza de los docentes universitarios varían no sólo en función de su dominio de formación: químicos, biólogos, físicos, matemáticos, etc. [10-12], sino también de los contextos o temas escogidos para consultarlos [10,13,14]. En este trabajo se aborda el problema de la influencia del contexto, entendido como tema escogido para la indagación, en las concepciones de un grupo aún no estudiado: los docentes de ingeniería.

2 Marco conceptual y antecedentes

Las revisiones realizadas hasta el momento en concepciones sobre la enseñanza mantenidas por los docentes universitarios [8,11,12,16-19] evidencian que las mismas se pueden agrupar en dos grandes orientaciones: por un lado, las que entienden que el profesor desarrolla su tarea centrándose en los contenidos, con el objetivo de transmitir información cerrada que los estudiantes deben incorporar lo más fielmente posible (tradicional, T); y, por otro, las concepciones que entienden que el objetivo primordial de la enseñanza reside en ayudar al estudiante a aprender, de manera tal que sea capaz de complejizar la comprensión que éste tiene del mundo que lo rodea (innovadora, I). Dentro de estas dos orientaciones, existen posiciones intermedias (T-I), según los marcos teóricos y metodológicos desde los que se ha abordado el problema y según los ámbitos de enseñanza en los que se haya trabajado.

A partir de estos resultados, y en particular los obtenidos con un grupo de docentes de carreras de ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, se estableció como objetivo para el presente estudio analizar la consistencia que presentan estas concepciones al ser indagadas en diferentes temas vinculados con la enseñanza: los contenidos (selección, secuenciación y organización) y la evaluación (instrumentos, criterios e instancias). La idea es ver si, preguntando sobre una misma cuestión pero abordándola desde temáticas diferentes (contenidos, evaluación), los docentes responden dentro de la misma posición o cambian sus concepciones. Son pocas las investigaciones que recurren a este abordaje. En general, otros investigadores han trabajado asumiendo *a priori* tres posiciones respecto de esta cuestión particular: i) aquellas que han dado por hecho la no influencia del tema de trabajo sobre las concepciones que posee un sujeto [20,21]; ii) las que han entendido que el tema escogido para realizar las consultas sí interviene sobre las concepciones [14,22,23]; y iii) las que concluyen que las concepciones pueden ser dependientes o independientes del tema o aspecto utilizado para ser evaluadas, ya que habría otras variables que se entrecruzan, como por ejemplo la naturaleza representacional de las mismas en cada sujeto [24,25].

La importancia de este análisis reside en que la posición que toma cada línea de investigación respecto de la influencia del contexto sobre las concepciones está estrechamente relacionada con la naturaleza representacional que, se asume, poseen dichas concepciones y, por lo tanto, con el modo de investigarlas y la interpretación de las conclusiones a las que se arriba. Por ejemplo,

el hecho de entender que el contexto no influye en el tipo de concepciones que se adopta es propio del marco teórico que interpreta a las concepciones como estructuras de desarrollo cognitivo-evolutivo y pone en evidencia la influencia de la epistemología genética en ella. Desde esta perspectiva, las concepciones que poseen individuos con un desarrollo cognitivo avanzado, como es el caso de los que componen el presente estudio, deberían ser estables e independientes del contexto. Por otro lado, desde la perspectiva que interpreta a las concepciones como sistema de creencias, se considera que el contexto de indagación sí afecta el contenido de las mismas, dado que prevalece su carácter situado y no consistente. Un caso particular lo constituye la perspectiva de las teorías implícitas. Desde el punto de vista del carácter implícito, las concepciones deberían tener cierta dependencia del contexto, dado su rasgo pragmático [26,27]; sin embargo, como también constituyen un cuerpo teórico, se podría esperar cierta consistencia, como lo sugiere Limón [26].

En este trabajo se describen y comparan las concepciones sobre “para qué se enseña” y “qué se enseña”, en dos contextos diferentes, los contenidos (selección, secuenciación y organización) y la evaluación, buscando ver si se mantienen estables o si, por el contrario, se modifican al cambiar el aspecto sobre el que se trabaja. Si permanecen estables, se podría pensar que tienen cierto grado de consistencia y que, por lo tanto, su naturaleza representacional se acercaría más a una concepción con carácter de teoría. Mientras que si se muestran más inestables, se podría pensar que las concepciones de los docentes operan a nivel de creencias, que se han adoptado de manera intuitiva sin mediar una reflexión consciente sobre las mismas.

3 Metodología

La presente investigación se realizó desde una perspectiva fenomenográfica, asumiendo que los profesores construyen sus concepciones dentro de un determinado contexto y se relacionan con los estudiantes en función de esas concepciones. Se llevó a cabo un estudio descriptivo-interpretativo, con un diseño *ex post facto* ya que se consideró que las variables en estudio (concepciones sobre la enseñanza) ya han tomado su valor al momento de realizar la investigación. Se presentan los resultados del análisis de dos dimensiones: “para qué se enseña” y “qué se enseña”, cada una de ellas evaluadas en aspectos vinculados a los contenidos y a la evaluación.

3.1 Participantes

La muestra estuvo compuesta por 18 docentes universitarios voluntarios que se desempeñan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, con dedicación simple, parcial y exclusiva. Sus disciplinas de formación son: física (1), matemática (2), química (3) e ingeniería (12). La mayoría realiza tareas de investigación en diferentes áreas y disciplinas.

3.2 Instrumento

El instrumento consistió en un cuestionario de preguntas semiestructuradas vinculadas a diferentes aspectos de la enseñanza. El protocolo que condujo la entrevista constó de un

total de 23 preguntas. A modo de ejemplo, se presentan algunas de ellas:

- ¿Qué es lo que fundamentalmente aprenden los estudiantes en su asignatura?
- ¿Qué recortes haría si una circunstancia ajena a Ud. hace que tenga dos tercios de las semanas de clase que habitualmente tiene?
- ¿Cómo describiría, brevemente, una típica clase suya?
- ¿Qué opina de las evaluaciones a libro abierto? ¿Y de los parciales domiciliarios?
- ¿De qué manera devuelve las evaluaciones?

3.3 Procedimiento

Se realizaron entrevistas que duraron aproximadamente una hora y se llevaron a cabo en un marco natural, abierto y en tono de conversación para permitir que la posición de los entrevistados emergiera de manera espontánea. Las entrevistas fueron grabadas en audio y transcritas íntegramente.

El análisis de las mismas consistió en dividir las concepciones identificadas en un número limitado de categorías tanto respecto de “para qué se enseña” (qué objetivos) y de “qué se enseña” (qué capacidades). Para la identificación de categorías se utilizó el método comparativo constante [29]. Se comenzó por realizar un examen independiente de los datos por parte de los investigadores responsables del trabajo y un proceso iterativo de identificación y definición de categorías de respuestas. Para obtener un panorama global de las concepciones de los docentes frente a la enseñanza, las transcripciones se leyeron varias veces, se compararon entre sí y se interpretaron en un sentido amplio y no en función de los matices locales del discurso de cada sujeto. La categorización comenzó con la formación tentativa de orientaciones en la que los casos que parecían similares se consideraron en una misma categoría siempre que fueran suficientemente diferentes de otras categorías nacientes. Una vez finalizado el examen independiente, se realizó un proceso de re-categorización conjunto, extrayendo categorías a medida que surgieron agrupaciones alternativas, continuando el proceso hasta que las mismas se estabilizaron. Se concluyó la etapa describiendo las categorías encontradas para las dimensiones (a) para qué se enseña y (b) qué se enseña, cada una de ellas evaluadas en dos aspectos: vinculados con los contenidos y con la evaluación.

4 Resultados

4.1 Descripción de las concepciones

4.1.1 Concepciones respecto de “para qué se enseña”

Aspectos vinculados a los contenidos

El aspecto fue estudiado a partir del análisis de las respuestas dadas a la pregunta específica *¿qué importancia tiene su materia en la carrera?* Se extrajeron tres categorías.

Categoría C1: expresa una concepción donde la enseñanza tiene como único fin que los estudiantes incorporen los conocimientos suficientes para afrontar los cursos posteriores. Se obtienen respuestas del tipo: “[presentar] algunos

conceptos de química que se van a usar en las materias que siguen”.

Categoría C2: los docentes buscan desarrollar habilidades en los estudiantes que les permitan aprender a aprender, es decir, que vayan adquiriendo estrategias de aprendizaje autónomo. De esta manera, los estudiantes podrán ir complejizando los modelos mentales construidos para interpretar los fenómenos de manera que puedan abordar cada vez problemas más complejos. Una respuesta propia de esta categoría es: “...yo traté por lo menos de escuchar a los alumnos, entonces traté también de que se arreglen [...] y orientar en lo que uno podía, pero que se arreglen y que traigan. Y fue interesante, porque en muchos proyectos hubo propuestas totalmente distintas. Eso me pareció formativo para el alumno”.

Categoría C3: los docentes apuntan a que los estudiantes desarrollen competencias y conocimientos que los ingenieros deberán utilizar en su actuación profesional: “Es la primera vez, en su vida cuasi profesional, que tienen la oportunidad de ser acompañados en un desarrollo o en la resolución de un problema. Es una instancia clave en la carrera, porque el docente a cargo tiene la oportunidad de meterse íntimamente en los mecanismos de razonamiento y en la forma de utilizar los conocimientos que tiene el alumno”.

La distribución de frecuencias para cada categoría encontrada en este aspecto de la dimensión “para qué se enseña” se muestra en la Fig. 1.

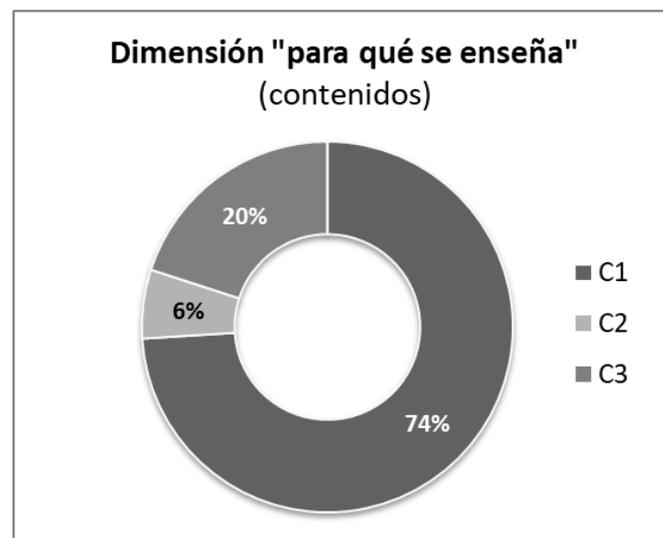


Figura 1: Distribución de las respuestas obtenidas para la dimensión “para qué se enseña” (contenidos)

Fuente: los autores

Aspectos vinculados a la evaluación

Para este aspecto se abordaron las respuestas de las preguntas: *¿de qué manera devuelve las evaluaciones?* y *¿qué opina de las evaluaciones a libro abierto y de los parciales domiciliarios?* Las concepciones que se ponen de manifiesto aquí podemos resumirlas en la mirada formadora o en la mirada acreditadora de la evaluación [30]. Nuevamente, se extrajeron tres categorías.

Categoría C1: los docentes consideran que la evaluación sólo mide resultados y se la desvincula completamente de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Estos docentes corrigen y devuelven las producciones corregidas, sin tener en cuenta que el que debe corregir los errores es quien los comete, es decir, el estudiante. Por ejemplo: *“Siempre les digo que vean el examen... somos humanos y podemos cometer errores, no solo en la corrección sino en la suma de los puntajes. En un sistema promocional la nota es importantísima”*.

Categoría C2: los docentes le asignan una función formadora y la consideran como otra instancia del aprendizaje. Algunos proponen diferentes estrategias para no caer en evaluaciones tradicionales que solo miden un resultado, pero terminan haciendo un “promedio” de todas las calificaciones individuales. Se obtienen respuestas del tipo: *“A veces el alumno llega a ver el examen y explica que después de entregarlo llegó a su casa y se dio cuenta que se había equivocado, entonces indica de qué manera lo resolvería. Eso ayudó al conocimiento del alumno. Eso manifiesta una intención del alumno de que sepamos que él estudió, y eso me parece valioso”*.

La distribución de frecuencias para cada categoría encontrada en este aspecto de la dimensión “para qué se enseña” se muestra en la Fig. 2. S/C se refiere a los casos en los que el discurso del docente no aporta información para la dimensión considerada, aún frente a la repregunta.

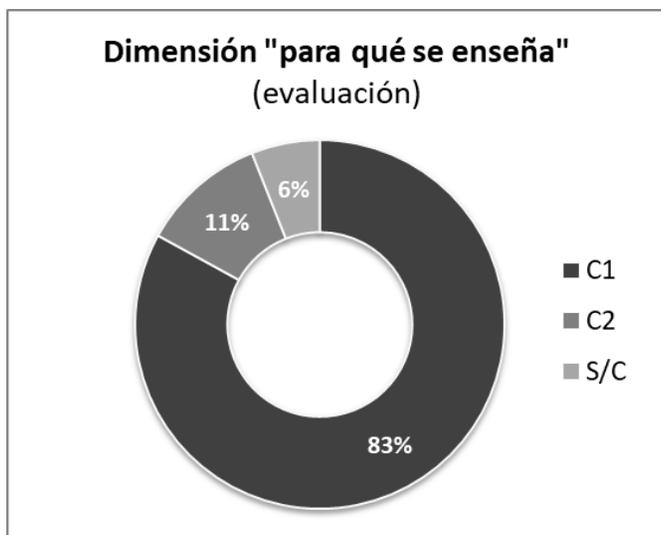


Figura 2: Distribución de las respuestas obtenidas para la dimensión “para qué se enseña” (evaluación)

Fuente: los autores

4.1.2 Concepciones respecto de “qué se enseña”

Aspectos vinculados a los contenidos

Para la pregunta específica *¿qué es lo que fundamentalmente aprenden los estudiantes en su asignatura?* se extrajeron cinco niveles de respuesta (C1 a C5). Puede considerarse que las mismas abarcaron la concepción tradicional del conocimiento en el extremo C1 hasta concepciones intermedias en las respuestas C2 a C5, encontrando una variedad de matices que en muchos casos

resultó difícil de clasificar a partir de las descripciones de los docentes. No se encontraron respuestas vinculadas con concepciones más innovadoras.

Categoría C1: caracteriza a los docentes que basan su desempeño en los contenidos conceptuales de la disciplina, representados como una serie de conocimientos acabados, aislados entre sí y correspondiente al mundo externo al sujeto que aprende. El profesor presenta los temas a los estudiantes y espera que sólo por el mero hecho de exponerlos de manera clara y ordenada, el estudiante los incorpore. En esta categoría se obtienen respuestas como la siguiente: *“¿Aparte del programa?”*; o respuestas en las que se citan temas más concretos como por ejemplo: *“ecuaciones de Maxwell”*; *“conceptos básicos de química”*, etc.

Categoría C2: se agruparon las respuestas de docentes que tienen una mirada global de la asignatura. El foco está en la comprensión de los contenidos como un todo y no como un conjunto de hechos inconexos. El profesor presenta los temas y traza vínculos entre éstos y otros contenidos de la asignatura. Se encontró como ejemplo de estas respuestas: *“El objetivo final de la asignatura es que tengan entendidas las cuatro ecuaciones de Maxwell, de pe a pa, y que entiendan que son los cuatro pilares...”*.

Categoría C3: el profesor presenta los temas, traza vínculos entre éstos y otros contenidos y propone actividades que favorezcan la reproducción del conocimiento válido. Aparece la figura del estudiante activo pero repetitivo. Se obtienen respuestas que mencionan contenidos y procedimientos, del tipo: *“... aprenden cuáles son las ecuaciones que gobiernan esos procesos, qué ecuaciones hay que plantear, qué balances y para qué (...) la idea es que con esta base, ustedes tengan cualquier tipo de procesos y los puedan ver con este enfoque y lo puedas estudiar tú solo con este enfoque.”*

Categoría C4: esta categoría agrupa respuestas de docentes que enseñan capacidades que conducen a la autonomía del estudiante, apuntando a que los mismos internalicen, reorganicen y reconstruyan los conceptos en el proceso de aprendizaje. Los docentes buscan que los estudiantes incorporen los contenidos a partir de los cuales se pueden interpretar, analizar y estudiar fenómenos vinculados con la asignatura en la que trabaja. Aparecen expresiones como: *“...básicamente lo que pretendo es que aprendan a analizar información, que es lo más difícil, porque la estadística es la ciencia y el arte de analizar los datos, uno tiene que hacer hablar a los datos, hay que hacerlos leer detrás de los datos, qué hay, analizar cada uno y sacar conclusiones...”*

Categoría C5: los docentes tienen como concepción desarrollar en el estudiante la capacidad de análisis, el pensamiento crítico, habilidades para la investigación y la reflexión. Se busca provocar un cambio conceptual, en el sentido epistemológico general de manera de desarrollar capacidades propias de un futuro ingeniero. El objeto de estudio es un cuerpo de conocimientos tentativo y provisorio. Se obtienen respuestas del tipo: *“aprenden a valerse por sus medios... que no importa que uno le explique un motor chiquito, el motor grande a los sumo va a tener mejores prestaciones, pero siempre es un motor, darse cuenta que las cosas son relativas y van cambiando y que el modelo que uno explica de un dispositivo particular hoy, por ahí mañana está en desuso*

pero los mecanismos para entender eso son siempre vigentes...la cadena de razonamiento se tiene que poder aplicar a cualquier cosa más adelante”.

La caracterización de las concepciones de cada docente en los niveles de respuesta hallados mostró la siguiente distribución, el 29% para C1, 12% para C2, 18% para C3, 12% para C4 y un 29% para C5, lo que se expresa en la Fig. 3.

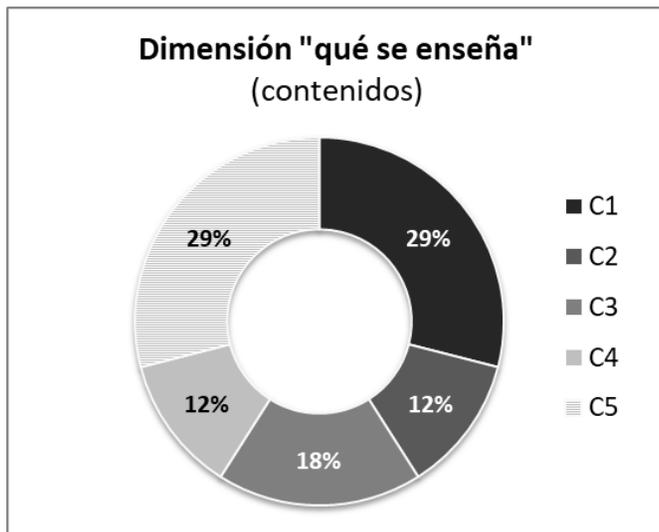


Figura 3: Distribución de las respuestas obtenidas para la dimensión “qué se enseña” (contenidos)
Fuente: los autores

Aspectos vinculados a la evaluación

Se analizaron las respuestas de las preguntas: *¿cómo se da cuenta que un alumno aprendió?* y *¿qué opina de las evaluaciones a libro abierto y de los parciales domiciliarios?*

Categoría C1: se ubicaron aquellas concepciones de docentes que, mediante la evaluación, buscan constatar la incorporación de información por parte del estudiante, en términos de recuerdo de hechos y procesos algorítmicos cerrados y aislados. Aparecen expresiones como: *“Me doy cuenta que un estudiante aprendió porque incorporó los conceptos que intento transmitir...”*

Categoría C2: incluye a la anterior, pero los docentes aquí involucrados buscan un adicional relacionado con la formación profesional. En este tipo de discurso se encuentran aspectos vinculados con el desarrollo de ciertas competencias profesionales: *“La forma más directa [de saber que un alumno aprendió] es replicar en una evaluación un problema al que creemos que se va a enfrentar en su vida profesional”.*

La caracterización de las concepciones de cada docente para la dimensión “¿qué se evalúa?” en los niveles de respuesta hallados mostró la siguiente distribución, expresada en la Fig. 4.: 47% para C1, 35% para C2 y 18% de docentes cuyo discurso no aportó información a la dimensión evaluada (respuestas evasivas o referencias inconexas).

4.2 Consistencia de las concepciones

En este apartado se comparan las concepciones encontradas en los dos aspectos seleccionados: los contenidos y la evaluación.

Con el fin de simplificar el análisis, se agrupan las categorías encontradas tomando en cuenta las dos grandes orientaciones referidas en el *marco conceptual*: la enseñanza centrada en los contenidos (T) y la enseñanza centrada en el aprendizaje de los estudiantes (I). Entre ambas se ubicó también una posición intermedia, denominada T-I.

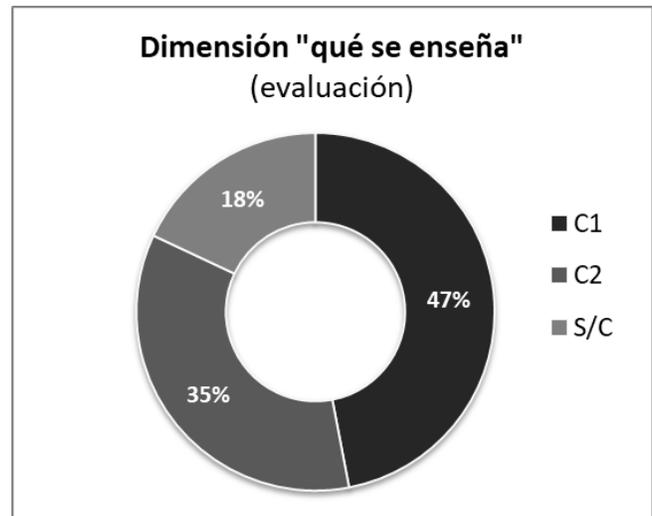


Figura 4: Distribución de las respuestas obtenidas para la dimensión “qué se enseña” (evaluación)
Fuente: los autores

Para el caso de *¿para qué se enseña? (contenidos)*, se considera que la respuesta C1 corresponde a una posición tradicional (T), mientras que las respuestas C2 y C3 se encuentran dentro de las intermedias (T-I). De manera similar se agruparon las respuestas C1 (tradicional) y C2 (intermedia) para la dimensión *¿para qué se enseña? (evaluación)*. Esto se muestra en la Fig. 5.

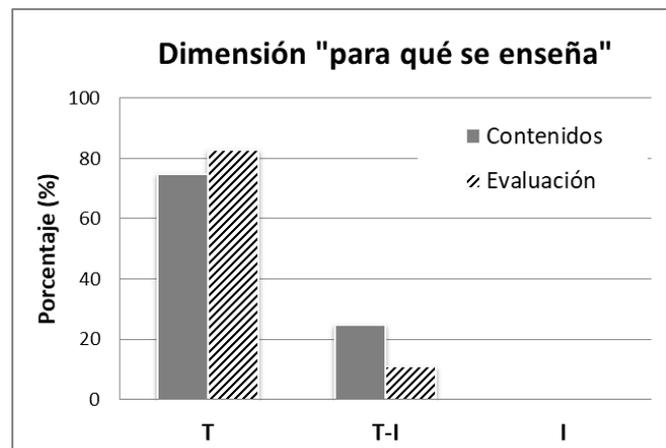


Figura 5: Distribución porcentual de las respuestas de la dimensión “para qué se enseña”, según las posiciones tradicional, intermedia o innovadora.
Fuente: los autores

En forma análoga, se presentan los resultados de la dimensión “¿qué se enseña?” con la misma agrupación de las categorías halladas. Para este caso, respecto a los contenidos,

consideramos que las respuestas C1 y C2 corresponden a una posición tradicional (T), mientras que las restantes se encuentran dentro de las intermedias (T-I). Asimismo se agruparon las respuestas C1 (T) y C2 (T-I) para la dimensión *¿qué se enseña?* en los aspectos vinculados con la evaluación. Esto se muestra en la Fig. 6.

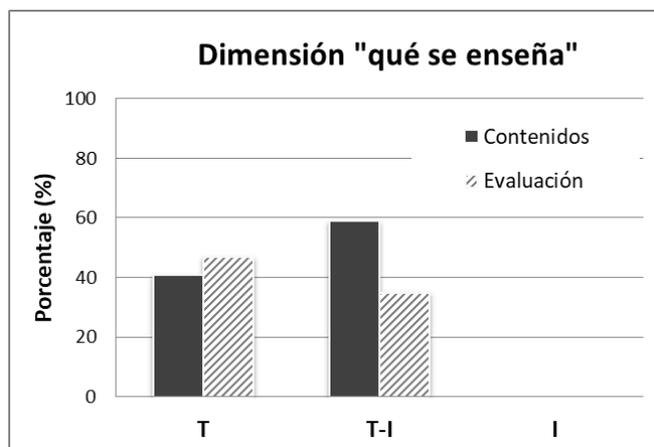


Figura 6: Distribución porcentual de las respuestas de la dimensión "qué se enseña", según las posiciones tradicional, intermedia o innovadora.
Fuente: los autores

Los resultados muestran cierta inconsistencia en las respuestas, ya que en ambas dimensiones aparece una variación en los porcentajes de respuesta de cada categoría según el aspecto considerado.

4.3 Discusión de los resultados

Respecto de la descripción de las concepciones de los docentes de ingeniería consultados, los resultados obtenidos muestran evidencias de que las mismas se ubican entre posiciones tradicionales, que implican un estudiante ausente en la consideración docente, y posiciones en las que el estudiante está presente como sujeto activo-repetitivo. Esta posición intermedia fue descrita en los trabajos de Trigwell y Prosser [12] y en los de Samuelowicz y Bain [18,19]. En ella se describe a un docente con la intención de involucrar al estudiante con los contenidos, pero siempre desde la perspectiva del experto. No se encontraron posiciones innovadoras, donde el foco sea claramente el estudiante, y el objetivo fundamental resida en acompañarlo en la construcción de significados a partir de su perspectiva. Un aspecto interesante es la discusión acerca de si las categorías encontradas son independientes entre sí o, si por el contrario, tienen un carácter progresivo-inclusivo. Las respuestas dadas por los docentes permiten sugerir que el límite entre cada categoría es difuso dentro de una orientación, por ejemplo categorías que son distintas pero que se encuentran dentro de la orientación tradicional (T) o dentro de la innovadora (I) descritas en el marco conceptual. Sin embargo, las transiciones entre las dos orientaciones son más claras ya que requieren un cambio más significativo.

Con respecto al análisis de la consistencia de las concepciones, los resultados sugieren que las mismas varían al

modificarse el contexto entendido como tema o aspecto escogido para la indagación (contenido o evaluación). El hecho de que un docente tenga una posición determinada, por ejemplo, sobre *"qué se enseña"* cuando la temática son los contenidos a seleccionar, no implica que esa posición la mantenga cuando se traslada el contexto de la pregunta al tipo de contenidos a evaluar. Es decir, que no se podrían describir las concepciones como teorías estables sino más bien como creencias, que se modifican según el tema y la situación en la que se manifiestan.

5 Conclusiones

El efecto de las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje es de tal importancia que, como lo sugieren Akerlind [31] y Ho *et al.* [32], es poco probable que se produzcan cambios significativos en la educación a menos que estas se modifiquen. Las concepciones sobre la enseñanza manifestadas por los docentes consultados denotan una visión centrada en el profesor y con énfasis en los contenidos, que ya ha sido superada por enfoques que colocan al estudiante como centro del aprendizaje sin embargo, el hecho de que las mismas hayan mostrado cierta inconsistencia, cierto rasgo de creencia, podría ser un resultado algo alentador ya que, una concepción menos estable, es probable que resulte más sencilla de ser re-descripta hacia formatos más actuales en línea con las nuevas teorías del aprendizaje. En este sentido, como las creencias se conforman a partir de la experiencia, son poco estables y dependientes del contexto. Este aspecto alienta a pensar que las concepciones sobre la enseñanza que poseen los docentes de ingeniería pueden ser maleables y susceptibles a cambios. No obstante se sabe que estos cambios se producen tanto como resultado de la reflexión permanente sobre las experiencias personales vinculadas a la enseñanza, como así también como resultado del intercambio y la explicitación al ser expuestas a concepciones diferentes en poder de otros profesores [31,33]. De esta manera, se evidencia la necesidad de entender a las creencias como estados en desarrollo, que pueden ser modificadas comenzando por hacerlas explícitas. Este tipo de investigaciones pretenden hacer un aporte también en este sentido, no buscando rebatir las concepciones de los profesores, sino generando empatía, proponiendo espacios para que las expliciten de manera tal de ayudar a que reflexionen sobre las mismas, que aparezcan dudas sobre sus métodos, que analicen las inconsistencias o los supuestos contradictorios que las sustentan al opinar sobre diferentes aspectos relacionados sobre la enseñanza y que aparezca la necesidad de formarse en estos temas. Experiencias como las de Ho *et al.* [32] y Cranton *et al.* [34] han dado cuenta que el proceso de enfrentar a los docentes con sus propios supuestos sobre la enseñanza y el aprendizaje y, posteriormente, debatir sobre los mismos, ha conducido a la re-descripción de sus concepciones hacia visiones pedagógicas y prácticas más actuales.

Referencias

- [1] Rugarcía, A., El culto al conocimiento y la crisis en la educación universitaria, en Revista Didac, UIA-Santa Fe, pp. 8-11, 1993.
- [2] Rugarcía, A., La misión del ingeniero químico en México. Revista del IMIQ, 38(1), pp. 41, 1997.
- [3] Clarke, D. and Hollingsworth, H., Elaborating a model of teacher

- professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), pp. 947-967, 2002. DOI: 10.1016/S 0742-051X(02)00053-7
- [4] Rodríguez-Izquierdo, R.M., El impacto de las TIC en la transformación de la enseñanza universitaria: repensar los modelos de enseñanza y aprendizaje, *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(1), pp. 32-68, 2010.
- [5] Pozo, J.I., Scheuer, N., Mateos, M. y Pérez Echeverría, P., Las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza. En: Pozo, J.I., Scheuer, N., Pérez-Echeverría, P., Mateos, M., Martín, E. y de la Cruz, M., Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje, Barcelona: Graó, 2006, pp. 95-132.
- [6] Basto-Torrado, S., De las concepciones a las prácticas pedagógicas de un grupo de profesores universitarios. *Magister Revista Internacional de Investigación en Educación*, 3(6), pp. 393-412, 2011.
- [7] De Vincenzi, A., Concepciones de enseñanza y su relación con las prácticas docentes: un estudio con profesores universitarios. *Educación y Educadores*, 12(2), pp. 87-101, 2010.
- [8] Kember, D. and Leung, D., Characterizing a teaching and learning environment conducive to making demands on students while not making their workload excessive. *Studies in Higher Education*, 31(2), pp. 185-198, 2006. DOI: 10.1080/03075070600572074
- [9] Prosser, M., and Martin, E., Academics experiences of understanding of their subject matter and the relationship of this to their experiences of teaching and learning. *Instructional Science*, 33, pp. 137-157, 2005. DOI: 10.1007/s11251-004-7687-x
- [10] García, M. y Mateos, M., Las cuestiones de dominio, intersujeto e intrasujeto, en el contenido de las concepciones epistemológicas en docentes universitarios. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 31(3), pp. 586-619, 2013.
- [11] Parpala, A. and Lindblom-Ylänne, S., University teachers' conceptions of good teaching in the units of high- quality education. *Studies in Educational Evaluation*, 33, pp. 355-370, 2007. DOI: 10.1016/j.stueduc.2007.07.009
- [12] Trigwell, K. and Prosser, M., Development and use of the approaches to teaching inventory. *Educational Psychology Review*, 16(4), pp. 409-424, 2004. DOI: 10.1007/s10648-004-0007-9
- [13] Otting, H., Zwaala, W., Tempelaar, D. and Gijssels, W., The structural relationship between students' epistemological beliefs and conceptions of teaching and learning. *Studies in Higher Education*, 35(7), pp. 741-760, 2010. DOI: 10.1080/03075070903383203
- [14] Stark, J.S., Planning introductory college courses: content, context and form. *Instructional Science*, 28, pp. 413-438, 2000. DOI: 10.1023/A:1026516231429
- [15] Buffa, F., Massa, P., Moro, L., Fanovich, M.A., Muñoz, V., García, M. B., del Hoyo, J. y Hormaiztegui, M.E.V. Concepciones de los docentes de Ingeniería acerca de la enseñanza. 1º Congreso Latinoamericano de Ingeniería, Universidad de Entre Ríos, Parana, 13 al 15 de septiembre. 2017.
- [16] Prosser, M., Martin, E., Trigwell, K., Ramsden, P. and Middleton, H., University academics' experience of research and its relationship to their experience of teaching. *Instructional Science*, 36, pp. 3-16, 2008. DOI: 10.1007/s11251-007-9019-4.
- [17] Ravanal, E., Camacho, J., Escobar, L. y Jara, N., ¿Qué dicen los profesores universitarios de ciencias sobre el contenido, metodología y evaluación? *Análisis desde la acción educativa. REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 12(1), pp. 307-335, 2014.
- [18] Samuelowicz, K. and Bain, J.D., Revisiting academics' beliefs about teaching and learning. *Higher Education*, 41, pp. 299-325, 2001. DOI: 10.1023/A:1004130031247
- [19] Samuelowicz K. and Bain, J.D., Identifying academics' orientations to assessment practice. *Higher Education*, 43, pp. 173-201, 2002. DOI: 10.1023/A:1013796916022
- [20] Hofer, B.K. and Pintrich, P.R., The development of epistemological theories: beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67(1), pp. 88-140, 1997. DOI: 10.3102/00346543067001088
- [21] Kuhn, D. and Weinstock, M., What is epistemological thinking and why does it matter? In: Hofer, B.K. and Pintrich, P.R. (Eds.), *Personal epistemology: the psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2002, pp. 121-144. DOI: 10.1016/S0732-118X(02)00010-7
- [22] Baxter-Magolda, M., Reconstructing Latino identity: the influence of cognitive development on the ethnic identity process of Latino students. *Journal of College Student Development*, 45(3), pp. 333-34, 2004. DOI: 10.1353/csd.2004.0043
- [23] Hofer, B., Epistemological understanding as a metacognitive process: thinking aloud during online searching. *Educational Psychologist*, 39(1), pp. 43-55, 2004. DOI: 10.1207/s15326985ep3901_5
- [24] Buehl, M.M., Alexander, P.A. and Murphy, P.K., Beliefs about schooled knowledge: domain specific or domain general? *Contemporary Educational Psychology*, 27, pp. 415-449, 2002.
- [25] Olafson, L. and Schraw, G., Teachers' beliefs and practices within and across domains. *International Journal of Educational Research*, 45(1-2), pp. 71-84, 2006. DOI: 10.1016/j.ijer.2006.08.005
- [26] Limón, M., The domain generality specificity of epistemological belief. A theoretical problem, a methodological problem or both? *International Journal of Educational Research* 45, pp. 7-27, 2006. DOI: 10.1016/j.ijer.2006.08.002
- [27] Pozo, J.I., *Humana mente: el mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata, 2001.
- [28] Strauss, A., *Qualitative analysis for social scientists*. Cambridge, University of Cambridge Press, Reino Unido, 1987.
- [29] Strauss, A. and Corbin, J. (eds.), *Grounded Theory in Practice*. London: Sage, 1997.
- [30] Sanmartí, N., Evaluar para aprender, evaluar para calificar. En: Caamaño, A., *Didáctica de la física y la química*. Barcelona: Graó, 2011, pp.193-211.
- [31] Akerlind, G.S., Growing and developing as a university teacher-variation in meaning. *Studies in Higher Education*, 28(4), pp. 375-390, 2004. DOI: 10.1080/0307507032000122242
- [32] Ho, A., Watkins, D. and Kelly, M., The conceptual change approach to improving teaching and learning: an evaluation of a Hong Kong staff development program. *Higher Education*, 42, pp. 143-169, 2001. DOI: 10.1023/A:1017546216800
- [33] Entwistle, N. and Walker, P., Strategic alertness and expanded awareness within sophisticated conceptions of teaching. *Instructional Science*, 28, pp. 335- 361, 2000. DOI: 10.1007/978-94-010-0593-7_2
- [34] Cranton, P. and Caruseta, E., Reflecting on teaching: the influence of context. *The International Journal for Academic Development*, 7(2), pp. 167-176, 2002. DOI: 10.1080/1360144032000071288

F. Buffa, recibió el título de Lic. en Química en 1987, el de Dr. en Ciencia de los Materiales en 2003 y el de Esp. en Docencia Universitaria en 2011, todos ellos otorgados por la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), Argentina. Realiza sus tareas docentes en la Facultad de Ingeniería de la UNMDP desde el año 1985 y en el colegio preuniversitario Dr. Arturo U. Illia desde el año 1998. Actualmente es el profesor de la asignatura Química Orgánica en ambos centros. Fue secretario de coordinación de la mencionada Facultad entre los años 2008 y 2012. Se desempeñó como investigador en el área de los materiales desde el año 1990, primero en los polímeros termorrígidos (hasta 2003) y luego en los polímeros con aplicaciones biomédicas (hasta 2014). A partir de entonces, realiza sus investigaciones en el campo de la Enseñanza y el Aprendizaje de la Ingeniería. ORCID: 0000-0001-5247-5401

P. Massa, recibió el título de Lic. en Química en 1999 y de Dra. en Ciencia de Materiales en 2005, ambos de la UNMDP, Argentina. Desde el año 1999 a la fecha se desempeñó en diferentes cargos docentes; en la actualidad se desempeña como jefe de trabajos prácticos en la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Es investigadora adjunta de CONICET con tema de investigación en el área de catálisis ambiental y ha participado en diferentes Proyectos de Investigación, Articulación y Extensión de la UNMDP y otros organismos. ORCID: 0000-0001-9794-0645

L. Moro, recibió el título de Ing. Química en 1992, de Profesora en Química en 1998, y de Esp. en Docencia Universitaria en 2011, todos ellos de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina. También recibió el título de Esp. en Enseñanza de las Ciencias Experimentales con mención en Química en 2003 de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría, Argentina. Desde el año 1992 a la fecha se desempeñó en diferentes cargos docentes, en la actualidad es jefe de trabajos prácticos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Entre los años 2011 y 2012 fue secretaria académica, entre los años 2013 y 2014 fue vicedirectora del Departamento de Ingeniería Química y en

Alimentos de la Facultad de Ingeniería. Desde el año 1998 es integrante de Proyectos de Investigación y de Extensión de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

ORCID: 0000-0002-0258-3356

M.B. García, recibió el título de Ing. Química en 1992 y de Profesora en Química en 1998, de la Universidad Nacional de Mar del Plata, UNMDP, Argentina. También recibió el título de MSc. en Enseñanza de las Ciencias Experimentales por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina y el de Dra. en Educación Científica por la Universidad Autónoma de Madrid, España. Desde el año 1992 a la fecha se desempeñó en diferentes cargos docentes, en la actualidad es profesora adjunta exclusiva en la UNMDP. Desde el año 2000 realiza tareas de investigación en enseñanza de las ciencias. Actualmente dirige el grupo “Enseñanza y Aprendizaje de la Ingeniería” (GIEApI) y dos proyectos de investigación: “La construcción del conocimiento profesional docente. Un análisis centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas” y “Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de docentes de ingeniería”, todos ellos en la UNMDP.

ORCID: 0000-0002-4282-6957

¿Cómo ser un profesor de calidad en posgrado para ingeniería

Jesús Gabalán-Coello ^a, Fredy Eduardo Vásquez-Rizo ^b & Michel Laurier ^c

^a Vicerrectoría Académica, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia. jesus.gabalan@ucp.edu.co

^b Facultad de Comunicación y Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia. fvazquez@uao.edu.co

^c Facultad de Educación, Universidad de Ottawa, Ottawa, Canadá. mlaurier@uottawa.ca

Resumen—El artículo presenta una propuesta sobre los determinantes de la enseñanza de calidad en posgrado para Ingeniería, utilizando técnicas de metodología mixta para identificar y explicar sus factores más importantes, siendo un contexto poco explorado. Se reconocen aspectos como: entorno institucional, balance teórico-práctico de cursos, experiencia investigativa docente, características de estudiantes, tutoría y papel de la investigación, agregando estos elementos al análisis de la evaluación, los cuales difieren en distintos niveles de las variables comúnmente analizadas en pregrado. Se establece que dichos factores se encuentran interrelacionados y deben considerarse en una metodología de evaluación profesoral exclusiva para posgrado que realmente mida las características formativas asociadas a este nivel.

Palabras Clave—evaluación de profesores; posgrado; técnicas cuantitativas; técnicas cualitativas; ingeniería.

Recibido: 1 de noviembre de 2018. Revisado: 18 de enero de 2019. Aceptado: 22 de enero de 2019.

How to be a quality teacher in postgraduate courses for engineering?

Abstract—The paper presents a proposal on the determinants of quality teaching in postgraduate courses for Engineering, using mixed methodology techniques to identify and explain its most important factors, being a context little explored. The following aspects are recognized: institutional environment, theoretical-practical course balance, teaching research experience, student characteristics, tutoring and research paper, adding these elements to the evaluation analysis, which differ in different levels of the variables commonly analyzed in undergraduate. It is established that these factors are interrelated and must be considered in an exclusive teacher evaluation methodology for postgraduates that actually measures the training characteristics associated with this level.

Keywords—teacher assessment; postgraduate; quantitative techniques; qualitative techniques; engineering.

1 Introducción

Existen numerosas investigaciones relacionadas con la práctica evaluativa de pregrado; a diferencia de lo que ocurre en el ámbito de posgrado, incluso en Ingeniería, donde las aplicaciones y desarrollos en la materia han sido escasamente analizados [1,2] o en el mejor de los casos se realizan extrapolaciones de las dimensiones abordadas en el pregrado, excluyendo posibles especificidades [3].

Se nota, por tanto, que la evaluación de la práctica profesoral en escenarios de posgrado, no ha sido afrontada en la misma proporción que en el nivel de pregrado, siendo en la mayoría de los

casos asumida automáticamente bajo los mismos enfoques, procedimientos, técnicas e instrumentos que en el nivel precedente; supuesto que se vuelve no procedente a la luz de las consideraciones propias de este tipo de nivel formativo.

En este sentido, algunos autores [4] presentan una aproximación desde la percepción del profesor en un estudio tendiente a determinar un modelo de evaluación docente para el posgrado, mientras que otros [5] lo hacen desde la perspectiva del estudiante de posgrado, encontrando tres dimensiones alrededor de las cuales giran las percepciones de los sujetos en este contexto: interés del estudiante con el tema (horas de dedicación), satisfacción con el profesor (explicación clara, entusiasmo, motivación hacia el aprendizaje, horarios de atención) y satisfacción con las clases en la práctica.

Adicional a esto, algunos investigadores [6] mencionan la importancia de establecer una buena relación entre estudiante de posgrado y tutor, en la cual el último debe experimentar un interés real por el proyecto del estudiante; posición compartida por otros autores [1,4], cuando se refieren a la educación en posgrado como un proceso sistémico en el que cohabitan ambos individuos.

Por lo anterior el presente artículo pretende entonces aportar al estudio de este contexto posgradual, analizando las distintas variables asociadas a dicho escenario, y reconociendo que algunas de ellas deben diferenciarse del ámbito del pregrado, bien sea por su inexistencia o por su disímil conformación u operacionalización.

2 Revisión de la literatura

2.1 La práctica profesoral desde la evaluación institucional

La práctica profesoral hace parte de un sistema institucional, y por tanto cualquier aspecto referido a la evaluación de esta práctica se encuentra asociado a un contexto de evaluación institucional. Históricamente, esta evaluación ha sido abordada en función de la superestructura, la misión y el proyecto de la institución, empleando, en la mayoría de los casos, modelos mixtos en los que se conjugan la evaluación institucional con acciones concretas de mejora dentro del marco de la calidad total [7].

Es así como surgen, por ejemplo, estudios relacionados con la acción administrativa y ejecutiva de la institución [8,9], los cuales se concentran en analizar de manera estratégica y desde una perspectiva

Como citar este artículo: Gabalán-Coello, J.G., Vásquez-Rizo, F.E. and Laurier, M., ¿Cómo ser un profesor de calidad en posgrado para ingeniería?. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 97-105, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

global el rol del Rector y de los directivos en el sistema educativo, afirmando que estos sujetos no deben ser “simples” administradores de recursos, sino líderes de procesos. Otros autores [10,11] abordan el tema realizando comparaciones entre las expectativas del servicio educativo y las percepciones respecto a este servicio, desde una perspectiva administrativa y de gestión, que involucra a dichos directivos, pero también a otros protagonistas del proceso.

Otro aspecto que se analiza en este tipo de ejercicios es la infraestructura de las instituciones prestadoras del servicio educativo. Aquí se referencia un estudio [12], en el que se trabajó a través de análisis estructurales logrando identificar dos procesos principales, comunes en estas instituciones: la evaluación (vista como un sub-proceso asociado al rendimiento estudiantil) y el análisis (entendido como un sub-proceso que revisa las relaciones que ocurren entre el estudiante y el profesor, así como la adquisición de habilidades, conocimientos y competencias por parte de los estudiantes y la infraestructura o andamiaje que posibilita dichas relaciones y adquisición).

Por otro lado, distintos investigadores [13,14] manifiestan que la calidad institucional (y por ende, la calidad de la evaluación) tiene su mayor impacto cuando se llevan a cabo procesos de interacción con comunidades externas. De esta manera, dichos autores sostienen que la evaluación institucional debe involucrar diversas dimensiones asociadas al sujeto y su entorno (contextuales, epistemológicas, históricas, curriculares, socio-afectivas, didácticas, organizacionales y psicopedagógicas), las cuales deben posibilitar medir el impacto de dicha evaluación en la propia calidad de la institución que imparte la formación.

En este sentido, otro estudio [15] sugiere que la evaluación debe incorporar aspectos que permitan medir en sí el proceso de formación, visto éste como un procedimiento de entrada y salida de elementos académicos. Mientras que otros autores [16,17] asocian a dicho procedimiento su pertinencia social, involucrando modelos y mecanismos que conjugan lo cuantitativo de los anteriores autores con un análisis cualitativo propio, asociado a estudiar los aspectos sociales que el proceso educativo pretende apoyar.

En esta misma dirección, algunas veces se asocia también el enfoque de evaluación institucional con su pertinencia social [18], estableciendo un juicio de valor sobre el grado de interacción entre la institución (sus programas y servicios) y los niveles de satisfacción de sus usuarios y público objetivo, involucrando los conceptos de pertinencia organizacional (la institución como un sistema) y pertinencia económica (la distribución de sus recursos). Postura respaldada por otros investigadores [19,20].

Por último, aparecen otros autores [21], quienes centran sus esfuerzos en el estudio de la función sustantiva de docencia (epicentro del presente análisis), revisando concretamente la evaluación institucional desde la perspectiva de las prácticas pedagógicas vividas por profesores y estudiantes.

Como se puede apreciar, cada uno de los niveles descritos contribuye al fortalecimiento de la cultura de la evaluación institucional, la cual, como se puede entender, no es ajena a la misma calidad institucional, al involucrar al mismo tiempo acciones asociadas a la propia evaluación, que no solo debe tener en cuenta la infraestructura de la institución o su contexto, sino también aspectos relacionados con la acreditación, la construcción de conocimiento, la reflexión colectiva y la autoevaluación, entre otros [22].

2.2 La evaluación profesoral y los enfoques de análisis

En el proceso evaluativo existen autores de tendencia conductista, racional y científica que involucran modelos centrados en funciones matemáticas y/o estadísticas, con el fin de determinar relaciones o explicaciones de fenómenos educativos a través de variables de corte eminentemente cuantitativo [23,24].

Por ejemplo, algunos [25] apoyan la evaluación de la actividad docente utilizando Data Envelopment Analysis (DEA), a partir de cuestionarios que se utilizan para evaluar al profesorado en una universidad mexicana. Por su parte, otros autores [26] realizan una evaluación profesoral en la educación superior asiática, combinando una serie de métodos, longitudinales y no experimentales a través de diversas variables, especialmente cuantitativas. Y unos más [27] realizan análisis de varianza univariado (ANOVA) y multivariado (MANOVA) para determinar las características de calidad del ejercicio docente.

Por otro lado, también existe una corriente de corte humanista y cognitivista cuyo interés es el proceso y no el resultado por sí solo, donde sus defensores utilizan métodos propios de la investigación cualitativa para tratar de describir fenómenos inherentes a la dinámica evaluativa [28-30].

Aquí se resaltan estudios [31] que opinan que debe evitarse medir la labor del docente en términos meramente cuantitativos, así como establecer comparaciones con respecto a otros maestros, y quien afirma [32] que es muy difícil utilizar solo elementos estadísticos, sin desconocer su importancia en procesos evaluativos, para identificar las diferencias intrínsecas en los estudiantes en relación con un proceso efectivo de evaluación docente. Sin embargo, son cada vez más valoradas las convergencias de enfoques, lo que permite ganar en capacidad exploratoria, descriptiva y explicativa [33].

Tal es el caso de la implementación en evaluación de métodos de convergencia mixta [34], los cuales son utilizados para abarcar diversas dimensiones del proceso evaluativo (objetivos de la evaluación, fuentes de información, métodos de evaluación, ideas preconcebidas o prejuicios en relación con la evaluación y estrategias de mejoramiento) o para revisar, al mismo tiempo, elementos subjetivos y objetivos en un determinado estudio [35].

2.3 Los frentes de trabajo profesoral

Los ejes de actuación de las Instituciones de Educación, más concretamente de la Universidad (que es el contexto donde se desarrollan los posgrados), se enmarcan en actividades de docencia, investigación y proyección social o extensión. La forma en la que se operativizan dichas actividades, formuladas en niveles estratégicos (misión, visión, objetivos organizacionales, principios y valores), no es otra que a través de su Capital Humano – CH, representado en los profesores. Acorde con esto, las actividades académicas del profesor, consideradas en la valoración de su desempeño, son principalmente: docencia, investigación, proyección social y desarrollo profesoral.

En la literatura parece relacionarse de manera directa la evaluación del desempeño profesoral con actividades generalmente referidas a la docencia, motivo por el cual se adopta el nombre general de evaluación de desempeño docente [27,36].

En términos de investigación, proyección social y desarrollo

profesoral, como condicionantes del ejercicio de valoración del desempeño docente, las aplicaciones prácticas no se encuentran documentadas de manera concreta en la literatura. Algunos autores [37,38] presentan una visión de la evaluación profesoral que gira en torno a grandes campos, entre los que aparecen aquellos diferentes a simplemente el ejercicio profesoral, utilizando para ello indicadores concretos. Pero se reitera que estos son casos aislados en la materia y mucho más en el nivel de posgrado en Ingeniería, como ya se ha señalado, donde la información es bastante ausente [39].

2.4 La necesidad de contar con diversas fuentes de información

En un estudio realizado [40] se presentó una revisión de las dimensiones e instrumentos más frecuentemente utilizados por algunas universidades para la evaluación del profesorado, entendiéndose por este término el diligenciamiento de un cuestionario de opinión aplicado a estudiantes, en el que califican el desempeño de su mentor. Aquí se resalta la existencia de diversos estudios y propuestas metodológicas [41-43].

Sin embargo, existen otros autores [3,15] que manifiestan que no se puede considerar que estos instrumentos sean la única fuente de información posible asociada al proceso de evaluación, pues pareciera que solo importa la visión del estudiante, desconociendo que existen otros elementos que también se deben tener en cuenta en este proceso.

Es así como otros investigadores [44,45] afirman que esta única fuente de información puede resultar peligrosa, al demostrar en sus estudios que esta percepción estudiantil está asociada (correlación positiva), en cierta medida, al rendimiento de los estudiantes a través de sus notas y la valoración que de ellas hace el profesor.

En esta dirección, un estudio [46] demuestra, a partir de tres estudios independientes, que aquellos profesores que fueron generosos con las calificaciones de sus estudiantes recibieron valoraciones en promedio más altas que los profesores que fueron más rígidos.

Reafirmando la postura anterior y soportando la necesidad de no limitar la evaluación profesoral a solo la opinión del estudiante, algunos autores [47,48] establecen que es importante utilizar múltiples fuentes de información en este proceso, pues el educando no es poseedor de la verdad absoluta en el momento de medir y evaluar la efectividad en la calidad de enseñanza de un profesor [49].

3 Metodología

Las variables exploradas en esta investigación dan cuenta de actividades que están relacionadas con el desempeño docente en posgrado en Ingeniería. Se emplea una metodología mixta, dividida en cuatro momentos, que involucra los aspectos asociados con la validez y la construcción de un juicio, integrados alrededor de la percepción de los participantes, con base en los diferentes instrumentos utilizados (Fig. 1).

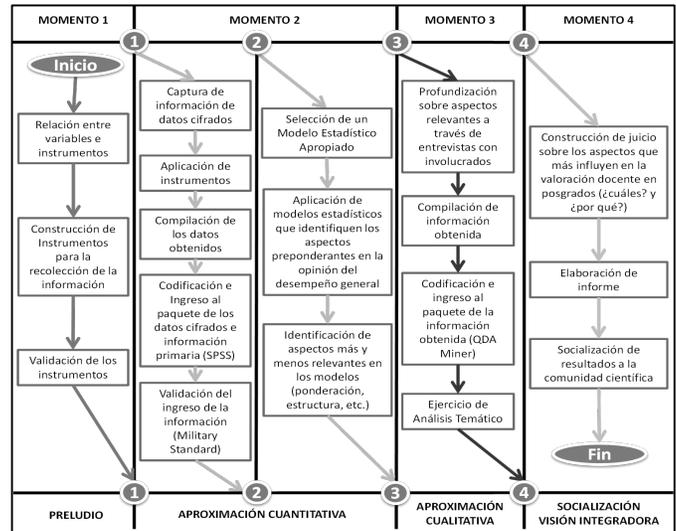


Figura 1. Despliegue metodológico.

Fuente: Los autores.

Desde esta perspectiva, un punto muy importante lo constituyen las actividades relacionadas con la docencia (factores de clase), la investigación y los servicios, y como éstas impactan sinérgicamente en un buen desempeño profesoral a nivel de posgrado en Ingeniería (Fig. 2). A continuación, se detallan estas dimensiones:



Figura 2. Dimensiones clave que deben ser abordadas en la valoración profesoral en posgrado.

Fuente: Los autores.

3.1 Dimensión factores de clase

Aquí se retoma el trabajo de importantes autores en la temática de evaluación de la enseñanza [50,51], en los cuales se identifican los siguientes factores de clase: planeación y organización del curso, ejecución en el aula de clase, evaluación de los aprendizajes, conocimiento de la asignatura e impacto del curso.

De la misma forma, este autor señala que a diferencia del pregrado (entendido como un “primer ciclo”), en posgrado (“ciclos superiores”), existen, además de los cursos regulares, otras actividades académicas

más específicas (seminarios, asesorías, proceso de tesis y trabajo dirigido, entre otras), las cuales varían dependiendo de las características del posgrado o curso de posgrado impartido.

Por lo anterior, la mayoría de las variables trabajadas permanentemente en el contexto superior guardan gran similitud con las abordadas en pregrado, lo que lleva a que la diferenciación debe estar en la operacionalización de dichas variables. De esta manera, surgen variables adicionales, ávidas de ser medidas o valoradas, relacionadas principalmente con la investigación y su contribución al proceso docente en posgrado, los servicios generados en el marco de la relación docente (tutor) – estudiante y la supervisión y asesoramiento propios del nivel de posgrado en Ingeniería.

Es así como en primera instancia deben considerarse aspectos de análisis como: caracterización inicial (nivel de formación, sexo, etc.), compromiso institucional, dominio disciplinar, dominio pedagógico, evaluación, experiencias previas del profesor, impacto del curso, interacción profesor – estudiante, planeación y organización, relaciones interpersonales, tiempos dedicados a actividades de docencia en posgrado y valoración del desempeño general (tanto del estudiante como del docente).

3.2 Dimensión investigación

Esta dimensión obedece a la confluencia de dos escenarios: el rol de la investigación en relación con la labor docente y la capacidad del profesor para poder asistir el trabajo académico e investigativo del estudiante.

En el primer escenario, se asocian los productos de generación de nuevo conocimiento, dado que son aquellos elementos tangibles que cuentan con cierto consenso en el ámbito académico-investigativo [52]. Aquí se adiciona la exploración sobre la participación de los profesores en proyectos de investigación (finalizados o en desarrollo) [53].

En el segundo escenario, figuran todas aquellas actividades o experiencias propias del profesor, siendo ellas: artículos de difusión, dirección de tesis de maestría y doctorado, dirección de trabajos de grado, investigación al servicio de la docencia, libros y/o capítulos de texto, proyectos de formación, semilleros de investigación y tiempos dedicados a investigación.

3.3 Dimensión servicios

Aquí se incluyen aquellas actividades extra clase que presta el profesor y que se encuentran directamente relacionadas con la construcción del conocimiento en conjunto con el estudiante. Es en esta dimensión donde cobran un valor estratégico las percepciones del educando, quien asume a su profesor como un referente en la disciplina, dotado de una serie de conocimientos que lo convierten en un superior disciplinar, y cuya guía e instrucción debe ser totalmente válida y, por lo tanto, legítimamente acatada y respetada.

En este sentido, cobra total relevancia el trabajo tutorial, determinado en gran medida por la confianza personal y académica del estudiante hacia su mentor, dando paso a la construcción de relaciones sinérgicas. De esta forma, se consideran las siguientes variables: condiciones del trabajo tutorial, contribución del profesor al desarrollo de los programas, rol del profesor como par, exploración del profesor como referente disciplinar y participación en comités de tesis.

3.4 Una evidencia empírica

El último componente de esta metodología lo constituye la validación final del modelo propuesto, la cual se realiza en el contexto de una facultad de Ingeniería, adscrita a una universidad colombiana, que imparte programas de posgrado (maestría y doctorado). Es así como se cuenta con el siguiente Capital Humano – CH para su desarrollo (Tabla 1): profesores universitarios con nivel de dedicación de tiempo completo que enseñan en programas de posgrado de la facultad, estudiantes matriculados en programas de posgrado de la facultad y directivos con vinculación directa con los programas objeto de análisis.

Tabla 1
Caracterización del CH analizado

Estudiantes	Profesores	Dirección
47 estudiantes que equivalen a 285 observaciones (puesto-estudiante).	21 profesores que equivalen a 21 observaciones.	1 director que equivale a 21 observaciones.
Para la fase cualitativa corresponde a 21 observaciones.	Para la fase cualitativa corresponde a 14 observaciones.	Para la fase cualitativa corresponde a 1 observación.

Fuente: Los autores.

4 Resultados

Se lleva a cabo un análisis cuantitativo de un formulario previamente diseñado y validado a nivel interno y externo. En un inicio se desarrolla un análisis factorial, con el fin de agrupar los ítems del formulario en dimensiones, y posteriormente se emplea un análisis discriminante, con la intención de identificar el peso de las dimensiones en el modelo diseñado. A continuación se utilizan técnicas de investigación cualitativa para poder interpretar las dimensiones de acuerdo a los involucrados en el proceso.

En este procedimiento se hace uso de la medida KMO (índice) para comparar la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial, siendo su fórmula como se observa en la ec. (1):

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} r_{ij,m}^2} \quad (1)$$

Aquí, r_{ij} representa el coeficiente de correlación simple entre las variables i y j , y $r_{ij,m}$ representa la correlación parcial entre las variables i y j , eliminando el efecto de las restantes m variables incluidas en el análisis. Puesto que la correlación parcial entre dos variables debe ser pequeña, cuando el modelo factorial es adecuado se puede apreciar que este indicador tiende a 1.

Por su parte, la prueba de esfericidad de Bartlett contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones observada es en realidad una matriz identidad (Tabla 2). Si el nivel crítico es mayor que 0,05 no se podría rechazar la hipótesis nula de esfericidad y, consecuentemente, no se podría asegurar que el modelo factorial es adecuado para explicar los datos. Para este estudio, según los resultados encontrados, se puede afirmar que el modelo factorial es adecuado para realizar el análisis propuesto

Tabla 2
KMO y Prueba de Bartlett para el análisis factorial

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin			,909
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado		6510,675
	gl		190
	Sig.		,000

Fuente: Los autores.

Se establece luego una estimación lineal de las communalidades de las variables. Esta estimación se realiza calculando, para cada variable, la correlación múltiple al cuadrado entre esa variable y las restantes variables incluidas en el análisis. Se asume que si una variable está muy relacionada con las restantes variables del análisis, tendrá a compartir su información en un factor común. De esta manera, las extracciones son las siguientes: p1 (0,78), p2 (0,77), p3 (0,77), p4 (0,63), p5 (0,76), p6 (0,72), p7 (0,83), p8 (0,79), p9 (0,66), p10 (0,82), p11 (0,89), p12 (0,85), p13 (0,86), p14 (0,82), p15 (0,78), p16 (0,71), p17 (0,87), p18 (0,85), p19 (0,85) y p20 (0,86).

Este método de extracción de componentes principales permite recoger una buena proporción de la cantidad de varianza para cada una de las preguntas. Esto implica que la explicación a través de las dimensiones (reducción) captura en gran medida la variación existente en las preguntas objeto de análisis.

Además, la Tabla 3, que evidencia los autovalores iniciales, muestra que solo el componente 1 explica alrededor del 60% de la varianza (% acumulado). Por ello, para explicar aproximadamente el 80% de la variación de las variables utilizadas en el instrumento de recolección de la información, se utilizan cuatro componentes.

Tabla 3
Varianza total explicada

Componente	Valores Propios Iniciales			Sumas de Extracción de Cargas Cuadradas			Rotación de Sumas de Cargas Cuadradas		
	Total	% de Varianza	Acumulado %	Total	% de Varianza	Acumulado %	Total	% de Varianza	Acumulado %
1	12,1	60,6	60,6	12,1	60,6	60,6	4,5	22,3	22,3
2	1,8	9,2	69,8	1,8	9,2	69,8	4,4	21,9	44,2
3	1,1	5,5	75,2	1,1	5,5	75,2	3,8	19,0	63,2
4	,91	4,6	79,8	,9	4,6	79,8	3,3	16,6	79,8
5	,7	3,4	83,2						
6	,6	2,8	85,9						
7	,4	2,2	88,2						
8	,4	2,1	90,3						
9	,3	1,7	92,0						
10	,3	1,6	93,5						
11	,3	1,3	94,8						
12	,2	1,0	95,8						
13	,2	,8	96,6						
14	,2	,8	97,4						
15	,1	,7	98,1						
16	,1	,6	98,7						
17	,1	,4	99,1						
18	,1	,4	99,5						
19	,1	,3	99,7						
20	,1	,3	100						

Fuente: Los autores.

Con base en esto como criterio de asociación, se asignan las preguntas a la componente que representa una mayor carga factorial, siempre y cuando la carga factorial sea superior 0,5, lo que implica la mitad de la varianza explicada. En este sentido, la dimensión 1 agrupa las preguntas: 5, 7, 13, 15, 19 y 20; la dimensión 2 las preguntas: 3, 9, 10 y 11; la dimensión 3 las preguntas: 1, 12, 14 y 16, y la dimensión 4 las preguntas: 2, 4, 8, 17 y 18 (ver Anexo). Como se puede observar hay unas cargas factoriales más altas que otras, en este caso son las que presumiblemente dominan cada componente (Tabla 4).

Tabla 4
Matriz de componentes rotados

	Componentes			
	1	2	3	4
p1	0,26	0,09	0,84	-0,03
p2	0,04	0,51	0,41	0,59
p3	0,17	0,83	0,10	0,21
p4	0,28	0,46	0,15	0,56
p5	0,70	0,45	0,02	0,25
p6	0,37	0,40	0,45	0,48
p7	0,65	0,29	-0,03	0,58
p8	0,40	0,29	0,31	0,67
p9	0,40	0,56	0,36	0,26
p10	0,38	0,77	0,17	0,24
p11	0,38	0,83	0,07	0,24
p12	0,06	0,03	0,84	0,37
p13	0,69	0,24	0,55	0,19
p14	0,53	0,47	0,55	0,16
p15	0,58	0,52	0,33	0,26
p16	0,12	0,51	0,63	0,21
p17	0,53	0,37	0,05	0,68
p18	0,33	0,11	0,56	0,65
p19	0,74	0,27	0,41	0,26
p20	0,77	0,23	0,35	0,31

Fuente: Los autores.

Realizando un análisis discriminante sobre los cuatro componentes, se puede apreciar que una porción de la variación de la variable respuesta es explicada por la variación de los cuatro componentes (correlación canónica = 0,55 (Tabla 5)) y, por tanto, existen otros factores y aspectos que deben ser analizados, afirmación esta que fundamenta mucho más la necesidad de explorar dichos aspectos a partir del enfoque relativista expuesto en la revisión de la literatura, empleando para ello técnicas de investigación cualitativa.

Tabla 5
Autovalores de la función discriminante

Función	Valor Propio	% de Varianza	Acumulado %	Correlación Canónica
1	,44	100	100	,55

Fuente: Los autores.

Por otro lado, el valor Lambda es moderado (0,69), lo que significa que existe bastante solapamiento entre los grupos. Sin embargo, el valor transformado de Lambda (Chi-cuadrado = 102,51) tiene asociado, con cuatro grados de libertad, un nivel crítico (sig.) de 0,00, por lo que se puede rechazar la hipótesis nula de que los grupos comparados tienen promedios iguales en las dos variables discriminantes (Tabla 6).

Tabla 6
Prueba Lambda de Wilks

Test de Función (es)	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	Grados de Libertad	Sig.
1	,69	102,51	4	,00

Fuente: Los autores.

A continuación, la ec. (2) enseña el modelo matemático que representa el análisis discriminante:

$$D = \sum_{i=1}^n X_i P_i + C \quad (2)$$

Donde:

- D es la variable respuesta, que permitirá la clasificación, dependiendo de su valor, en los dos grupos mencionados.
- Xi es el coeficiente asociado a cada componente.
- P representa el valor que toma cada pregunta en cada componente (ponderación).
- C es la constante del modelo discriminante, situación que implica el valor fijo en cuanto a la variable de respuesta.

Por lo anterior, el modelo queda de la siguiente forma (ec. (3)):
 $D = 0,076C1 + 0,117C2 + 0,528C3 + 0,504C4 - 11,356$ (3)

Complementando lo anterior, para la interpretación de los componentes, se recurre a técnicas de investigación cualitativa, desarrollando grupos focales de discusión por medio de entrevistas semiestructuradas y sistematizando los resultados a través de un análisis de contenidos. A continuación, la descripción de cada componente:

- a) Componente 1 “Experiencia del Profesor”: representa la capacidad que tiene el profesor de poner al servicio de sus estudiantes los conocimientos adquiridos a través de su ejercicio profesional. Los estudiantes correlacionan esta experiencia con la facilidad que el profesor tiene para conducir su trabajo investigativo (de grado), pues es conocido que, en estudios de posgrado, el estudiante debe estar en capacidad de realizar una aplicación de su conocimiento avanzado en algo que generalmente puede ser descrito como un trabajo tendiente a desarrollar sus habilidades profesionales y formativas [54].
- b) Componente 2 “Planeación y Ejecución de Actividades de Enseñanza – Aprendizaje”: refiere a la manera en que el profesor enfrenta diversas variables en el aula de clase (tiempo, recursos, metodología y evaluación). Los estudiantes de posgrado en Ingeniería consideran que una ventaja asociada a su profesor es el dominio que éste tiene de estos elementos, en función de los contenidos impartidos, así como la manera en que éste lleva a la práctica los conceptos enseñados. En este componente tiene mucha relevancia el tamaño de los grupos, pues en posgrado la cantidad de estudiantes es más reducida, situación que posiblemente permita personalizar más fácilmente el proceso, así como el rol formativo de la evaluación.
- c) Componente 3 “Pedagógico – Disciplinar”: este aspecto es el que mayor peso tiene en el modelo discriminante y recopila las reflexiones sobre si el profesor demuestra dominio del campo disciplinar. Para el estudiante de posgrado en Ingeniería es muy importante que el profesor evidencie seguridad en su

explicación, demuestre conocimiento, tenga argumentos convincentes y sea exigente, así como abierto a desarrollar diversas metodologías que propicien el aprendizaje.

- d) Componente 4 “El Rol de la Investigación”. Para los estudiantes de posgrado en Ingeniería, la investigación juega un papel preponderante, razón por la cual el profesor debe demostrar dominio en esta técnica. Para algunos estudiantes, la trayectoria investigativa del profesor es entendida como una condición de base para llegar a consolidarse como un profesor de calidad en posgrado; sin embargo, se reconoce que no todos los docentes que ostentan gran recorrido en investigación suelen ser los que poseen el más amplio bagaje metodológico. Lo anterior implica, por tanto, que es la confluencia de los cuatro componentes presentados lo que permite funcionar como discriminante en pro de la calidad de un profesor de posgrado en Ingeniería.

5 Discusión

Si bien los cuatro componentes ponen de manifiesto una realidad inherente al posgrado en Ingeniería, también es importante reconocer que el profesor asociado a este nivel formativo debe ser avalado por la comunidad científica a la que representa. Esto se propone debido a que la necesidad de profundización en las temáticas de posgrado en Ingeniería implica un nivel máximo de experticia, el cual debe ser avalado por dicha comunidad de adscripción. Es aquí cuando es importante y complementaria la evaluación por pares, la cual debe ser realizada a través de referentes globales reconocidos y aprobados por esa misma comunidad (producción académica, dedicación a actividades centradas en su intercambio profesional y académico, distinciones, reconocimientos, etc.).

En cuanto a la producción académica, ésta debe ser entendida como un determinante de la labor del docente, pues es la manera en que el profesor es reconocido como un paradigma en la disciplina que imparte, y desde la cual construye una serie de estrategias de enseñanza que involucran dichos conocimientos (adquiridos y publicados), de tal forma que puede dar cuenta de ello en el curso, a través de un balance entre lo teórico y lo práctico.

Es por esto que la evaluación docente en posgrado para Ingeniería debe, si bien involucrar cuestionarios de opinión estudiantil, también insumos cualitativos que permitan reflexionar sobre la labor del profesor, erradicando del colectivo la simplista asociación entre evaluación y número, dando paso a otros aspectos de corte más “subjetivo” o atributivo. Por ello, es necesario contar con diversas fuentes de información que se relacionen directamente con la valoración del desempeño global y real de un profesor.

6 Conclusiones

Este documento propicia un espacio importante para la reflexión alrededor de los aspectos que más influyen la visión de calidad profesoral en el contexto académico de posgrado en Ingeniería.

Es entonces necesario pensar la enseñanza en este nivel de formación como un punto máximo en el desarrollo de la carrera profesoral, donde la cualificación y experticia juegan un papel fundamental. El profesor de calidad en posgrado en Ingeniería deberá reunir una serie de atributos que permitan a sus estudiantes reconocerlo como “un experto que enseña”, más allá de la labor

eminentemente de transmisión de información o conocimiento.

En virtud de lo anterior, este trabajo permite suscitar una discusión en torno a lo que representa el profesor de calidad en este nivel, encontrando que si bien puede estar alineado con elementos que acaecen de igual forma en el pregrado, también es de reconocer que existen especificidades que ameritan el estudio de esta problemática de forma particular.

Es importante entonces, reconocer la existencia de aspectos transversales, tales como el dominio disciplinar, las relaciones interpersonales, el despliegue metodológico, el compromiso institucional, la planeación y la evaluación, entre otras, que aparecen en ambos escenarios y que deberían permanecer constantes en el ejercicio profesoral, reconociendo que sufren algunas modificaciones dependiendo del contexto.

De manera complementaria, el análisis realizado explora algunos elementos específicos del nivel de posgrado en Ingeniería (recorrido empresarial que ostenta el profesor, producción científica, reconocimiento de la comunidad académica, experiencia investigativa, contextualización adecuada, etc.), los cuales hacen que este escenario tenga unas particularidades que lo circunscriben en un ambiente concreto de estudio, independiente de pregrado, como el que aquí se ha presentado.

De igual forma, es importante que la comunidad académica continúe haciéndose preguntas en torno a los factores que inciden en la evaluación docente en posgrado. Por ello, a continuación se plantean algunos frentes de trabajo que posteriormente se podrían abordar:

- -Precisar en futuras investigaciones cuáles son estos componentes en diversas áreas, dado que este trabajo sólo se refiere al contexto de posgrado en el área de Ingeniería.
- -Establecer si existe alguna relación entre las variables pedagógicas y contextuales y los factores propios de los estudiantes, condicionando así su desempeño, incluso en materia de éxito en los tiempos adecuados (estudios de trayectoria en posgrado).
- -Promover investigaciones que aseguren el ciclo de calidad docente, las cuales además de identificar aspectos relevantes, permitan la construcción, tanto a nivel conceptual como operativo, de estrategias que posibiliten el mejoramiento de la labor profesoral en escenarios de posgrado en Ingeniería.

7 Anexo

A continuación, se muestran las dimensiones y las preguntas que las conforman:

Dimensión 1.

P5. El material bibliográfico presentado en el curso es pertinente y suficiente.

P7. El profesor demuestra un interés por motivar el aprendizaje en sus estudiantes.

P13. El curso contribuye de manera efectiva al desarrollo profesional de los estudiantes.

P15. El profesor soluciona los interrogantes que se le plantean, de una manera propia de un par en el campo disciplinar.

P19. El trabajo de acompañamiento tutorial ejercido por el profesor, ha sido relevante en tanto le permite aprender aspectos que sirven para el desarrollo del proyecto de investigación.

P20. El profesor pone al servicio del trabajo con sus estudiantes,

los conocimientos adquiridos a través de asesorías y/o consultorías.

Dimensión 2.

P3. Los contenidos desarrollados por el profesor son los que se plantearon al inicio del curso.

P9. El profesor concibe la evaluación como un medio para mejorar el aprendizaje, preocupándose por el progreso de sus estudiantes.

P10. Las evaluaciones llevadas a cabo por el profesor guardan relación con las temáticas enseñadas.

P11. Las evaluaciones y las asignaciones realizadas están fundamentadas en criterios de justicia y equidad.

Dimensión 3.

P1. El profesor demuestra dominio en su campo de conocimiento.

P12. El profesor ostenta un recorrido académico y/o profesional que le permite abordar los conceptos de su disciplina con base en su propia experiencia.

P14. El profesor formula interrogantes que son coherentes con el nivel de posgrado, en términos de su exigencia y profundidad.

P16. El profesor demuestra planificación del curso de posgrado en su conjunto.

Dimensión 4.

P2. El profesor logra una excelente contextualización de los conocimientos.

P4. Los contenidos presentados por el profesor se encuentran actualizados, en cuanto al manejo de los conceptos principales de la asignatura.

P8. El profesor aplica diversas estrategias metodológicas para fomentar los procesos de aprendizaje en posgrado.

P17. El profesor tiene una actitud receptiva hacia sus estudiantes, pues presta atención a sus inquietudes e intereses.

P18. El profesor pone al servicio del trabajo en el curso con sus estudiantes, los conocimientos adquiridos a través de la investigación.

Referencias

- [1] Gabalán-Coello, J. y Vásquez-Rizo, F.E., Evaluación docente y pensamiento sistémico: alianza efectiva para la valoración profesoral a nivel posgrado, *Plumilla Educativa*, 9(11), pp. 297-311, 2012.
- [2] Sun, H. and Richardson, J., Student's perceptions of the academic environment and approaches to studying in British postgraduate business education, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41(3), pp. 384-399, 2016. DOI: 10.1080/02602938.2015.1017755
- [3] Luna, E. y Torquemada, A., Los cuestionarios de evaluación de la docencia por los alumnos: balance y perspectivas de su agenda, *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(especial), pp. 1-15, 2008.
- [4] Loredó, J., Romero, R. y Inda, P., Comprensión de la práctica y la evaluación docente en el posgrado a partir de la percepción de los profesores, *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(especial), pp. 1-16, 2008.
- [5] Cardone, C., Lado, N. and Rivera, P., Measurement and effects of teaching quality: an empirical model applied to masters programs. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, España, 2001.
- [6] García, M.C., Laguna, J., Martínez, A., Rodríguez, R. y Vázquez, M.L., Perfil de competencias del tutor de posgrado de la UNAM. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM, 2005.
- [7] García-Aracil, A. y Palomares-Montero, D., Indicadores para la evaluación de las instituciones universitarias: validación a través del método Delphi, *Revista Española de Documentación Científica*, 35(1), pp. 119-144, 2012. DOI: 10.3989/redc.2012.1.863
- [8] Parylo, O., Zepeda, S.J. and Bengtson, E., Principals' experiences of being evaluated: A phenomenological study, *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 24(3), pp. 215-238, 2012. DOI:

- 10.1007/s11092-012-9150-x
- [9] Constand, R., Clarke, N. and Morgan, M., An analysis of the relationships between management faculty teaching ratings and characteristics of the classes they teach, *International Journal of Management Education*, 16(2), pp. 166-179, 2018. DOI: 10.1016/j.ijme.2018.02.001
- [10] Rodríguez, E., Pedraja, L., Aranedá, C., González, M. y Rodríguez, J., El impacto del sistema de aseguramiento de la calidad en el servicio entregado por las universidades privadas en Chile, *Revista Chilena de Ingeniería*, 19(3), pp. 409-419, 2011. DOI: 10.4067/S0718-33052011000300010
- [11] Range, B.G., Scherz, S. and Holt C.R., Supervision and evaluation: The Wyoming perspective, *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 23(3), pp. 243-265, 2011. DOI: 10.1007/s11092-011-9123-5
- [12] Prakash, S. and Ramaswami, K.S., Decisive cluster evaluation of institutional quality in education systems, *Journal of Computer Applications*, 3(1), pp. 23-30, 2010.
- [13] Burlaud, A., L'enseignement de la gestion à l'université face à la concurrence internationale, *Revue Française de Gestion*, 33(178-179), pp. 135-156, 2007. DOI: 10.3166/rfg.178-179.135-156
- [14] Araujo-Oliveira, A., Lebrun, J. and Lenoir, Y., Étude critique de la documentation scientifique brésilienne relative à l'analyse des pratiques enseignantes, *Canadian Journal of Education*, 32(2), pp. 285-316, 2009.
- [15] Ding, C.S., Measurement issues in designing and implementing longitudinal evaluation studies, *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21, pp. 155-171, 2009. DOI: 10.1007/s11092-008-9067-6
- [16] Hossein, M., Mozaffary, M., and Esfahani, S.S., Evaluation of quality of education in higher education based on Academic Quality Improvement Program (AQIP) Model, *Procedia Journal of Social and Behavioral Sciences*, 15, pp. 2917-2922, 2011. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.04.214
- [17] Cortés-Lozano, A.X., Vásquez-Rizo, F.E. y Gabalán-Coello, J., Una mirada empírica a las ciencias sociales y agrícolas como áreas para el desarrollo de Colombia, En: Cortés-Lozano, A.X., Vásquez-Rizo, F.E. y Gabalán-Coello, J., Ed., *Formación docente y calidad universitaria. Una apuesta necesaria desde lo social y el agro*, Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Bogotá, 2017, pp. 11-30.
- [18] Plante, J., L'évaluation institutionnelle: d'une pensée qui évolue à un modèle qui s'élabore. *Service Social*, 35(2), pp. 74-89, 1986. DOI: 10.7202/1025741ar
- [19] Abrego-Almazán, D., Sánchez-Tovar, Y. y Medina-Quintero, J.M., Influencia de los sistemas de información en los resultados organizacionales, *Contaduría y Administración*, 62(2), pp. 303-320, 2017. DOI: 10.1016/j.cya.2016.07.005
- [20] Molinillo, S., Aguilar-Illescas, R., Anaya-Sánchez, R. and Vallespin-Arán, M., Exploring the impacts of interactions, social presence and emotional engagement on active collaborative learning in a social web-based environment, *Computers & Education*, 123, pp. 41-52, 2018. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.04.012
- [21] Sierra, J.C., Buela, G., Bermúdez, M.P. y Santos, P., Análisis transaccional del sistema de evaluación y selección del profesorado universitario, *Interciencia*, 33(4), pp. 251-257, 2008.
- [22] Houpert, D., L'accréditation et l'évaluation de la formation des enseignants en France: Une dynamique de professionnalisation, in *Conférence des Directeurs d'UFRM*, Paris, 2010.
- [23] James, D.E., Schraw, G. and Kuch, F., Using the sampling margin of error to assess the interpretative validity of student evaluations of teaching, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 40(8), pp. 1123-1141, 2015. DOI: 10.1080/02602938.2014.972338
- [24] Foster, G. and Stagl, S., Design, implementation, and evaluation of an inverted (flipped) classroom model economics for sustainable education course, *Journal of Cleaner Production*, 183, Pp. 1323-1336, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.02.177
- [25] Fuentes, H.J., La evaluación de la actividad docente: un análisis a partir de la técnica DEA, *Economía Mexicana*, 13(1), pp. 137-163, 2003.
- [26] Hallinger, P., Using faculty evaluation to improve teaching quality: A longitudinal case study of higher education in Southeast Asia. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 22(4), pp. 253-274, 2010.
- [27] Chen, W., Mason, S., Staniszewski, C., Upton, A. and Valley, M., Assessing the quality of teachers' teaching practices. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 24(1), pp. 25-41, 2012. DOI: 10.1007/s11092-011-9134-2
- [28] Patton, M.Q., *Qualitative research & evaluation methods: integrating theory and practice* (4a. ed.). Thousand Oaks: Sage Publications, 2014.
- [29] Vaillant, D., Algunos marcos referenciales para la evaluación del desempeño docente en América Latina, *Revista iberoamericana de Evaluación Educativa*, 1(2), pp. 8-22, 2008.
- [30] Lacave, C., Molina, A.I. and Redondo, M.A., A preliminary instrument for measuring students' subjective perceptions of difficulties in learning recursion, *IEEE Transactions on Education*, 61(2), pp. 119-126, 2018. DOI: 10.1109/TE.2017.2758346
- [31] Arnaz, J.A. y Yurén, T., *Docencia. Serie Documentos*. Mexicali: Centro de Enseñanza Técnica y Superior – CETYS, 1994.
- [32] Braun, H.I., *Using student progress to evaluate teachers: a primer on value added models*. Princeton: Educational Testing Service – ETS, 2005.
- [33] Onwuegbuzie A.J. and Leech, N.L., Linking research questions to mixed methods data analysis procedures, *Qual Report*, 11(3), pp. 474-498, 2006.
- [34] Gabalán-Coello, J. y Vásquez-Rizo, F.E., Del otro lado de la pizarra: relación estudiante profesor desde perspectivas disciplinares, *Revista Educación y Educadores*, 11(1), pp. 103-126, 2008.
- [35] Rockoff, J. and Speroni, C., Subjective and objective evaluations of teacher effectiveness: Evidence from New York City, *Journal of Labour Economics*, 18(5), pp. 687-696, 2011. DOI: 10.1257/aer.100.2.261
- [36] Martínez, M., Begoña, D.Y. quintanal, J., El perfil del profesor universitario de calidad desde la perspectiva del alumnado, *Educación XXI*, 9, Pp. 183-198, 2006. DOI: 10.5944/educxx1.9.0.325
- [37] Delgado, F.J. y Fernández-Llera, R., Sobre la evaluación del profesorado universitario (especial referencia a ciencias económicas y jurídicas), *Revista Española de Documentación Científica*, 35(2), pp. 361-375, 2012. DOI: 10.3989/redc.2012.2.861
- [38] Artés, J., Pedraja-Chaparro, F. and Salinas-Jiménez, M.M., Research performance and teaching quality in the Spanish higher education system: Evidence from a medium-sized university, *Research Policy*, 46(1), pp. 19-29, 2017. DOI: 10.1016/j.respol.2016.10.003
- [39] Ying, H. and Wang, W., Assessing and improving the quality of undergraduate teaching in China: the course experience questionnaire, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 40(8), pp. 1032-1049, 2015. DOI: 10.1080/02602938.2014.963837
- [40] Muñoz, J.M., Ríos, M.P. y Abalde, E., Evaluación docente vs. Evaluación de la calidad, *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 8(2), pp. 103-134, 2002. DOI: 10.7203/relieve.8.2.4362
- [41] Casero, A., Propuesta de un cuestionario de evaluación de la calidad docente universitaria consensuado entre alumnos y profesores, *Revista de Investigación Educativa*, 26(1), pp. 25-44, 2008.
- [42] Haladyna, T.M. and Amrein-Beardsley, A., Validation of a research-based student survey of instruction in a college of education, *Journal of Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(3), pp. 255-276, 2009. DOI: 10.1007/s11092-008-9065-8
- [43] Blair, E. and Valdez, K., Improving higher education practice through student evaluation systems: is the student voice being heard?, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39(7), pp. 879-894, 2014. DOI: 10.1080/02602938.2013.875984
- [44] Ewing, A.M., Estimating the impact of relative expected grade on student evaluations of teachers, *Economics of Education Review*, 31(1), Pp. 141-154, 2012. DOI: 10.1016/j.econedurev.2011.10.002
- [45] Pounder, J., Hung-Lam, E. and Groves, J.M., Faculty-student engagement in teaching observation and assessment: A Hong Kong initiative, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41(8), pp. 1193-1205, 2016. DOI: 10.1080/02602938.2015.1071779
- [46] Vaillancourt, T., Students aggress against professors in reaction to receiving poor grades: an effect moderated by student narcissism and self-esteem, *Aggressive Behavior*, 39(1), pp. 71-84, 2013. DOI: 10.1002/ab.21450
- [47] Gabalán-Coello, J. y Vásquez-Rizo, F.E. Percepción estudiantil: su influencia en la evaluación profesoral. Dos universos complementarios en el proceso de enseñanza – aprendizaje. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing GMBH & CO. KG, 2011.
- [48] Kyaruzi, F., Strijbos, J.W., Ufer, S. and Brown, G.T.L., Teacher AFL perceptions and feedback practices in mathematics education among secondary schools in Tanzania, *Studies in Educational Evaluation*, 59, pp. 1-9, 2018. DOI: 10.1016/j.stueduc.2018.01.004
- [49] Acevedo, R. and Olivares, M., Fiabilidad y validez en la evaluación docente universitaria, *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 10(1), pp. 1-38, 2010. DOI: 10.15517/aie.v10i1.10089
- [50] Marsh, H., Students' evaluation of university teaching: Research findings, methodological issues, and directions for future research, *International Journal of Educational Research*, 11(3), pp. 253-288, 1987. DOI:

10.1016/0883-0355(87)90001-2

- [51] Feldman, K.A., The association between student ratings of specific instructional dimensions and student achievement: refining and extending the synthesis of data from multisection validity studies, *Research in Higher Education*, 30(6), pp. 583-645, 1989.
- [52] Vásquez-Rizo, F.E., Modelo de gestión del conocimiento para medir la capacidad productiva en grupos de investigación, *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 21(41), 101-125, 2010.
- [53] Fernández-De Castro-Fabre, A. y López-Padrón, A., Validación mediante método Delphi de un sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto sobre el desarrollo local de los proyectos de investigación en el sector agropecuario, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(3), pp. 54-60, 2013.
- [54] Clarke, G. and Lunt, I., The concept of originality in the Ph.D.: how is it interpreted by examiners? *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39(7), pp. 803-820, 2014. DOI: 10.1080/02602938.2013.870970

J. Gabalán-Coello, es Ing. Industrial de la Universidad Autónoma de Occidente –UAO, Colombia, MSc. en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle, Colombia, y PhD. en Medición y Evaluación en Educación de la Universidad de Montreal, Canadá. Actualmente es Vicerrector Académico de la Universidad Católica de Pereira. Ha participado como consultor y director de proyectos en temas de aseguramiento de la calidad en el Ministerio de Educación Nacional –MEN y el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación –ICFES; es par evaluador del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias y par académico del Consejo Nacional de Acreditación –CNA.
ORCID: 0000-0001-7674-8849

F.E. Vásquez-Rizo, es Comunicador Social-Periodista de la Universidad Autónoma de Occidente –UAO, Colombia; MSc. en Ciencias de la Información y Administración del Conocimiento del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey –ITESM, México, y candidato a Dr. en Gestión de la Información y la Comunicación en las Organizaciones de la Universidad de Murcia, España. Actualmente se desempeña como docente de tiempo completo de la Facultad de Comunicación y Ciencias Sociales de la UAO; es coordinador y miembro activo de los grupos de investigación en Gestión del Conocimiento y Sociedad de la Información y Educación, respectivamente, adscritos a la misma institución. Es par evaluador de Colciencias.
ORCID: 0000-0003-1398-6174

M. Laurier, es MSc. en Lingüística Aplicada de la Universidad de Ottawa, Canadá y Dr. en Currículo de la Universidad de Toronto, Canadá. Profesor titular de la Universidad de Ottawa, Canadá. Sus áreas de interés son la medición y evaluación de los resultados de los aprendizajes, la evaluación de las competencias y el uso de la tecnología en la evaluación.
ORCID: 0000-0001-8162-9967

Definición del aprendizaje desarrollador de la informática por el profesional informático

Walfredo González-Hernández

Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba. walfredo.glez@umcc.cu

Resumen— El aprendizaje desarrollador, como concepción del aprendizaje, es el heredero más fiel de la concepción histórica y cultural de la psiquis humana. La propuesta más aceptada en este ámbito fue concebida para un contexto y un nivel educativo diferente al contexto universitario. El artículo revela estas contradicciones y una propuesta conceptual de estas concepciones para el aprendizaje universitario. Estas consideraciones sobre el aprendizaje desarrollador se particularizan en el proceso de formación de profesionales informáticos. Se expresa el proyecto como eje central en la formación del profesional informático por las potencialidades que presenta para lograr desarrollar la personalidad de los estudiantes

Palabras Clave— aprendizaje desarrollador; personalidad; aprendizaje desarrollador de la informática; aprendizaje basado en proyectos.

Recibido: 20 de octubre de 2018. Revisado: 19 de noviembre de 2018.
Aceptado: 30 de enero de 2019.

Characterization of the computer developer learning during the university training of the computer professional

Abstract— The learning who's develop a personality of students, as learning conception, is one of the most faithful continuers of historical and cultural conceptions of human psyche. The more proposal accepted in this space was conceived for a context and an educational different level to the university context. The article reveals these contradictions and a conceptual proposal of these conceptions for the university learning. These considerations on learning developer they particularize themselves in information-technology professionals' process of formation. The project like central axis in the formation of the information-technology professional for the potentialities that presents to manage to develop the students' personality is expressed.

Keywords— learn that's develop a personality; personality; learn that's develop a personality on informatics; project based learning.

1 Introducción

El proceso de aprender, que acompaña a los seres humanos desde el nacimiento, ha sido denominado aprendizaje [1-3]. Desde la antigüedad hasta nuestros días se han producido las más variadas teorías para explicar cómo se produce este proceso, así como sus regularidades fundamentales. Si se centra en su origen entonces es posible analizar dos posiciones irreconciliables entre sí, los idealistas y los materialistas; por otro lado, si se asume una posición materialista es posible encontrar diferentes concepciones acerca del proceso. Para algunos autores materialistas este proceso era innato, o sea, sus

regularidades, principios y formas de realizarlo estaban condicionados totalmente por la dotación genética del individuo. Posteriormente se fue variando esta posición y se analiza como un proceso de interacción con el medio en el cual el individuo actuaba en dependencia del sistema de influencias que se ejerciera sobre él. Esta cuestión planteaba al sujeto como un ente cuyas actuaciones no eran decididas y asumidas por él sino por el sistema de influencias que actuaran como desencadenantes de su conducta.

Más adelante surgen otras concepciones que analizan al ser humano como procesador de información, el cual posee estructuras cognitivas que se ajustan y adaptan al medio ambiente. De esta manera el individuo establece relaciones de adaptación y sensibilización con el medio ambiente en el cual debe existir una relación de equilibrio. Otra concepción aborda al ser humano como una singularidad única e irrepetible, en relación consigo mismo y sus tendencias de autorrealización. Estas visiones sobre el ser humano han impactado de manera importante en las explicaciones sobre el aprendizaje.

Otra de las concepciones acerca del ser humano enfatiza que "...para explicar las formas más complejas de la vida consciente del hombre es imprescindible salir de los límites del organismo, buscar los orígenes de esta vida consciente y del comportamiento "categorial" no en las profundidades del cerebro ni en las profundidades del alma, sino en las condiciones externas de la vida y, en primer lugar, de la vida social, en las formas histórico sociales de la existencia del hombre" [4, p.10]

Para esta concepción el hombre es un ser biológico en la medida que tiene una dotación genética, psicológico en tanto es portador de una psiquis y social en la medida que se desarrolla en una determinada sociedad. El ser humano, tal y como es conocido hoy, ha devenido en un largo proceso de transformaciones fisiológicas y psíquicas. Sin embargo, uno de los aspectos que lo ha caracterizado desde los primeros homínidos ha sido el aprendizaje con un marcado carácter social. Por lo que se puede afirmar que el hombre desde su nacimiento está condicionado socialmente dado por su relativa poca cantidad de reflejos incondicionados que posee y lo hace dependiente de quien lo críe, de ahí la plasticidad del órgano

Como citar este artículo: González-Hernández, W., Definición del aprendizaje desarrollador de la informática por el profesional informático. *Educación en Ingeniería*, 14(27), pp. 106-115, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

principal de la actividad psíquica: el cerebro. De esta manera, la cría humana nace condicionada para adquirir nuevas experiencias y estructurar nuevas necesidades si se satisfacen las orgánicas. Quiere decir que la cría humana nace para aprender.

En esta concepción materialista del aprendizaje fundada por el trío Vygotsky – Luria – Leontiev, pero continuada por múltiples autores [5], se reconoce el carácter materialista y social del psiquismo humano. Una de las expresiones de esta concepción del desarrollo humano que ha marcado pautas hoy en Cuba en el plano didáctico es el aprendizaje desarrollador. Sin embargo, esta conceptualización del aprendizaje basado en los pilares de los supuestos teóricos de la personalidad como motivación, regulación y significatividad no puede explicar estos procesos de la realidad teniendo en cuenta la categoría situación social de desarrollo en la cual se encuentran los estudiantes universitarios. Los elementos estructurales y dinámicos que componen la personalidad en las explicaciones del aprendizaje desarrollador, como está reflejada en la literatura actual [6-8] aun cuando investigan el desarrollo en jóvenes, no se corresponden con la juventud, situación social de desarrollo por la cual transitan los estudiantes universitarios. Es válido resaltar la misión formativa de los estudios universitarios de integrar a la sociedad un profesional competente con un alto compromiso social que le permita enfrentar los desafíos de su profesión.

Es por ello que este artículo pretende definir el aprendizaje desarrollador en los futuros profesionales de la informática. En un primer momento se caracterizará cómo se analiza el desarrollo humano desde la concepción histórica cultural actual. Posteriormente se analizarán los postulados esenciales del llamado aprendizaje desarrollador y, por último, aquellas categorías esenciales de la psicología de orientación dialéctico materialista que se asumen como importantes para conceptualizar el aprendizaje desarrollador en la formación de profesionales desde las universidades.

2 Desarrollo

2.1 El aprendizaje desarrollador: concepciones actuales

Para Vygotsky [9] no es cualquier enseñanza la que produce el desarrollo, es la que toma en cuenta las potencialidades del alumno en cada momento y se instrumenta sobre lo que ha adquirido, pero esencialmente sobre lo que debe adquirir, por eso se considera una enseñanza hacia el futuro no sólo tomando en cuenta el presente del desarrollo. En su obra señalaba que “La mayoría de las investigaciones que tienen que ver con el aprendizaje escolar miden el nivel de desarrollo mental del niño y le hacen solucionar determinados problemas estandarizados. Se supone que el problema que puede resolver por sí solo indica el nivel de su desarrollo mental en ese momento” [9, p. 78]. Queda así clara la posición del autor con respecto a la relación enseñanza aprendizaje reafirmando su postura acerca del desarrollo.

Diversos autores cubanos buscan dar respuesta a los procesos de aprendizaje y desarrollo a partir de la elaboración de estrategias, procedimientos, exigencias, tareas de

aprendizaje, que, en el orden didáctico, enriquezcan la enseñanza que se instrumente para el alcance de este objetivo, en las que el alumno participe en un proceso donde puedan ser desarrolladas al máximo sus potencialidades [6,10,11]. En consonancia con lo anterior se asume por diversos autores que el aprendizaje humano es “...el proceso dialéctico de apropiación de los contenidos y las formas de conocer, hacer, convivir y ser construidos en la experiencia socio histórica, en el cual se producen, como resultado de la actividad del individuo y de la interacción con otras personas, cambios relativamente duraderos y generalizables, que le permiten adaptarse a la realidad, transformarla y crecer como personalidad” [12, p.92]

El profesor tiene la responsabilidad de enseñar a aprender para formarlos para la obsolescencia de los contenidos universitarios, que, en el caso de la informática, crece exponencialmente [13-15]. Para ello debe propiciar la participación del estudiante y proporcionarle la oportunidad de aplicar lo que aprende en condiciones apropiadas. De tal manera se considera por los autores consultados [16-19] que es importante que el profesor conozca las motivaciones e intereses de los estudiantes, que sea capaz de percibir el momento acertado para enseñar, cuando el estudiante está en disposición de aprender y procurar que el aprendizaje posea sentido para él, cuestión importante en criterio del autor, de tal manera que el aprendizaje conduzca al desarrollo [6,8,20].

Para varios autores [8,21] aprendizaje desarrollador es el proceso de apropiación por el alumno de la cultura bajo condiciones de orientación e interacción social. Hacer suya esa cultura, requiere de un proceso activo, reflexivo, regulado, mediante el cual aprende, de forma gradual, acerca de los objetos, procedimientos, las formas de actuar, las formas de interacción social, de pensar, del contexto histórico social en el que se desarrolla y de cuyo proceso dependerá su propio desarrollo; con un objetivo fundamental de manera explícita: el desarrollo de la personalidad del estudiante.

Para otros autores [20,22] lograr en los estudiantes un aprendizaje desarrollador es necesario trabajar por:

- El aprendizaje debe distinguirse por ser activo y regulado, para lo cual el estudiante tiene que ser constructor de su propio conocimiento y protagonista en el PEA, para lo cual se requiere lograr en los estudiantes la aplicación creadora y la transferencia de conocimientos y habilidades a situaciones docentes nuevas, lo que se traduce en aprendizaje como producción de sus propios y nuevos saberes, incluyendo en los mismos la actividad metacognitiva del estudiante.
- Esta cualidad metacognitiva de un aprendizaje desarrollador se expresa en dos funciones: el aprendizaje es, además de activo, una reflexión metacognitiva que deviene aprendizaje autorregulado y conduce a la comprensión por el estudiante de las cualidades que distinguen el aprendizaje propio, las alternativas para producir sus conocimientos. Es decir, conocimientos sobre su propio proceso cognoscitivo: metaconocimientos. De ahí la necesidad de aprender a aprender.

De la misma manera, en la bibliografía consultada [16,23,24], se refieren también a los cambios de roles de los

protagonistas en el proceso de enseñanza aprendizaje desarrollador, donde la actividad de enseñar que lleva a cabo el maestro debe estar caracterizada por: La creación de un ambiente afectivo en la clase donde se estimule y refuerce la participación permanente de los estudiantes en su aprendizaje; La estimulación del comportamiento grupal de los estudiantes; La orientación y vinculación de los objetivos formativos e instructivos; La atención a las diferencias individuales sin dejar de considerar las cualidades grupales; Las relaciones e integración de las diferentes asignaturas y entre estas y la realidad, entre otras.

Otros autores [25,26] coinciden en afirmar que le corresponde al estudiante asumir el protagonismo y convertirse en sujeto del proceso, tornándose constructor y reconstructor de sus saberes, desarrollar un pensamiento analítico, reflexivo, crítico y alternativo que se materialice en un nuevo estilo de aprendizaje. Ello debe lograrse de manera que el proceso cognitivo se transforme de reproductivo, concreto y situacional en uno productivo, generalizador y conceptual, construir para sí, además de conocimientos sobre el mundo externo y objetivo, conocimientos sobre su aprendizaje y su propia personalidad, necesidades, vías y formas de actuar (metaconocimientos), entre otras cuestiones.

Se asume que el proceso de aprendizaje desarrollador constituye la vía esencial para la apropiación de conocimientos, habilidades, normas de relación emocional, de comportamientos y valores legados por la humanidad, que se expresan en el contenido de enseñanza, en estrecho vínculo con el resto de las actividades docentes y extra docentes que realizan los estudiantes.

2.2 Aprendizaje desarrollador desde la teoría de la subjetividad

Sin embargo, es necesario apuntar algunos elementos que no quedan suficientemente claros en las investigaciones analizadas en el acápite anterior ni en aquellas que se refieren a este aprendizaje en las universidades [11,20,22]. Se aprecia en ellas que para explicar el aprendizaje desarrollador no se considera la categoría situación social de desarrollo (SSD). Esta categoría es esencial para la comprensión del desarrollo en el enfoque histórico cultural. Ella se define: "...cada nuevo período del desarrollo implica, para Vygotsky, una modificación de la estructura de la personalidad del niño. Cada etapa se caracteriza por una nueva formación, una línea central, que guía todo el proceso del desarrollo. En este sentido, lo que se modifica en el cambio de una edad a otra es la estructura general de la conciencia, estructura que mantiene un sistema característico y distintivo de relaciones y dependencias entre los elementos que la conforman" [27,12]. Esta categoría es esencial explicar las regularidades del aprendizaje pues define las relaciones que se establecen entre lo interno y lo externo en cada momento del desarrollo. La situación social del desarrollo es el momento de partida para todos los cambios dinámicos, que ocurren en el desarrollo durante un período dado. Ella determina de manera completa y global aquellas formas y aquel camino, a través de los cuales el niño adquiere nuevas propiedades de la personalidad. En [28, p. 57] se resume "...al principio de cada período etario se establece una relación

peculiar, única e irreplicable, específica para esa etapa de la vida, entre el niño y su medio, ante todo social. A esta relación la denominamos situación social del desarrollo.,, esta relación significa., un nuevo carácter de la percepción de la realidad externa y de la actividad en ésta, un nuevo carácter de la percepción de la vida interna del propio niño y de la activación interna de su vida psíquica...". Para profundizar en cómo transcurre lo nuevo que aparece en cada proceso es importante comprender también la categoría desarrollo.

Siguiendo la última idea expresada en el párrafo anterior, otra autora plantea que "...el desarrollo consiste entonces en la llegada a una nueva situación social del desarrollo, en la que se genera y sostiene el desenvolvimiento humano ulterior... La situación social del desarrollo expresa la conjunción dinámica de las condiciones interpersonales o externas y las intrapersonales o internas, que producen el desarrollo de la persona... que también forma parte de dichas vivencias personales" [28, p.58].

Se infiere que si el aprendizaje debe conducir al desarrollo entonces debe tener en cuenta las características esenciales de cada nueva periodización, en este caso la juventud como edad psicológica. En esta edad comienza a delinear su sentido de la vida, como conjunto de objetivos mediatos que se traza en las cuales se van entrelazando las diferentes esferas de significación para la personalidad y requieren de la elaboración de una estrategia encaminada a emprender acciones en el presente que contribuyan al logro de su formación como profesional informático. Es en esta edad cuando se comienza a elaborar el proyecto de vida y se estructuran las representaciones sobre la informática, y en consonancia con esta decisión, organiza su comportamiento. Es por ello que asumir solamente la motivación por la informática como eje estructural de lo afectivo para esta etapa restringe las formaciones que conducen al desarrollo de la personalidad como se define en las aproximaciones sobre aprendizaje desarrollador ya referenciadas.

Por lo tanto, se asume que uno de los ejes articuladores en la dinámica de desarrollo para la juventud es el proyecto de vida como informático y para explicarlo se asume "... como un sistema principal de la persona en su dimensionalidad esencial-existencial de vida, un modelo ideal-real complejo de la dirección perspectiva de su vida, de lo que espera o quiere ser y hacer, que toma forma concreta en la disposición real y las posibilidades internas y externas de lograrlo; define su relación hacia el mundo y hacia sí mismo, su razón de ser como individuo en un contexto y tipo de sociedad determinada" [29, p. 5] y cuya formación es "... a partir de la "posición externa" del individuo y la configuración de su experiencia personal, las posibilidades o recursos disponibles, el sistema de necesidades, objetivos y aspiraciones y las orientaciones (o actitudes) y valores vitales de la persona" [29, p. 8]. Esta categoría permite comprender mejor la estructuración afectiva, cognitiva y reguladora de la personalidad en la juventud y que permite estructurar acciones educativas para el tránsito hacia la adultez además de incluir la motivación por la informática como elemento constituyente.

Al hablar de la motivación como parte del proyecto de vida no se refiere a cualquier motivación. En este sentido, es

importante destacar como parte del proyecto de vida las denominadas tendencias orientadoras de la personalidad [30,31], expresando aquellas motivaciones que orientan la actividad de la personalidad, a las cuales se les debe prestar especial atención desde su aparición y sobre todo en la formación de profesionales como es el caso de los informáticos. Es por ello que el proceso de enseñanza aprendizaje de profesionales será verdaderamente desarrollador en cuanto satisfaga las contradicciones fundamentales contenidas en las tendencias orientadoras de las personalidades relacionadas con el ejercicio de su profesión cuando esta forma parte de su proyecto de vida.

Al asumir esta concepción de aprendizaje basada en el proyecto de vida es imprescindible destacar sus elementos constitutivos [29]: Orientaciones de la personalidad (Valores morales, estéticos, sociales, etc. y fines vitales); Programación de tareas-metas vitales-planos-acción social; Autodirección personal: Estilos y mecanismos psicológicos de regulación y acción que implican estrategias y formas de autoexpresión e integración personal y autodesarrollo. El interés didáctico de semejante perspectiva puede ser importante, en tanto provee de una comprensión holística, dinámica y contradictoria de las articulaciones complejas del individuo y su contexto social mediato e inmediato. En esta perspectiva en que las acciones educativas tienen que tomar el referente de los procesos psicológicos que se recortan en la dinámica mayor de las situaciones sociales y de las condiciones de la praxis individual-social [32,33].

Otro de los elementos esenciales en el proceso de aprendizaje es la unidad de lo cognitivo y lo afectivo se expresa en el sentido. En Pensamiento y Lenguaje, se define sentido como "...el agregado de todos los elementos psicológicos que emergen en nuestra conciencia como resultado de la palabra. El sentido es una formación dinámica fluida y compleja que tiene varias zonas que varían en su estabilidad. El significado es apenas una de esas zonas de sentido que la palabra adquiere en el contexto del habla" [9, p. 275 y 276].

Esta definición declara la importancia de una unidad de análisis de la vida psíquica en la cual se integran todos los elementos psicológicos dentro de los cuales se encuentran aquellos que intervienen en un proceso de aprendizaje. Sin embargo, esta categoría no aparece en la literatura consultada sobre aprendizaje desarrollador y en la obra de la autora principal sobre el tema aparece solamente para explicar la significatividad del aprendizaje. Se considera que esta es una limitación esencial en la concepción actual cuando se plantea que "...la significatividad es la dimensión que pretende englobar la influencia de una necesaria integración de los aspectos cognitivos y los aspectos emocionales y valorativos en cualquier aprendizaje desarrollador y el impacto que este siempre tiene en la personalidad íntegra de los profesionales en formación" [20, p. 11].

El aprendizaje debe ser desarrollador cuando expresa e integra la dinámica de los elementos psicológicos que deben intervenir en el aprendizaje de los contenidos. La consideración de la categoría sentido subjetivo como "...la unidad básica y efímera de lo emocional y lo simbólico en el curso de una experiencia concreta. Los procesos humanos ocurren en el

presente, pero sus sentidos subjetivos integran desdoblamientos simbólicos y emociones de lo vivido y, con frecuencia, lo proyectado por vivir, que son parte inseparable de la configuración subjetiva de la experiencia actual" [34, p. 263 y 264] reflejan el pasado, presente y futuro del aprendizaje de los estudiantes en un continuo de integraciones de procesos emocionales y simbólicos. Al utilizar la categoría de sentido subjetivo se amplía el sentido del aprendizaje desde lo individual hasta lo social en un sentido cultural e histórico que debería ser tomado en cuenta en toda su amplitud para definir el aprendizaje. Por tanto, es importante destacar que el aprendizaje no debe ser caracterizado como significativo sino subjetivado, en función de la integración su subjetividad con los objetivos sociales para los cuales se produce el aprendizaje. Esta concepción del aprendizaje se aprecia más dinámica e integradora que la asumida en el aprendizaje desarrollador abordada hasta el momento en la literatura al respecto referenciada en el primer acápite. Quiere ello decir, que un aprendizaje que oriente y cree sentidos subjetivos en los estudiantes es un aprendizaje que logra el desarrollo de la subjetividad humana entendida como "...como la producción simbólico-emocional que emerge ante una experiencia vivida, la cual integra lo histórico y lo contextual en el proceso de su configuración. La unidad básica de la subjetividad son los sentidos subjetivos" [35, p.19]. Este tratamiento de la subjetividad asume las configuraciones, formaciones y unidades psíquicas en un sentido integrador, holístico y complejo en el cual se reconocen la historicidad del aprendizaje y su proyección futura, además del momento presente, cuestiones estas esenciales para una aplicación consecuente de la zona de desarrollo próximo en la formación de profesionales. También abarca aspectos esenciales como la búsqueda de estrategias y métodos para la apropiación y búsqueda de los contenidos propios de la informática con un alto nivel de generalización y abstracción que les servirán de base para la actualización propia de la etapa adulta que son típicas de la juventud.

Sin embargo, para continuar la explicación de este aprendizaje subjetivado es necesario definir qué se entiende por configuración pues permitirá explicar las diferencias entre cada sujeto. En búsqueda de una explicación sobre las configuraciones en la subjetividad se han encontrado diversas aproximaciones sobre este término. Para otro autor, en el orden psicológico, define configuración "... como sistema de formaciones diferentes, donde un mismo elemento psicológico parcial puede aparecer de forma simultánea en unas u otras de dichas formaciones, incluso con un sentido psicológico diferente" [36, p. 221]. De esta definición se infieren elementos importantes de la organización de la configuración. Uno de ellos es el sistema de formaciones y se infiere que depende de determinadas situaciones cuando continúa expresando "... la naturaleza configuracional de la personalidad radica en la integración de contenidos psicológicos cognitivos y afectivos en una nueva realidad" [36, p. 221]. Esta última afirmación vincula la configuración a la realidad sin especificar cuáles son los aspectos de la realidad que originan su organización.

Sin embargo, cuando se refiere a la personalidad como una configuración de contenidos subjetivos que tienen una real

significación personal [37], se aporta el por qué la configuración adquiere estas características, como en este caso la personalidad, en dependencia de la significación que la realidad y que en su interacción con ella adquiere. Aun cuando los autores analizados [36,37] explican estos procesos no revelan cómo se estructura la relación con la realidad ni cuáles son los procesos que intervienen en la determinación de las configuraciones. Es por ello necesario considerar a la configuración como la estructura en que un sistema complejo organiza o reorganiza a sus componentes (estructurales y/o funcionales) para interactuar con otros sistemas, en dependencia de sus características propias y del otro sistema, así como de la naturaleza de la interacción entre ellos. Se puede aseverar entonces, que un sistema complejo puede adquirir varias configuraciones en su interacción con otros sistemas, permitiéndole interactuar en dependencia de sus condiciones internas y las externas con un máximo de adaptabilidad y flexibilidad. Esta definición permite explicar cómo se da la interacción realidad – personalidad entre otras que pueden ocurrir en entre sistemas complejos.

De la definición anterior se desprende que el aprendizaje es una configuración de la subjetividad como sistema complejo que interactúa con un conjunto de sistemas externos entre los cuales se pueden señalar el sistema escolar y el saber. El aprendizaje, concebido de esta manera, se configura en el acto de aprender; en el cual se entrelazan sus sentidos subjetivos ya que debe tomar decisiones sobre este proceso, confrontarse con el otro, revivir situaciones vividas que toman nuevas formas en sus expresiones al mismo tiempo que se cumple con el objetivo social de la enseñanza. En este proceso de aprendizaje la imaginación, como producción subjetiva, juega un papel esencial como fuente de ideas en las cuales se expresan sus producciones subjetivas integradoras y abarcadoras [38]. Por ende, entonces el aprendizaje es también un proceso productor de ideas en el cual el sujeto reelabora los contenidos de su personalidad si en este proceso se alimentan sus tendencias orientadoras. Entonces no es el aprendizaje solamente autorregulado – activado como se plantea en el primer acápite por la literatura analizada, sino que es un proceso configuracional de la subjetividad humana. Esta concepción del aprendizaje desarrollador como subjetivado y configuracional integra no sólo la actividad, la regulación y la autorregulación sino otros procesos productivos de la subjetividad humana como la imaginación y los procesos intuitivos que intervienen en esta [39-45]. La tendencia a la búsqueda de problemas y su solución es una de las características distintivas de la juventud como edad psicológica que aparece en la concepción de aprendizaje desarrollador que se propone en este artículo.

En esta edad las actividades seleccionadas tienen una mayor intencionalidad sobre la base de su proyecto de vida, por lo cual el sistema de interacciones a las cuales se entrelazan tienen mayor apertura y diversidad que en edades anteriores; y estas peculiaridades deben ser reflejadas en la teoría didáctica. Siguiendo este orden de ideas, entonces se reconoce que el aprendizaje es un proceso que se basa en la no linealidad de las interacciones entre los componentes del proceso de enseñanza – aprendizaje y de éstos con el contexto socio histórico en el cual se desarrolla el individuo. Entre ellos se entretienen

relaciones nada simples, que pueden constituir una red de relaciones abiertas con otros subsistemas a los cuales se integran configurando sistemas cada vez más complejos.

En la teoría didáctica derivada de una concepción histórico - cultural analizada en el primer acápite, no se es lo suficientemente claro al abordar la relación entre la complejidad del contexto socio - histórico y la propia de la psiquis del estudiante que se expresa en la subjetividad [46,47]. Se coincide con [47] que es un proceso totalmente alejado del equilibrio al constituir un reflejo subjetivo del contexto socio histórico totalmente diferente para cada estudiante. En dinámica del proceso de aprendizaje en el cual confluyen un conjunto de estudiantes, las estructuras grupales en las cuales se organiza el aprendizaje y los profesores para el logro de la formación profesional en el contexto universitario; las subjetividades desarrolladas en los estudiantes en su devenir histórico y las organizaciones productivas en las cuales desarrollan su práctica laboral expresan una de las contradicciones fundamentales de la didáctica de la educación universitaria.

Desde esta perspectiva, la relación universidad – sociedad ya no es tan lineal, coherente y exenta de contradicciones como se expresan en los libros y artículos de Didáctica consultados declarados en el primer acápite pues la interacción de los participantes en el aprendizaje con la sociedad puede darse en dos sociedades contradictorias entre sí. De esta manera, en un mundo cada vez más interconectado, las interacciones entre la escuela – sociedad deben ser flexibles, tolerantes a las emergencias y, sobre todo abiertas a la interacción con otros sistemas tan dinámicos y no lineales como ellos, como puede ser el contexto internacional que se expresan en forma de configuraciones. Por tanto, el contexto en el cual transcurre el aprendizaje cumple con las características esenciales de los sistemas complejos:

- Las funciones de los elementos (subsistemas) del sistema no son independientes; esto determina la interdefinibilidad de los componentes;
- El sistema como totalidad es abierto, es decir, carece de fronteras rígidas; está inmerso en una realidad más amplia con la cual interactúa por medio de flujos de materia, energía, recursos económicos, políticas regionales, nacionales, entre otras.
- Alto grado de indeterminación y de improbabilidad [48,49] Estas características definidas, llevan a afirmar que, desde la visión de la relación universidad y sociedad, el aprendizaje es un proceso de interacciones y contexto de orden complejo. Siguiendo este análisis, ahora en el orden psíquico, también es el aprendizaje continúa siendo un proceso complejo. Para este análisis se considera indispensable partir de uno de los procesos que intervienen en el aprendizaje y ha sido poco estudiado desde la concepción histórica y cultural: la intuición.

Desde una perspectiva histórica cultural se destaca la intuición como parte de los procesos del pensamiento íntimamente relacionados los procesos afectivos. Se destaca como parte de la relación dialéctica que se establece con el pensamiento lógico, vital para el desarrollo de la creatividad [50-52]. Aunque no se constata que [9] se haya ocupado de la intuición se pueden atisbar en su obra elementos que pudieran conducir a explicar el origen de las asociaciones libres

expresadas anteriormente cuando expresa el concepto de pensamiento por complejos diferente al pensamiento conceptual. De las concepciones expresadas se puede inferir que existe gran similitud entre las asociaciones divergentes [53] y el pensamiento por complejos [9]

Continuando la idea anterior en la obra de Vygotsky, se va transitando hacia un pensamiento conceptual que, sin embargo, en este artículo se asume que no elimina el pensamiento por complejos, sino que este subyace conformando el lenguaje interiorizado. Gran parte de los autores dedicados a la intuición [45] lo explican de manera similar, como un proceso del cual se debe tomar nota inmediata para no perder las ideas que se expresan. La principal limitante de Vygotsky está en cómo desarrollar la intuición tomando como base sus ideas. Como se puede apreciar en este bosquejo sobre las concepciones fundamentales acerca de la intuición se trata de un proceso multifactorial con causas que aún no han sido totalmente esclarecidas sobre bases científicas. Se infiere además del bosquejo anterior que es un proceso con un alto grado de incertidumbre que involucra los procesos no conscientes. Es por ello que este autor considera que es un proceso caracterizado por la complejidad. Otro elemento a tener en cuenta es la relación intuición y los procesos subjetivos que tiene lugar en la persona. Es por ello que se considera la intuición como un proceso que forma parte del sentido subjetivo al desarrollarse sobre la base de la experiencia vivida y adoptando formas dinámicas. Se infiere entonces que la intuición se manifiesta en dependencia de los sentidos subjetivos del individuo constituyendo una expresión de la subjetividad de la persona en una actividad determinada, por lo cual se manifiesta de manera configuracional.

Por ende, después del análisis realizado, se entiende que el aprendizaje en la educación superior debe ser subjetivado y configuracional por las formas de apropiación del conocimiento y los objetivos del mismo, así como las interrelaciones que se establecen. Al mismo tiempo, es configuracional por la manera en que se estructura en su dinámica. Es entonces que se asume el aprendizaje desarrollador como un proceso complejo que implica al sistema de sentidos subjetivos asociados con la apropiación del contenido de enseñanza, sobre cómo se expresan sus configuraciones subjetivas en la rama del saber humano que intervienen en su formación como profesional, en interacción no lineal con el resto de los sistemas que intervienen. Esta definición incluye la posibilidad de integrarse a las redes sociales que se entretajan actuando en consonancia con sus tendencias orientadoras y proyecto de vida relacionados con la profesión. Debe, además, socializar los resultados de este proceso dentro de un contexto social en el que descubre relaciones complejas en el proceso de apropiación de los contenidos con su introducción en diversas áreas del conocimiento humano.

Esta definición de aprendizaje desarrollador se considera elementos más integradores y holísticos e involucra todos los elementos estructurales y dinámicos de la personalidad del sujeto que se forma para el ejercicio de una profesión. Constituye una concepción optimista del aprendizaje en cuanto expresa los elementos pasados, presentes y, lo que la diferencia cualitativamente de la anterior, se proyecta hacia el futuro

teniendo en cuenta las diferentes SSD. Esta definición trasciende el marco de la enseñanza universitaria y es posible aplicarla a los procesos formativos que se dan en el orden de la formación continua.

2.3 La informática como ciencia y el aprendizaje desarrollador desde la subjetividad

Una vez acotado los elementos discordantes con el aprendizaje desarrollador para la educación superior es necesario abundar en la informática como ciencia y su transformación en contenido de enseñanza. La informática posee un desarrollo que no siempre es comprendido a cabalidad por los profesionales de esta rama ni aquellos que intervienen en los procesos formativos. Como sistema científico, la informática se encarga del procesamiento, transmisión, protección y conservación de la información utilizando tecnologías digitales. Sin embargo, este desarrollo de la ciencia generalmente se expresa en forma de tecnologías orientadas a sus líneas fundamentales de desarrollo que le permita continuar penetrando en las más disímiles ramas del pensamiento humano. También es necesario destacar que el desarrollo de la informática está orientado también a la satisfacción de las necesidades cada vez más crecientes de informatización de estas ramas del pensamiento humano. Esta forma de comportamiento de la informática hace que su formación deba recorrer este camino.

La informática es una de las ciencias en las cuales el autoaprendizaje es esencial para apropiarse de sus leyes, principios y categorías como ciencia y de las tecnologías que la acompañan. El nivel de penetración de la informática en las más disímiles actividades humanas no permite abordar toda su complejidad desde la formación curricular del profesional de esta ciencia. Otro elemento que apoya la afirmación anterior se encuentra en la gran cantidad de empresas que desarrollan tecnologías portadoras de diversos paradigmas, enfoques y tendencias. Por ello, de las afirmaciones anteriores se desprende que existe una gran variedad de paradigmas, enfoques y tendencias; de las cuales, al intervenir leyes del mercado, no siempre es la mejor de todas la que se impone. De ahí que, no es una regularidad que los contenidos que se enseñan en la formación informática sean aquellos que les permitan enfrentar con éxito una problemática debido a la gran variedad de paradigmas, enfoques y tendencias desarrolladas para solucionar las problemáticas derivadas de la penetración de la informática en las diversas ramas del conocimiento humano. Una vía para el logro de un aprendizaje desarrollador asumido en este artículo se encuentra en el enfoque sistémico [54-57] para la enseñanza de esta ciencia. El enfoque de sistema permite la integración de los sentidos subjetivos en configuraciones subjetivas durante el aprendizaje de la informática. Estas afirmaciones permiten comprender la complejidad inherente a la enseñanza de esta ciencia en el proceso de formación de sus profesionales.

Para comprender mejor los procesos de aprendizaje de la informática es necesario abordar su forma de actividad fundamental: el proyecto. En la literatura consultada [58, 59] entre otros; se han planteado definiciones acerca del proyecto

informático. Sin embargo, es opinión del autor que las definiciones trabajadas en la bibliografía no representan la generalidad de las situaciones que pueden encontrarse en la solución de proyectos informáticos por lo que define como un sistema de acciones con carácter holístico y configuracional, donde se integran varias actividades ejecutadas por diferentes roles, que contribuyen a la informatización con calidad de un proceso o rama del saber humano. Asumir el proyecto como un sistema de acciones permite comprender su carácter procesual y que, al ser ejecutados por roles, propone la integración de aprendizajes diferentes en una configuración subjetiva social. En esta configuración subjetiva social se van asumiendo o creando situaciones que demanda soluciones colectivas sobre la base de los procesos informáticos establecidos como modelos, artefactos o metodologías, así como la creación de otros que permitan su solución.

El proyecto como forma fundamental en la informática está antecedida de una intensa actividad motivacional derivada de las contradicciones expresadas en las situaciones que impulsa al individuo a la creación en la informática. El mismo se configura sobre la base de un conjunto de procesos que se integran entre sí y funcionan en integración y no por partes separadas. [22,60,61].

Otros elementos importantes de orden teórico a tener en cuenta es la gran diversidad de sistemas informáticos existentes para desarrollar el proyecto. En ello se destaca el enfoque de sistema para integrar los núcleos conceptuales básicos y no básicos, las situaciones polémicas asociadas a proyectos y la definición de problema informático y las vías de solución, cuestiones abordadas en la literatura [54,55,62].

Del párrafo anterior se puede inferir que la búsqueda de problemáticas a utilizar durante la enseñanza de la informática puede emanar de la penetración de esta ciencia en las más disímiles ramas del saber humano. Sin embargo, es importante esclarecer que es una problemática en esta ciencia y por ende para su enseñanza. Para este artículo es necesario ampliar muchas de las concepciones de problemas que se abordan hoy en la literatura. Una de las cuestiones esenciales en las problemáticas está en las numerosas vías de solución que se pueden aportar en su solución. En sintonía con lo anterior es importante destacar que los problemas a presentar a los estudiantes en la enseñanza de la informática que lo definen como "...aquella situación contradictoria que no tiene una vía de solución determinada, incluyendo infinitas vías de solución, y que está en dependencia del nivel de desarrollo de la personalidad alcanzado por los estudiantes para la obtención de determinación de conceptos, procedimientos, modelos, algoritmos y/o sistemas informáticos relacionados con las vertientes de desarrollo de la informática." [55, p. 12]

El proyecto, como configuración subjetiva social, potencia la consolidación del proyecto de vida de los estudiantes en los aspectos relacionados con su futura profesión al ocupar los roles y desarrollar las competencias necesarias para ejercerlos en un proceso productivo. En el proyecto, como forma organizativa de la informática y célula generadora de sus resultados, el estudiante se integra a un entramado social de índole productivo. En este entramado se establecen las normas de su futuro profesional, así como los valores de la profesión. Es de

destacar el potencial regulador del proyecto, y los roles que se desempeñan en él, para el aprendizaje de los estudiantes. Al ser asumidas las necesidades del proyecto, y del colectivo que lo integra, el estudiante las hace suyas y traza estrategias de aprendizaje que les permita cumplir con estas metas y aspiraciones del colectivo. Ello hace que el trabajo colectivo cobre mayor importancia, no sólo en proyectos presenciales sino en aquellos dispersos geográficamente [63,64]. Como se ha demostrado en las investigaciones citadas; el trabajo colectivo en el marco del proyecto, la resolución de metas y el cumplimiento de los objetivos organizacionales son aspectos que se desarrollan en el proyecto. En este sentido se establecen una estrecha interrelación configuracional entre la configuración subjetiva social proyecto y las configuraciones subjetivas individuales de los estudiantes

La comunicación, no sólo de sus resultados sino de todos los procesos que intervienen en el aprendizaje de los estudiantes en el entorno del proyecto, es otro de los aspectos esenciales que determina la relación configuracional declarada en la última oración del párrafo anterior. Todas las metodologías de desarrollo establecen la documentación y los canales de comunicación necesarios para el intercambio de información entre los roles y las fases de desarrollo de un proceso de informatización. Cada una de las fases integra las documentaciones generadas por los roles que intervienen y prepara las condiciones necesarias para cada una de las fases posteriores. Quiere ello decir que el estudiante en este entorno se apropia del lenguaje propio de la especialidad, así como de aquellas especificidades propias de cada metodología utilizada en el proceso de desarrollo. También se apropia de los signos y símbolos necesarios en cada una de las metodologías que se usan y que determinan los procesos de documentación de cada fase para comunicarse con el resto de los integrantes. Ya realizado este proceso entonces es que se pasa a la comunicación de estos resultados, así como la comprobación de la validez de estos, proceso este último de extrema importancia en el proyecto.

Además, es en el proyecto donde los estudiantes completan su formación informática con los contenidos que deben ser apropiados por ellos. Asumiendo las características del proyecto, así como sus potencialidades formativas, es posible afirmar que en esta formación se entrelazan actores del proceso que hasta ahora no son tenidos en cuenta por los estudios clásicos sobre de la didáctica en Cuba [65, 66]. Uno de estos actores fundamentales es la organización en la cual se desarrolla el proyecto en el cual se insertan los estudiantes. El estudiante que es insertado en esta organización, con normas y requerimientos, establece un sistema de interacciones que no son lineales y son multifactoriales entre sí. Por un lado, el ente formativo con la experiencia necesaria para el cumplimiento de esta función social: la universidad; y por otro lado la organización, con prácticas ya establecidas y que le han permitido obtener niveles de competitividad a partir de los procesos de informatización, también establecen un sistema de influencias no lineales en los estudiantes. Es importante entonces reconocer que en la enseñanza de la informática de los profesionales informáticos la organización en la cual transcurre el proyecto deviene en un componente del proceso de

enseñanza – aprendizaje.

El asumir la organización relacionada con el proyecto como componente presenta interesantes implicaciones teóricas para la Didáctica como ciencia. Una de estas implicaciones interesantes está dada en la necesaria comunicación entre las organizaciones y la propia universidad que se da en varias aristas entre las cuales se pueden encontrar modificaciones curriculares, asumiendo el currículo en su acepción más amplia [67-69]. Otra de las aristas interesantes está en que no es la universidad la única entidad encargada del proceso formativo de estos profesionales aun cuando socialmente responda por ello. Esta arista conlleva a que la universidad deba estructurar un sistema de acciones coherente de preparación conjuntamente con la organización para estructurar el proceso formativo de manera armónica.

De todo lo anteriormente planteado se asume entonces que el proyecto, como configuración subjetiva social en la enseñanza de la informática, juega un papel esencial para el aprendizaje desarrollador de estos profesionales pues es él quien propicia el desarrollo de las configuraciones subjetivas individuales. El proyecto es el marco fundamental donde se dan los sentidos subjetivos relacionados con la profesión, así como sus componentes fundamentales, lo que les permite apropiarse de la esencia de su profesión. En él se establecen las relaciones esenciales para su futuro profesional en varios sistemas sociales, lo cual permite un desarrollo multifacético de su personalidad. Por ende, un aprendizaje desarrollador en la informática debe sustentarse en el proyecto como forma de organización de la actividad informática y como célula generadora de aprendizajes desarrolladores en los estudiantes. Estos aspectos informáticos ya analizadas, hacen que la configuración subjetiva social proyecto se manifieste de manera única en la interrelación de tres elementos: la necesidad de informatización, las configuraciones individuales y los resultados de la actividad de informatización.

De los elementos abordados hasta el momento sobre el aprendizaje de la informática y asumiendo como base la definición asumida en este artículo de aprendizaje desarrollador, se define aprendizaje desarrollador en la informática de la siguiente manera: un proceso configuracional que implica al sistema de sentidos subjetivos asociados con la apropiación del contenido a aprender, sobre cómo se expresan sus configuraciones subjetivas en la informática en el proyecto como configuración subjetiva social, en interacción no lineal con las organizaciones que participan en los procesos de informatización con calidad. Esta definición permite, además, el análisis de cómo el estudiante debe integrarse a las redes sociales que se entretienen actuando en consonancia con sus tendencias orientadoras y proyecto de vida relacionados con la informática y sus procesos. Debe, además, socializar los resultados de este proceso dentro de un contexto social en el que descubre relaciones complejas en el proceso de apropiación de los contenidos con su introducción en diversas áreas del conocimiento humano como procesos de informatización de la sociedad.

Esta definición de aprendizaje desarrollador en la informática representa una primera aproximación en este sentido con elementos más integradores y holísticos e involucra

todos los elementos estructurales y dinámicos de la personalidad del sujeto que se forma para el ejercicio de su profesión como informáticos. Se asume el proyecto como eje central en la formación del profesional informático y la práctica generadora de nuevas situaciones que conduzcan al desarrollo integral de la personalidad para esta situación social del desarrollo. Constituye una concepción optimista del aprendizaje de la informática porque expresa la esencia de la informática y su desarrollo como contenido a apropiarse por parte de los estudiantes.

3 Conclusiones

Considerar al aprendizaje desarrollador desde configuraciones subjetivas permite una visión más actual, holística y real del proceso de apropiación de contenidos desde la situación social de desarrollo, integrando las diversas categorías del enfoque dialéctico materialista del desarrollo de la psiquis. Se asume que el aprendizaje desarrollador es en esencia un proceso subjetivo y configuracional, por lo que se resuelven las contradicciones inherentes a las concepciones anteriores que obvian muchos de los procesos que transcurren en la realidad.

El aprendizaje de la informática como ciencia presenta particularidades y regularidades que son importantes tener en cuenta. Esta ciencia ha logrado un nivel de penetración en el resto de las ciencias que hasta el momento no se había logrado por otras. Esto conlleva a que el profesional de la informática deba apropiarse de un contenido que exprese la esencia de los sistemas. Esto se logra a través del proyecto como forma de organización en el cual se logra el desarrollo del estudiante.

La definición del aprendizaje desarrollador de la informática, tomando como base la propia definición de aprendizaje desarrollador asumida en este artículo, permite comprender las interacciones complejas que se dan en estos procesos. Al mismo tiempo, al concebir el proyecto como configuración subjetiva social, plantea retos a la didáctica de la informática y la didáctica al integrar nuevos componentes al proceso de enseñanza – aprendizaje: las organizaciones que intervienen en los procesos de informatización. Ello hace que, para el caso del proyecto, las relaciones que se establezcan entre las organizaciones y la universidad sean configuracionales.

Referencias

- [1] Williams R. A., Lessons learned on development and application of agent-based models of complex dynamical systems, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 83, pp. 201-212, 2018. DOI: 10.1016/j.simpat.2017.11.001
- [2] Worker S.M., Ouellette, K.L. and Maille, A., Redefining the concept of learning in Cooperative Extension, *J Extension*, 55, pp. 1-12, 2017.
- [3] Mei-Yao H., Tu, H.-Y., Wang, W.-Y., Chen, J.-F., Yu, and Chou, C.-C., Effects of cooperative learning and concept mapping intervention on critical thinking and basketball skills in elementary school, *Thinking Skills and Creativity*, 23, pp. 207-216, 2017. DOI: 10.1016/j.tsc.2017.01.002
- [4] Luria-Romanich, A., *Conciencia y lenguaje*, Segunda Edición. Madrid, España: Visor Libros, 1984.
- [5] Fleer M., González-Rey, F. and Veresov, N., Perezhivanie, emotions and subjectivity: Setting the stage, 1, pp. 1-15, 2017.
- [6] Cruz-Martínez M.R., Álvarez, L.L. y Pérez, Y.G., La cooperación como dimensión del aprendizaje desarrollador en la formación de los cuadros

- de la Educación Superior, Revista Infocencia, 19, pp. 24-35, 2015.
- [7] González-Polo, M. y González, L.A., Procedimientos didácticos para la dirección de un aprendizaje desarrollador, Revista Electrónica EduSol, 12, pp. 71-82, 2012.
- [8] Rouco-Albellán, Z., Díaz, L.M. y Suárez, G.S., Aprendizaje desarrollador centrado en el trabajo independiente, Universidad y Sociedad, 6, pp. 45-51, 2014.
- [9] Vygotsky, L.S., Pensamiento y lenguaje: teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. Argentina: Ediciones Fausto, 1995.
- [10] Martín-Sospedra, D.R., Estrategia de formación continua dirigida a los docentes universitarios para potenciar el aprendizaje desarrollador de los estudiantes, Revista Educação e Políticas em Debate, 3, pp. 446-464, 2014.
- [11] Rouco-Albellán Z., Lara-Díaz, L.M. and Suárez-Suárez, G., Necesidad de promover un aprendizaje desarrollador en estudiantes universitarios vinculados a la modalidad semipresencial, Pedagogía Universitaria, XIX, pp. 95-117, 2014.
- [12] Kanhime-Kasavuve, M. y González-Hernández, W., Evaluación desarrolladora de los conocimientos matemáticos para la formación de profesores de matemática en la provincia de Cuando Kubango, Angola, Didasc@lia: Didáctica y Educación, VI, pp. 91-104, 2015.
- [13] Pérez-Sosa, T. and González-Hernández, W., Enseñanza de los contenidos de econometría para aplicarlos en la solución de problemas económicos, Pedagogía Universitaria, XXII, pp. 82-93, 2017.
- [14] Llerena-Ocaña, L.-A. y González-Hernández, W., La competencia desarrollar sistemas web en la formación de los profesionales informáticos: una aproximación a su estudio, ReiDoCrea, 6, pp. 229-245, 2017.
- [15] González-Hernández, W., Transformaciones del saber sabio al saber enseñado del contenido informático, Ventana Informática, pp. 87-98, 2017.
- [16] Estévez-Arias T.M., Chicaiza, R.P. y González, W., El desarrollo de la motivación profesional en la formación de los estudiantes de periodismo con el uso de las TIC, Revista Iberoamericana de Educación, vol. VII, pp. 191-201, 2016.
- [17] Niño-Alberto P., Joel, M.G. and Eugenia, G.M., El desarrollo profesional de los profesores de la UANL en función de la personalidad, liderazgo, motivación y competencias, en: "Memoria del IX Congreso de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad", Nueva León, España, 2015.
- [18] Soriano-Ferrer M. and Morte-Soriano, M., Teacher perceptions of reading motivation in children with developmental dyslexia and average readers, in 7th International Conference on Intercultural Education "Education, Health and ICT for a Transcultural World", EDUHEM 2016, Almeria-Spain, 2017, pp. 50-56.
- [19] Vartanova, I.I., The role of motivation and system of values in the development of upper secondary school pupils' personalities, Psychology in Russia: state of the art, 7, pp. 27-38, 2014. DOI: 10.11621/pir.2014.0203
- [20] Ponce-Merino S.R., Sandra-Pibaque, M. y Barcia-Moreira, M.R., Técnicas de estudio para contribuir el aprendizaje desarrollador del idioma inglés en la educación superior, Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación, 1, pp. 1-14, 2017.
- [21] Rouco-Albellán Z., Díaz, L.M. and Suárez, G.S., Necesidad de promover el aprendizaje desarrollador en estudiantes universitarios, Universidad y Sociedad, 5, pp. 1-11, 2013.
- [22] Hernández-Infante R.C. y Infante-Miranda, M.E., Aproximación al proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollador, Unianes Episteme: Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación, 4, pp. 365-375, 2017.
- [23] Amaad-Uppal M., Ali, S. and Gulliver, S.R., Factors determining e-learning service quality, British Journal of Educational Technology, 00, pp. 1-15, 2017. DOI: 10.1111/bjet.12552.
- [24] Broström S., A dynamic learning concept in early years' education: a possible way to prevent schoolification, International Journal of Early Years Education, 25, pp. 3-15, 2017. DOI: 10.1080/09669760.2016.1270196.
- [25] Hadullo, K., Oboko, R. and Omwenga, E., Factors affecting asynchronous e-learning quality in developing countries. A qualitative pre-study of JKUAT University, International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology, 14, pp. 152-163, 2018.
- [26] García, C., Project-based learning in virtual groups - collaboration and learning outcomes in a virtual training course for teachers, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 228, pp. 100-105, 2016. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.07.015
- [27] del Cueto J.D., Dos nociones para un enfoque no escisionista de las emociones y la afectividad: Situación social del desarrollo y vivencia en Vygotsky, Perspectivas en Psicología, 12, pp. 29 - 35, 2015.
- [28] Fariñas-León G., Psicología, educación y desarrollo. La Habana-Cuba: Editorial Félix Varela, 2005.
- [29] D'Angelo-Hernández, O., Formación para el desarrollo de proyectos de vida reflexivos y creativos en los campos social y profesional, Revista Creemos Internacional, 5, pp. 1-25, 2015.
- [30] González-Rey, F., La personalidad y su importancia en la educación, Educación y Ciencia, 1, pp. 25-29, 1991.
- [31] González-Rey, F., Problemas epistemológicos de la Psicología. La Habana: Editorial Academia, 1996.
- [32] D'Angelo-Hernández, O., Proyecto de vida y desarrollo integral humano, Revista Internacional Creemos, 6, pp. 1-31, 2003.
- [33] D'Angelo-Hernández, O., Proyecto de vida como categoría básica de interpretación de la identidad individual y social, Revista Cubana de Psicología, 17, pp. 270-276, 2004.
- [34] González-Rey, F.L., Mitjans-Martínez, A. and Bezerra, M., Psicología en la educación: implicaciones de la subjetividad en una perspectiva cultural-histórica, Revista Puertorriqueña de Psicología, 27, pp. 260-274, 2016.
- [35] González-Rey, F.L., Subjetividad, cultura e investigación cualitativa en psicología: la ciencia como producción culturalmente situada, Liminales. Escritos sobre psicología y sociedad, 1, pp. 13-36, 2017.
- [36] González-Rey, F., Mitjans-Martínez, A., Rossato, M. and Magalhães-Goulart, D., The relevance of the concept of subjective configuration in discussing human development, in: Perezhivanie, emotions and subjectivity, 1, Springer, Ed., ed Singapore, 2017, pp. 217-243.
- [37] González-Rey, F., The topic of subjectivity in psychology: contradictions, paths and new alternatives, Journal for the Theory of Social Behaviour, 47, pp. 502-521, 2017. DOI: 10.1111/jtsb.12144
- [38] González-Rey, F., La subjetividad en una perspectiva cultural- histórica: avanzando sobre un legado inconcluso, CS, pp. 19-42, 2013.
- [39] de Abreu-Dobrąnszky, I. and González-Rey, F.L., A produção de sentidos subjetivos e as configurações subjetivas na especialização esportiva., Revista Brasileira de Psicologia do Esporte, 2, pp. 1-18, 2018.
- [40] Saraiva, G.R., Família e produção de subjetividade: o caos, o múltiplo e o mutável pela via da imanência, Pretextos - Revista da Graduação em Psicologia da PUC Minas, 2, pp. 236-254, 2017. DOI: 10.11621/pir.2016.0414
- [41] González-Rey, F., A pesquisa e o tema da subjetividade em educação, Psicologia da Educação, pp. 1-6, 2017.
- [42] Magalhães-Goulart, D., Educação, saúde mental e desenvolvimento subjetivo: da patologização da vida à ética do sujeito, Tesis Dr., Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2017.
- [43] Mukhopadhyay, A., Mechanism of intuition, Current Opinions in Neurological Science, 2, pp. 356-361, 2018.
- [44] Endress, T. and Gear, T., Deliberated Intuition for groups: an Explanatory model for crowd predictions in the domain of stock-price forecasting, in: Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences 2018, Manoa, Hawaii, 2018.
- [45] Koksvik, O., The phenomenology of intuition, Philosophy Compass, 12, pp. 1-11, 2017. DOI: 10.1111/phc3.12387
- [46] Patiño-Torres, J.F. and Goulart, D.-M., Epistemología cualitativa y el estudio de la subjetividad en una aproximación cultural-histórica, Investigación Qualitativa em Saúde, 2, pp. 1303-1312, 2017.
- [47] González-Rey, F. and Patiño-Torres, J.F., La epistemología cualitativa y el estudio de la subjetividad en una perspectiva cultural-histórica. Conversación con Fernando González-Rey, Revista de Estudios Sociales No.35, 60, pp. 120-127, 2017.
- [48] Maldonado, C.E., ¿Qué es un sistema complejo?, Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia, 14, pp. 71-93, 2014.
- [49] Maldonado, C.E., Significado e impacto de las ciencias de la complejidad. Bogotá, Colombia: Ediciones desde Abajo, 2016.
- [50] González-Hernández, W., Detection of potentially creative students for informatics activities, International Journal of Engineering Education, 6, pp. 80-84, 2016. DOI: 10.3991/ijep.v6i1.5156
- [51] González-Hernández, W., La intuición informática: un acercamiento a su estudio, Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, 3, pp. 99-109, 2015. DOI: 10.21017/rimci.2016.v3.n5.a9
- [52] González-Hernández, W., Intuition as part of informatics creativity, International Journal of Engineering Education, 3, pp. 4-10, 2013. DOI:

- 10.3991/ijep.v3i3.2521
- [53] Sinclair, M. and Ashkanasy, N.M., *Intuition, Management Learning*, 36, pp. 353-370, 2016. DOI: 10.1177/13505076055055351
- [54] González-Hernández, W., *La integración de enfoques de enseñanza como vía para elevar la motivación por la estimación de proyectos de software en estudiantes de Ingeniería Informática*, *ReiDoCrea*, vol. 5, pp. 78-89, 2016.
- [55] González-Hernández, W., *Creativity development in informatics teaching using the project focus*, *International Journal of Engineering Pedagogy*, 3, pp. 63-70, 2013. DOI: 10.3991/ijep.v3i1.2342
- [56] González-Hernández, W., *La enseñanza de la informática: una visión desde la creatividad*. Madrid-España: Editorial Académica Española, 2015.
- [57] González-Hernández, W., *Apuntes sobre didáctica de la informática*. Ciudad de la Habana: Editorial Universitaria, 2015.
- [58] Ašeriškis D. and Damaševičius, R., *Gamification of a project management system*, in: *The Seventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, New York, USA, 2014.
- [59] De-La-Peña-Álvarez, C. y Bernabéu-Brotóns, E., *Dislexia y discalculia: una revisión sistemática actual desde la neurogenética*, *Universitas Psychologica*, 17, pp. 1-11, 2018. DOI: 10.11144/Javeriana.upsy17-3.ddrs
- [60] Wang, H. and Li, S., *General systems theory and systems engineering*, in *Introduction to Social Systems Engineering*, Ed Singapore: Springer Nature Singapore, 2018, pp. 31-83.
- [61] Kaspers, K., *Assessing effectiveness of agile software development teams using complex adaptive systems theory*, MSc. Thesis, Faculty Management, Science & Technology, Open Universiteit, 2018.
- [62] Estévez-Arias, T.-M., Medina-Chicaiza, R.-P., González-Hernández, W. and Amaro, L.E., *El desarrollo de la motivación profesional en la formación de los estudiantes de periodismo con el uso de las TIC*, *Revista Iberoamericana de Educación*, VII, pp. 191-201, 2016.
- [63] Cabero-Almenara, J., Muñoz, M.L., Zamorano, I.V. y Riveros, S.M., *Percepciones de profesores y estudiantes de la formación virtual y de las herramientas en ellas utilizadas*, *Revista Diálogo Educativo*, 18, 2018. DOI: /10.7213/1981-416X.18.056.DS07
- [64] Blasco-Serrano, A.C., Lacruz, J.L. y Sarsa, J., *Percepción de los estudiantes al 'invertir la clase' mediante el uso de redes sociales y sistemas de respuesta inmediata*, *RED. Revista de Educación a Distancia*, 57, pp. 1-19, 2018. DOI: 10.6018/red/57/6
- [65] Álvarez-Sayas, C.M., *Hacia una escuela de excelencia*. Ciudad de la Habana-Cuba: Editorial Academia, 1995.
- [66] Álvarez-Sayas, C.M., *La escuela en la vida (Didáctica)*. La Habana-Cuba: Editorial Pueblo y Educación, 1999.
- [67] Alonso-Amador, C.E. and Rodríguez, S.T., *Estudio de caso: evaluación curricular interna de la licenciatura en educación abierta y a distancia de la Universidad de Guadalajara*, *Debates en Evaluación y Currículum*, 2, pp. 3368-3376, 2017.
- [68] González-Hernández, W., *El diseño curricular de las asignaturas propias y optativas en la carrera Licenciatura en Educación Especialidad Informática*, *Revista Publicando*, 3, pp. 196-217, 2016.
- [69] Vera, J.C., *Algunas reflexiones en torno al perfeccionamiento del diseño curricular de la carrera de ingeniería en sistemas de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí*, *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 3, pp. 151 - 161, 2015.

W. González-Hernández, recibió el título de Lic. en Educación Especialidad de Matemática y Computación en el año 1995, de MSc. en Didáctica Mención Didáctica de la Matemática en 2003, en la Universidad Pedagógica Juan Marinello y de Dr. en Ciencias Pedagógicas en 2004 en la Universidad Pedagógica Enrique José Varona. De 1995 al 2001 trabajó como profesor de informática en la Universidad Pedagógica Juan Marinello. Se vinculó a la Universidad de Matanzas en el año 2001 hasta la fecha. En el año 2009 fue coordinador del Laboratorio de Tecnologías en la Educación de la universidad y desde el año 2014 es el coordinador de la Carrera Licenciatura en Educación Especialidad Informática en el Departamento de Informática. Sus intereses investigativos incluyen: enseñanza de la informática, enseñanza a distancia, creatividad en la informática y diseño curricular del ingeniero informático.
ORCID: 0000-0001-8974-3721

Modelo analítico para acreditación de alta calidad en programas de ingeniería, una experiencia en la Unipamplona

Elkin G. Flórez-S.^a, Gonzalo Guillermo Moreno^a y Raquel I. Laguado-R.^b

^a Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia. eflorez@unipamplona.edu.co, gmoren@unipamplona.edu.co

^b Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. raquell@ufps.edu.co

Resumen— La Acreditación de Alta Calidad es el reconocimiento que realiza el Estado Colombiano, tanto a las instituciones que hacen parte del sistema universitario estatal, como a sus programas de pregrado y postgrado. Este reconocimiento permite a los programas demostrar los niveles de calidad educativa ofrecidos a la sociedad, a partir de los requerimientos actuales y futuros del país en distintas áreas, específicamente en los programas de ingeniería, estos últimos, objeto de estudio en el presente trabajo. Por lo tanto, el presente artículo se enfoca en dar a conocer un modelo que permita a los programas de ingeniería en Colombia afrontar el proceso de autoevaluación con fines de acreditación de una forma simplificada, donde se identifican claramente las fases o etapas de dicho proceso. Dicho modelo se describe en forma gráfica, permitiendo a los directivos, profesores, administrativos y estudiantes entender y apropiarse rápidamente el tema de autoevaluación y acreditación. Finalmente, se describe un modelo por proyectos para la implementación del plan de mejoramiento.

Palabras Clave— modelo de acreditación; programas de ingeniería; calidad.

Recibido: X de septiembre de 20xx. Revisado: 1 de noviembre de 20xx.
Aceptado: xx de noviembre de 20xx.

Analytical model for high quality accreditation in engineering programs, an experience at the Unipamplona

Abstract— The High Quality Accreditation is the recognition made by the Colombian State, both, the institutions that are part of the state university education system, as well as to its undergraduate and graduate programs. This acknowledgment allows the Universities and its programs to demonstrate the levels of quality offered to the society, from the continuous concern to supply the current and future requirements of the country in different areas, specifically in the engineering programs, which is the subject discussed in this work. Therefore, this article deal with a model that allows engineering programs in Colombia to approach the auto-evaluation process for accreditation purposes in a simplified manner, where the phases or stages of this process are clearly identified. This model is described in graphic form, allowing professors, students and administrators to understand quickly and appropriate the subject of auto-evaluation and accreditation. Finally, the implementation of an improvement plan is described, based on projects.

Keywords— accreditation model; engineering programs.

1 Introducción

La Universidad siempre ha buscado ratificar la pertinencia de su misión encontrando mecanismos y estrategias que le permitan dar un nuevo perfil a sus principales funciones: la formación profesional (Academia), la generación de

conocimiento (Investigación) y la interacción con su entorno (Interacción Social). En cuanto a la primera, los nuevos esfuerzos deberán orientarse a la formación de analistas simbólicos, dotados de una estructura cognitiva a la vez sólida y flexible, que puedan desempeñarse con soltura en el proceso continuo de aprender y desaprender constantemente, siempre con la mente puesta en el respeto por nuestro planeta, en un mundo de códigos cambiantes. Frente a la segunda, y a sabiendas de las múltiples fuentes generadoras de conocimiento en el mundo de hoy, la Universidad deberá ratificar su vocación crítica respondiendo, por un lado, a las necesidades y demandas de su entorno social y productivo, y por el otro, a las necesidades más universales de la humanización. Finalmente, en la tercera función, el conocimiento no sólo debe alimentar la modernización tecnológica, sino que también debe aportar a un desarrollo evolutivo de la sociedad en el sentido ético, político y ambiental [1].

En el caso de los programas de ingeniería, al igual que cualquier otro programa de las distintas áreas del conocimiento, la expansión, diversificación, y privatización de la educación superior en todo el mundo, sin importar su nivel de desarrollo, ha generado una gran preocupación por la calidad de los procesos y los resultados de la educación superior. Es así que, en muchos países se adelantan iniciativas propias para evaluar la calidad de su oferta en educación superior, a partir de los criterios que estipula el muy mencionado Sistema de Acreditación.

La acreditación de los programas de ingeniería tiene una larga tradición dentro del mundo académico. Se puede decir que comienza a finales de la década de los años treinta cuando en Estados Unidos de América (EE.UU.) se conforma el Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional (ECPD) y evalúa el primer programa de grado de ingeniería. En 1980 el ECPD se convertiría en el Consejo Norteamericano de Ingeniería y Tecnología (ABET). Además de EE.UU., países como Canadá y el Reino Unido han trabajado desde hace tiempo en la acreditación de programas de ingeniería. En Canadá, el Consejo Canadiense de Acreditación en Ingeniería (CEAB) fue establecido por el Consejo Canadiense de Ingenieros Profesionales (CCPE) en 1965. Se dedica a acreditar los

Como citar este artículo: Flórez-S., E.G., Moreno, G.G. and Laguado-R., R.I., Modelo analítico para acreditación de alta calidad en programas de ingeniería, una experiencia en la Unipamplona. *Educación en Ingeniería*, 14(27), pp. 116-121, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

programas de enseñanza en ingeniería, de acuerdo con los requisitos académicos necesarios para ser ingeniero profesional en Canadá. En el Reino Unido el Consejo de Ingeniería (ECUK) es el organismo encargado de desarrollar esta labor desde 1982. Lo propio ha hecho otros países como Alemania, Francia, Corea del Sur, entre otros [2]. En Colombia el Sistema Nacional de Acreditación nace a partir de la Ley 30 de 1992, en su Capítulo V, específicamente, el Artículo 53, que reza: “*Créase el Sistema Nacional de Acreditación para las instituciones de Educación Superior cuyo objetivo fundamental es garantizar a la sociedad que las instituciones que hacen parte del Sistema cumplen los más altos requisitos de calidad y que realizan sus propósitos y objetivos*”.

Aunque allí se define, qué la acreditación es un procedimiento voluntario, también es cierto que el Estado ha venido dando prerrogativas a aquellas Instituciones de Educación Superior (IES) que cuentan con la Acreditación de Alta Calidad como una forma de premiarlas e impulsar a las no acreditadas a obtener el objetivo. Un ejemplo de ello es la política de “Ser Pilo Paga”, la cual utiliza el Estado para apoyar estudiantes en su formación profesional, en las IES que cuenten con Acreditación de Alta Calidad, sin importar que estas sean públicas o privadas. Con estas últimas existe un debate en lo relacionado al desvío de los recursos públicos hacia el sector privado. Además, ha existido senda normatividad encaminada a direccionar los procesos de calidad en la Educación Superior, como parte de la regulación del sistema en función de las exigencias del momento, específicamente con los programas profesionales de pregrado, algunas de estas son: el Decreto 2556 del 10 de septiembre de 2003, la Resolución 2773 de 2003; específicamente para programas de pregrado de ingeniería, la Ley 1188 del 25 de abril de 2008, la cual fue reglamentada por el Decreto 1295 de 2010, en lo relacionado con el Registro Calificado de programas académicos de la Educación Superior. Todo lo anterior, y otros temas relacionados con el sector educación en el País, fueron compilados en un Decreto único, el Decreto 1075 del 26 de mayo de 2015. Esto demuestra que el Estado colombiano mantiene, a través del ministerio de educación, una dinámica constante de evolución hacia la normatividad que mejor se ajuste al sistema de educación con el fin de aumentar los niveles de calidad.

Tanto en Ley 30, como en la demás normatividad existente, se le impulsa a las IES a realizar procesos de “autoevaluación” en forma permanente, es en este proceso, donde a criterio del propio autor, la gran mayoría de las IES en Colombia presentan falencias, tanto por la falta de compromiso en su desarrollo, como por la falta de conocimiento del proceso mismo. Un ejemplo de ello es, que se tiene la equivocada percepción en las Instituciones, de creer que una oficina, en muchos casos llamada “de acreditación institucional”, es la encargada de acreditar los programas y la institución misma. Cuando en realidad dichas oficinas solo pueden ser un apoyo administrativo a los procesos de autoevaluación que se deben adelantar a todos los niveles dentro de la Organización.

Por ello nada más importante que entender ¿Qué es Acreditación?, pregunta que pocos responden antes de iniciar

sus procesos en busca de la misma y donde se asume solo el cumplimiento de unos ciertos estándares o requisitos impuestos, en el caso de Colombia, por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA), en concordancia con el Ministerio de Educación.

Según la Real Academia Española; Acreditación: *Documento que acredita la condición de una persona y su facultad para desempeñar determinada actividad o cargo* [3].

Según, el CNA; **Acreditación:** *proceso mediante el cual una institución o programa educativo obtiene un reconocimiento de alta calidad.*

La Acreditación de Alta Calidad se fundamenta en la cultura de la Autoevaluación como base central del proceso, además, este proceso consta de dos etapas, que no son excluyentes entre sí, sino que por el contrario se complementan. En la primera etapa, que es de carácter obligatorio, los programas deben validar el cumplimiento de unos estándares mínimos de calidad. Por otra parte, para la segunda etapa, que es voluntaria, los programas, demostrando altos niveles de calidad, pueden acceder a la obtención de una Acreditación de Alta Calidad.

De forma ingenieril podemos decir que la primera etapa permite validar si el programa a ofertar cumple con las condiciones mínimas de calidad, establecidas en el Artículo 5 del Decreto 1295 del 2010. Dicha validación se refleja mediante la obtención del “Registro Calificado”. Éste es concedido por el Ministerio de Educación Nacional, con la expedición de senda Resolución, que autoriza a la IES para ofertar el programa a la sociedad, durante un número definido de años, generalmente siete años. Lo anterior según recomendación de la Comisión Nacional Intersectorial para el Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CONACES). Esta última encargada de verificar in situ dichas condiciones, mediante el apoyo de los respectivos pares académicos, quienes deben tener la experiencia y el conocimiento relacionado con el programa y el proceso. Los programas que no cumplen dichos estándares mínimos no podrán ser ofertados por la IES.

Obtenido el Registro calificado, la segunda etapa del proceso se enfoca en obtener el reconocimiento de Alta Calidad, para ello es indispensable, a priori, que la IES que solicita la Acreditación del Programa cumpla las condiciones iniciales para ingresar al Sistema Nacional de Acreditación, establecidas en el Artículo 3 del Acuerdo 02 de 2012 del Consejo Nacional de Educación Superior (CESU). De igual forma en el Artículo 4 de dicho Acuerdo, se describe el procedimiento para la apreciación de dichas condiciones iniciales.

Actualmente, según el Consejo Nacional de Acreditación [4], a diciembre de 2016 existían 896 programas de pregrado con el sello de Acreditación de Alta Calidad, y clasificados por área de conocimiento como lo muestra la Tabla 1. En esta tabla se puede observar que la mayor parte de programas acreditados pertenecen al área de las ingenierías con un 34.4% del total de programas acreditados. Pero es importante aclarar que el 72.2% de estos programas se concentran en 5 ciudades capitales, Bogotá con un 33.1%, Medellín con un 18.5%, Cali con un 9.3%, Bucaramanga con un 5.8% y Barranquilla con un 5.5%. Esto es muestra que los programas de pregrado de las Universidades de provincia no están coordinadas con los procesos de acreditación que se adelantan a nivel nacional.

Tabla 1.

Programas acreditados en Colombia a julio de 2018, por área de conocimiento.

Área de conocimiento	Nº Programas
Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo y afines	308
Economía, Administración, Contaduría y afines	148
Ciencias sociales, derecho, ciencias políticas	139
Ciencias de la Educación	99
Ciencias de la Salud	94
Matemáticas y Ciencias Naturales	40
Bellas Artes	28
Agronomía, Veterinaria y Afines	22
Humanidades y Ciencias Religiosas	18
Total:	856

Fuente: SNIES

En resumen la acreditación destaca dos aspectos; el primero es la evaluación propiamente dicha, en el cual intervienen la institución, las comunidades académicas y el CNA, donde la Institución realiza un análisis detallado (autoevaluación) de sus fortalezas y oportunidades de mejora con la participación activa de todos sus estamentos, para luego ser validada, dicha autoevaluación, por pares externos del CNA. El segundo aspecto, es el reconocimiento a través de un “documento”, que da el Estado sobre la calidad de un Programa o Institución, con base a los conceptos emitidos por los pares externos y la recomendación del CNA. Es claro que de los dos aspectos anteriores, el primero es la razón de ser la calidad de los programas e IES. Pero parece ser que las directivas de la mayoría de IES regionales, no tienen claro esto, y por el contrario consideran más **obtener el reconocimiento “el papel” a cualquier costo**, cuando en realidad lo más importante, es demostrar que se cuenta con las condiciones necesarias para desempeñar la actividad de generar e impartir conocimiento con altos niveles de calidad.

2 El concepto de la calidad en la educación superior

Para algunos autores [5-7], el concepto de calidad es variado y cada uno presenta su respectiva apreciación o definición, aunque todos ellos coinciden en afirmar que la calidad es un concepto relativo y en los últimos tiempos muy evolutivo, que es afectado por múltiples factores, entre los que se encuentran: la globalización, las condiciones mínimas de calidad en función del proceso que la apropia, la transformación de la sociedad, entre otras. Lo anterior lleva a que autores como [8-10], concluyan que falta un consenso en torno al significado de la calidad.

En Colombia el Ministerio de Educación Nacional, mediante el contrato MEN-0288 de 2013, que tuvo como principal objetivo diseñar un “modelo de aseguramiento interno de la calidad para las instituciones de educación superior en el marco del mejoramiento continuo de la calidad de la educación superior en Colombia”, se construyó un completo estado del arte sobre modelos internos de aseguramiento de la calidad de la educación superior, y en lo relacionado con la calidad se distinguieron siete concepciones, siendo estas:

1. Calidad entendida como excelencia o excepcionalidad
2. Calidad entendida como perfección (cero errores)
3. Calidad entendida como cumplimiento o congruencia con el propósito institucional

4. Calidad entendida como transformación del estudiante
5. Calidad entendida como “cota mínima”
6. Calidad entendida como “justiprecio” (valor contra costo)
7. Calidad entendida como mejoramiento continuo

Cada una de estas concepciones están explicadas en dicho documento y permiten dar luz a quienes abordan el liderazgo de sus programas en las IES, para determinar cuál de estas se ajusta al proceso que se quiere enfrentar, para los autores siempre deben tenerse en cuenta las concepciones 3, 4, 5 y 7.

En medio de disparidades conceptuales, la noción de calidad que se asuma probablemente va a depender de la fuente consultada, de los marcos de referencia y los propósitos para estudiarla. Esta variedad de enfoques y aproximaciones hace difícil definir operativamente y medir el impacto de los procesos de aseguramiento de la calidad sobre los sistemas y las instituciones de educación superior, dificultando la generación de evidencia que sitúe las experiencias en un plano común de comparación [11]. Es claro que la calidad no puede definirse sin la existencia de parámetros de referencia que permitan evaluarla.

Freire y Teijeiro en [12] comentan que la acreditación como forma de evaluación de la calidad en las universidades existe desde hace más de 30 años y es el método más empleado para evaluar la garantía de calidad. Surge como mecanismo para afrontar la evaluación institucional y como consecuencia de la búsqueda del buen funcionamiento de la institución. Los autores señalan que concurren esencialmente dos formas de acreditación, la primera basada en el modelo de acreditación institucional, en donde se evalúa la institución completa (prácticas docentes, administrativas, evaluación de los estudiantes e instalaciones, entre otras), y la acreditación especializada que se centra en la evaluación de los programas educativos. Este modelo es el empleado por Colombia a través del CNA.

3 Modelo de calidad para programas de ingeniería

Abordado el concepto de calidad, se investigó el carácter cualitativo de las problemáticas relacionadas con la acreditación de programas en una Universidad de provincia, como lo es la Universidad de Pamplona. Lo anterior a partir de sus experiencias en el acompañamiento a distintos programas de la misma Universidad, en sus procesos de obtención del reconocimiento de la alta calidad. A partir de dichas experiencias se proponen esquemas sencillos que permitan al lector interpretar ingenierilmente como abordar la calidad en los programas de educación superior, específicamente los grados de ingeniería.

Es importante tener en cuenta al iniciar los procesos de acreditación que en su mayoría, la metodología y el modelo de acreditación de las IES tiende a enfocarse demasiado en los procesos administrativos, según Buendía, 2011b y Rangel, 2010, citados por Martínez et. al, en [13], pero según Salas en [14] se ha descuidado la evaluación del desempeño en la formación de profesionales y el cambio social. Por lo tanto, en el caso de los procesos de acreditación de alta calidad que se inician en los programas de ingeniería, requiere que todos los actores (docentes, estudiantes y administrativos) identifiquen y

apropien; el modelo de calidad establecido por los actores del Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (SACES) y sus componentes como se muestra en la Fig. 1. El modelo existente en su propia IES y, si existe, el modelo que el mismo programa ha definido. Todos estos modelos encaminados a cumplir las metas establecidas en cada uno de los niveles, desde el Estado hasta los objetivos propios del programa académico.

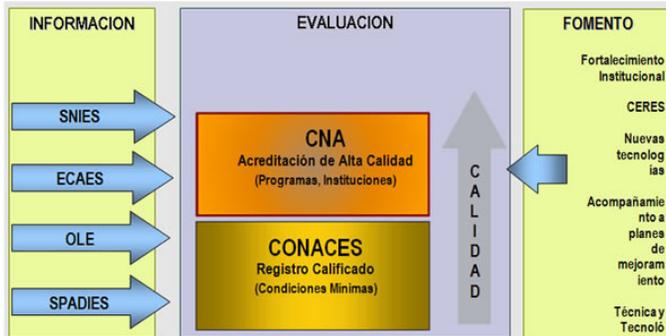


Figura 1: Componentes del Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior
Fuente: CNA [15]

Hay que ser enfáticos en que, aunque existe la autonomía en la educación superior, las IES deben aportar al cumplimiento de los objetivos y metas del Estado, sin afectar sus propios objetivos y misión. En igual sentido los programas aportan a sus IES en dicho cumplimiento.

Normalmente, en los programas de pregrado de las Universidades de provincia se inicia el proceso de acreditación de alta calidad, con el desconocimiento del punto de partida y la meta a lograr, ello lleva a que gran parte de las actividades desarrolladas sean ineficaces. Lo anterior exige que exista una mínima información de las condiciones del programa, contar con herramientas que permitan identificar las principales variables del programa, tal como a nivel nacional lo hacen el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), Exámenes de Calidad de la Educación Superior (ECAES), Observatorio Laboral para la Educación (OLE), Sistema de Prevención y Análisis de Deserción en las IES (SPADIES), como se muestra en la Fig. 1. Para ellos se hace necesario identificar la línea base del programa, es decir el estado actual del mismo. Lo anterior teniendo como punto de partida los estándares mínimos de calidad, el cual previamente o al inicio de funcionamiento del programa deben ser cumplidos.

Al iniciar el proceso de autoevaluación con fines de acreditación, toda la comunidad académica debe tener claro los objetivos, la misión y la visión del programa. Estos, normalmente, quedan plasmados en el Proyecto Educativo de Programa (PEP), documento que es reconocido como la carta de navegación en busca del mejoramiento continuo, que además debe ser plasmado con visión prospectiva permitiendo definir metas a corto, mediano y largo alcance.

3.1 Modelo de condiciones mínimas de calidad

Tal como se mencionó anteriormente, la acreditación comprende dos etapas complementarias, la primera; la

obtención del registro calificado, que es de carácter obligatorio, debe entenderse como la condición mínima de calidad que ha sido definida por el Estado, en sus respectivas normas. La Fig. 2 muestra la interpretación que hacen los autores de dicho proceso. Allí se puede apreciar que en la abscisa se define un valor mínimo de calidad que debe cumplir el programa para ser ofertado. Cumplida la condición mínima de calidad, la comunidad académico-administrativa del programa debe tener claro que dichas condiciones no pueden disminuirse y por el contrario se debe fomentar el aumento de estas condiciones. Para ello se hace importante que el Programa aborde sus procesos de autoevaluación como soporte de dicho cumplimiento y NO como un requisito ambiguo exigido por el Ministerio de Educación, a través del CONACES. Aunque la norma (Decretos 1295 de 2010 y/o 1075 de 2015) tiene en cuenta la autoevaluación como una condición institucional, el programa no puede ser ajeno a dicho proceso y debe aunar los esfuerzos necesarios para que el mismo sea eficiente y eficaz. Lo anterior teniendo en cuenta que las IES de provincia en su mayoría piensan en solo acreditar los programas, sin un proceso institucional serio y de liderazgo, para poder cumplir con la exigencia o lineamientos del Ministerio de Educación Nacional para la acreditación institucional, como el actual Acuerdo 03 de 2017 del CESU.

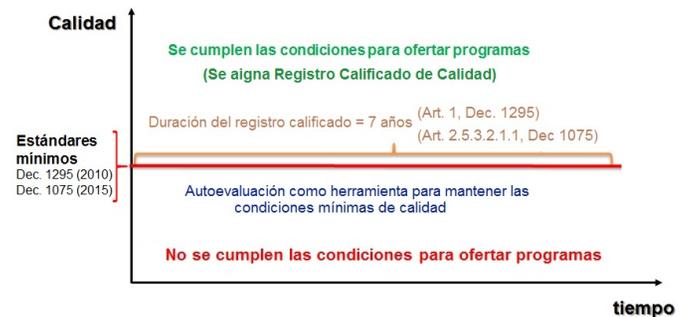


Figura 2. Esquema de condiciones mínimas de calidad en los programas universitarios.
Fuente: Autores

Los programas de pregrado y primordialmente las administraciones, deben tener claro que al iniciar o pretender mantener en funcionamiento un programa, está implícita la condición financiera que éste exige, apropiando los recursos necesarios para su operación. Estos no pueden quedar solo plasmados en un documento, sino que la Institución debe incluir en sus planes de desarrollo los rubros necesarios para un funcionamiento de calidad del mismo. Además, en el modelo plasmado en la Fig. 2, se aprecia que las condiciones mínimas de calidad son constantes en el tiempo, esto hace que los esfuerzos financieros no tengan gran variación en su planificación.

3.2 Modelo de acreditación de alta calidad para programas de ingeniería

En Colombia, a diferencia de los países antes mencionados donde se cuenta con un organismo específico encargado de la acreditación de los programas de ingeniería, la acreditación de

estos, al igual que el resto de carreras profesionales, se encuentra a cargo del CNA, organismo que coordina y recomienda al Ministerio de Educación si un programa, después de contar con registro calificado, es merecedor del sello de calidad.

Para los programas de ingeniería, al igual que la mayoría de programas de pregrado, después de cumplidas las condiciones mínimas de calidad, el programa puede abordar el proceso para obtener la Acreditación de Alta Calidad, siempre y cuando la IES y el programa mismo, cuenten con las condiciones iniciales para ingresar al Sistema Nacional de Acreditación, establecidas en el Acuerdo 02 del 2012 del CESU.

El modelo propuesto por los autores, parte de un reconocimiento del cumplimiento de los estándares mínimos de calidad y del desarrollo de un PEP, donde se han planteado unos objetivos de calidad, que permitan cumplir una Misión, que a su vez está enfocada a cumplirle al desarrollo sostenible de la sociedad y aportar el cumplimiento de la Misión y al PEI de la Universidad. De igual forma, del compromiso de estar realizando procedimientos de autoevaluación serios y con miras a un mejoramiento continuo, y NO como un requisito más del proceso de acreditación de alta calidad.

La Fig. 3 muestra lo que para los autores es el ciclo al interior del programa, que le permite abordar la primera etapa del proceso; la Autoevaluación y el Plan de mejoramiento, con claridad y ajustado a las condiciones reales del programa. Es claro que en el modelo propuesto, se hace indispensable la construcción de un PEP, documento que está plasmado para ser la ruta de navegación en el tiempo del Programa, y donde se define la forma y tiempo en el que se aumentara la calidad del programa ofertado. Dicho aumento se puede representar en función de la pendiente de la recta que describe el PEP (color verde), el cual, cumplidas las condiciones mínimas de calidad, punto de partida de dicha recta, debe plantearse bajo un claro fundamento técnico y financiero, que permita cumplir las metas de dicho PEP. Aunque la pendiente del PEP es definida inicialmente (ángulo θ), después de obtener los resultados de cada autoevaluación, en promedio cada 2 a 3 años, dicho ángulo puede variar (ángulos α , γ) en función de dos factores principalmente; 1. lo sesgado que haya estado el PEP en la búsqueda de la calidad a futuro y 2. las condiciones financieras del programa.

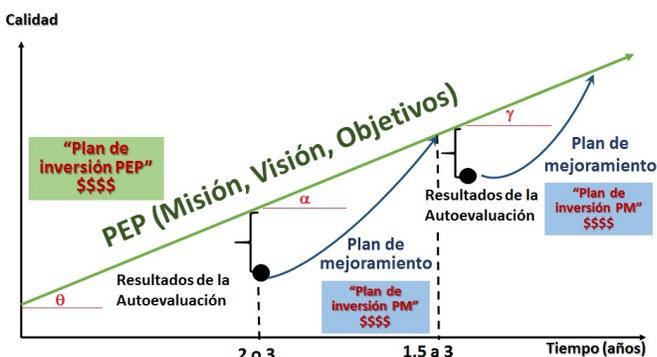


Figura 3. Modelo de autoevaluación para obtener la acreditación de alta calidad Fuente: Autores

En el modelo planteado se hace evidente que el Plan de Mejoramiento tiene como soporte los resultados de la autoevaluación. Y es éste plan el que permite retomar la línea de ruta planteada en el PEP o en su defecto ajustar el PEP a las condiciones dinámicas de nuestros tiempos, sin afectar las condiciones de alta calidad.

Para los autores, el Plan de Mejoramiento debe ser ejecutado como un conjunto de proyectos donde se definen objetivos y sus respectivas actividades. Estas últimas con indicadores que permitan valorar el grado de cumplimiento de las mismas en el tiempo, que para efectos prácticos debe ser máximo hasta el inicio de la siguiente autoevaluación. Los proyectos deben estar definidos en función de las oportunidades de mejora que resultan de la Autoevaluación de los factores, establecidos por el CNA o aquellos que estipula la institución y el programa, el cual deben ser acordes con el PEP y el PEI y los respectivos planes de desarrollo. La Fig. 4 muestra un esquema del planteamiento del último Plan de Mejoramiento del programa de ingeniería mecánica de la Universidad de Pamplona, donde se apropiaron 9 proyectos, los cuales se definieron en función de los 10 factores planteados por el CNA y apropiados por la Universidad y el Programa. Allí se aprecian 9 proyectos, dado que el Comité de Autoevaluación del programa de ingeniería mecánica decidió ejecutar un solo proyecto (proyecto 9) para dos factores (la Organización, administración y gestión y los Recursos físicos y financieros) teniendo en cuenta que en la Universidad de Pamplona, estas dos condiciones están centralizadas y no dan margen de operación programa.



Figura 4. Modelo por proyectos de un Plan de Mejoramiento Fuente: Autores

Este modelo por proyectos permite identificar con alto grado de exactitud los recursos financieros para su ejecución. Además, al contar con indicadores de seguimiento en cada proyecto, se cuenta la herramienta necesaria para determinar el grado de avance de cada proyecto.

4 Conclusiones

Se ha revisado la literatura relacionada con acreditación de programas de ingeniería, como soporte del proceso que se adelanta en las Universidades de provincia, específicamente el caso de la Universidad de Pamplona.

Los programas de Universidades de Provincia, generalmente no son acreditados por la falta de conocimiento de las directivas, quienes solo buscan cumplir con el requisito en cuanto al porcentaje de programas acreditados, en función de los acreditables, establecido por las normas de turno. Esto ha

llevado a que los esfuerzos de las IES no se vean compensados, dado que cada cierto tiempo, este requisito es más exigente por parte del Gobierno, a través del Ministerio de Educación.

La comunidad académica de los programas que buscan la acreditación de alta calidad, en términos generales, no conoce la normatividad, ni el fin de la autoevaluación, ya que al igual que las directivas de las IES, solo importa el reconocimiento “el papel”.

Se hace necesario que los programas de ingeniería que abordan sus procesos de acreditación de alta calidad, tengan claro que la autoevaluación es un principio de funcionamiento y un proceso inherente a la oferta académica en los tiempos actuales, ya que la dinámica de la economía mundial y la globalización no le permite a estos mantenerse estáticos en el tiempo, so pena de quedar relegados y desaparecer.

Al ser la ingeniería una rama ligada al desarrollo de proyectos, es esta metodología (proyectos) la indicada para que el proceso de autoevaluación y los respectivos planes de mejoramiento alcancen los objetivos que la sociedad en general requiere y demanda de los programas de ingeniería.

E.G. Flórez-Serrano, es Ing. Mecánico de la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia (1997), MSc. en Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes, Colombia (2000) y Dr. en Ingeniería Mecánica, Fluidos y Aeronáutica de la Universidad Politécnica de Cataluña, España (2010). En la actualidad el Ing. Flórez es docente titular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Pamplona, Colombia, y actúa en las siguientes áreas: Termofluidos y Energías, Vibraciones mecánicas.
ORCID: 0000-0002-3431-146X

G.G. Moreno-Contreras, es Ing. Mecánico de la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia (1999), MSc. en Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes, Colombia (2004) y Dr. en Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil (2017). En la actualidad el Ing. Moreno es docente titular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Pamplona, Colombia, y actúa en las siguientes áreas: estática y dinámica de sistemas mecánicos con énfasis en diseño de mecanismos.
ORCID: 0000-0003-3617-1381

R.I. Laguado-Ramírez, es Ing. Industrial de la Universidad de Santander (2005), MSc. en Organización Industrial de la Universidad Rovira i Virgili, Tarragona, España (2008). Actualmente, directora del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta-Norte de Santander, Colombia. Profesora asistente en el mismo programa en las áreas de Organización y Costos.
ORCID: 0000-0001-6536-4532

Referencias

- [1] Varelo, A.R., Hacia un modelo de aseguramiento de la calidad en la educación superior en Colombia: estándares básicos y acreditación de excelencia. Educación superior, calidad y acreditación. CNA. Alfa Omega Colombiana. Bogotá, 2003.
- [2] Álvarez-del Castillo, J., y Cruz López, Y., Contribución especial I. 1: acreditación de programas de ingeniería, 2007.
- [3] Rae, R.A.E. Diccionario de la lengua española. [en línea]. 22 Edición. Disponible en: <http://www.rae.es/rae.html>. 2001.
- [4] Boletín Estadístico CNA, Cifras del sistema nacional de acreditación 2016, Bogotá, Marzo de 2017.
- [5] Salazar, J.M. y Caillón, A., Modelos de aseguramiento de la calidad en la educación superior; El aseguramiento externo de la calidad en la educación superior (No. 378.83), 2012.
- [6] Jabaloyes, J.M., Vivas. Concepto de Calidad, 2010.
- [7] Cabrera, V.A., El concepto calidad en la educación universitaria: clave para el logro de la competitividad institucional. Revista Iberoamericana de educación, 36(12), pp. 1-7, 2005.
- [8] Orozco-Silva, L.E., Calidad académica y relevancia social de la educación superior en América Latina. Revista iberoamericana de educación superior, 1(1), pp. 24-36, 2010.
- [9] Houston, D., Rethinking quality and improvement in higher education. Quality Assurance in Education, 16(1), pp. 61-79, 2008. DOI: 10.1108/09684880810848413
- [10] Lomas, L., Embedding quality: the challenges for higher education. Quality Assurance in Education, 12(4), pp. 157-165, 2004. DOI: 10.1108/09684880410561604
- [11] Scharager, J. y Aravena, M.T., Impacto de las políticas de aseguramiento de la calidad en programas de educación superior: un estudio exploratorio. Calidad en la Educación, (32), 2018. DOI: 10.31619/caledu.n32.150
- [12] Freire, M.J. y Teijeiro, M., Revisión histórica de la garantía de calidad externa en las Instituciones de Educación Superior. Revista de la Educación Superior, 3(155), pp. 123-136, 2010.
- [13] Martínez-Iñiguez, J.E., Tobón, S. y Sandoval, A., Problemáticas relacionadas con la acreditación de la calidad de la educación superior en América Latina. Innovación educativa (México, DF), 17(73), pp. 79-96, 2017.
- [14] Salas, I.A., La acreditación de la calidad educativa y la percepción de su impacto en la gestión académica: el caso de una institución del sector no universitario. Calidad en la Educación, 38, pp. 305-333, 2013. DOI: 10.4067/S0718-45652013000100009
- [15] Lineamientos para la Acreditación de Programas; Bogotá, CNA, enero de 2013

Modelos a escala reducida de flujo bidimensional para la enseñanza de la mecánica de suelos

Catalina Lozada, Sandra Campagnoli & Daniel Carvajal

Departamento de Ingeniería Civil, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia. catalina.lozada@escuelaing.edu.co

Resumen—Este artículo presenta el proceso de construcción y la modelación de dos estructuras a escala reducida (tablestaca y presa de tierra) para simular el flujo de agua en el suelo. Los modelos fueron creados para la enseñanza de flujo bidimensional en el curso de mecánica de suelos básica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Estos modelos permiten la visualización a través de trazadores con tinta de las líneas de flujo en el suelo. Con la implementación de esta herramienta de enseñanza los estudiantes pueden evidenciar físicamente los conceptos matemáticos de flujo de agua que se plantean mediante ecuaciones diferenciales y se enseñan habitualmente por un método de solución gráfica denominado red de flujo. La visualización de las líneas de flujo les permite a los estudiantes entender la teoría y comprender el fenómeno físico.

Palabras Clave—mecánica de suelos; laboratorios; flujo bidimensional.

Recibido: 14 de septiembre de 2018. Revisado: 30 de enero de 2019. Aceptado: 22 de febrero de 2019.

Physical models of two-dimensional flow for teaching in soil mechanics

Abstract— this paper presents the construction process and modeling of two structures in a reduced scale (sheet pilings and earth dam) to simulate the flow of water into the soil. These models were created to teach bi-dimensional flow in the course of soil mechanics in the Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Using these models students can visualize flowlines thought tracers applied to the soil. Implementing this teaching tool the students see physically the mathematical concepts of differential equations that are commonly taught by using a graphic solution method called the flow net. Visualizing flow lines allows the students to understand the theoretical framework and physical phenomenon.

Keywords—soil mechanics; laboratory; bi-dimensional flow.

1 Introducción

El flujo de agua en el suelo es un tema esencial que se imparte en la formación de los estudiantes de ingeniería civil en el área de la geotecnia. El análisis de la estabilidad de presas, de estructuras de contención, de taludes y fundaciones, entre otras estructuras, así como del suministro de agua subterránea, la cuantificación de la magnitud de la infiltración y de las presiones de agua de poros o presión intersticial y la identificación de condiciones críticas como licuación, tubificación o erosión, generadas por el flujo de agua a través del medio poroso, requieren el entendimiento de conceptos básicos, los cuales se tratan de transmitir a los estudiantes de los

programas de ingeniería civil que se inician en un curso de mecánica de suelos.

Dada la naturaleza compleja del suelo y de los procesos que se dan en él, cómo resulta ser la filtración de agua, resulta crítico encontrar maneras de enseñanza, diferentes a las convencionales, que sean eficientes y que hagan más atractiva para los estudiantes el área de geotecnia, facilitando la comprensión de las teorías y de los fenómenos involucrados.

Desde hace varias décadas se han implementado diversas estrategias de enseñanza de diferentes tópicos de la geotecnia, entre ellos del flujo de agua en el suelo, siendo la modelación física una de las herramientas que se ha encontrado como la más atractiva para los estudiantes de pregrado, debido a que les permite visualizar los procesos físicos, mejorar el entendimiento de los mecanismos y principios fundamentales que gobiernan el problema geotécnico específico y hacer comparaciones con los análisis teóricos, en síntesis; con experiencias prácticas como son los modelos físicos, se ayuda a completar el ciclo de aprendizaje de los estudiantes.

Para propósitos de la enseñanza de la geotecnia, la modelación física abarca desde modelos sencillos como el propuesto en la celda de Hell-Shaw en 1898, para dar solución a los problemas de filtración con base en la Ley de Darcy, hasta las modernas centrífugas en miniatura, altamente instrumentadas [1]. En el medio de este espectro se encuentran los tanques de arena construidos en el laboratorio, de manera relativamente sencilla, para el estudio de problemas específicos de infiltración de agua o del transporte de contaminantes, a partir de los cuales, además de validar los conceptos teóricos sobre flujo, también es posible demostrar fenómenos hidrogeológicos como la erosión, la tubificación y la licuefacción. Los modelos con tanques de arena no pretenden replicar una escala equivalente en campo y han sido desarrollados principalmente para entender modos genéricos de comportamiento [2].

En este artículo se muestra el desarrollo y los análisis asociados con dos modelos físicos – uno de flujo confinado (tablestaca) y otro de flujo no confinado (terraplén o presa de tierra), construidos en el laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, como

Como citar este artículo: Lozada, C., Campagnoli, S. and Carvajal, D., Modelos a escala reducida de flujo bidimensional para la enseñanza de la mecánica de suelos. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 122-127, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

herramientas con las que se espera complementar la enseñanza de los conceptos principales, relacionados con el flujo de agua, que se imparten en el curso de mecánica de suelos básica. Una vez que los estudiantes tengan un mayor entendimiento de las leyes y principios que gobiernan el flujo de agua en el suelo, será más fácil abordar soluciones usando modelos numéricos y software especializado con los que es posible hacer análisis de problemas mucho más complejos.

2 Enseñanza de la mecánica de suelos

Los cursos de mecánica de suelos tradicionalmente tienen 3 núcleos principales de contenidos [3]: Clasificación del suelo, propiedades físicas y propiedades mecánicas. Dentro de las propiedades mecánicas se estudia el flujo de agua en el suelo, lo cual es de interés en este artículo.

Específicamente, el tema central a que se expone en este trabajo está relacionado con la enseñanza de las teorías de flujo bidimensional el cual se rige por la ecuación de Laplace:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

Esta ecuación por ser una ecuación diferencial parcial de segundo orden, tiene por solución dos familias de curvas - (i) la familia de líneas de flujo o líneas de corriente y (ii) la familia de líneas equipotenciales o líneas de igual cabeza total, cuya representación gráfica es conocida como la red de flujo. La solución de la ecuación de Laplace puede obtenerse mediante métodos numéricos como las diferencias finitas o los elementos finitos. En los cursos de pregrado usualmente se utiliza la solución de la red de flujo para explicar los conceptos básicos de flujo bi-dimensional. Los métodos numéricos usualmente se enseñan a nivel de posgrado. Un ejemplo de una de red de flujo se presenta en la Fig. 1.

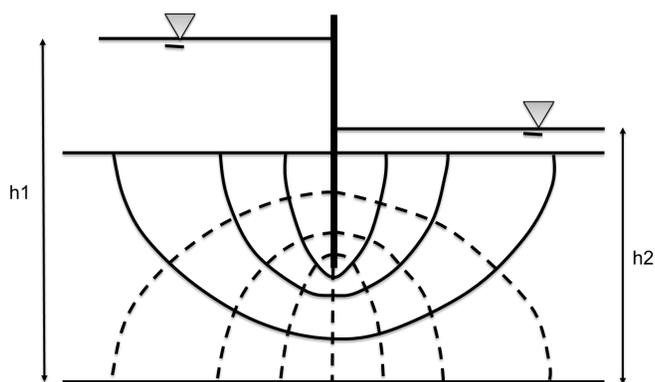


Figura 1: Componentes de la red de flujo.
Fuente: Los autores.

Las líneas continuas representan las líneas de flujo y las punteadas las líneas equipotenciales (igual cabeza total). Las dos familias de curvas se intersectan perpendicularmente entre sí. En la Fig. 1 la pérdida de cabeza total es $\Delta H = h_1 - h_2$, el número de canales de flujo N_d es 4, el número de pérdidas de cabeza total $N_f = 8$.

En este trabajo se propone que los laboratorios de mecánica de suelos se orienten a experimentos relacionados con fenómenos físicos como el flujo bi-dimensional en el suelo, adicional a los ensayos de laboratorio rutinarios implementados

(triaxiales, corte directo y consolidación unidimensional).

Autores como [4] han concluido en su experiencia en los cursos de mecánica de suelos que los laboratorios deben también estar relacionados con problemas prácticos en donde se capture la imaginación de los estudiantes y se revele algún fenómeno físico interesante. Este es el caso de los modelos a escala reducida para visualizar líneas de flujo los cuales no están implementados comúnmente en los laboratorios de mecánica de suelos.

3 Modelación de flujo de agua en el suelo

La modelación física en geotecnia permite representar un problema dado para un prototipo (escala real) en un modelo (escala reducida). Dentro de las técnicas de modelación utilizadas se encuentran principalmente tres: (i) modelación en escala reducida, (ii) modelación en escala real y (iii) modelación en centrífuga geotécnica. Las tres técnicas y sus correspondientes limitaciones se presentan a continuación:

- La modelación en escala reducida permite simular de manera general el comportamiento del suelo y estudiar diferentes fenómenos físicos. Sin embargo, una limitación importante es que las condiciones de esfuerzos y deformaciones en el prototipo y en el modelo no se mantienen iguales debido a la escala. Esta herramienta es adecuada para modelos donde se pueden visualizar superficies de falla, líneas de flujo, y comportamientos dinámicos del suelo, entre otros [5-7] (Fig. 2a). Esta técnica resulta eficiente para apoyar la enseñanza de la mecánica de suelos en el tema asociado con la infiltración de agua en el suelo, permitiendo a los estudiantes visualizar directamente las líneas de flujo que se evidencian con trazadores aplicados en el modelo. Esta experiencia es muy benéfica para los estudiantes al evidenciar, en la práctica, el fenómeno estudiado teóricamente.
- La modelación en escala real permite estudiar el comportamiento de diferentes estructuras bajo condiciones de esfuerzo-deformación reales. Esta técnica requiere grandes costos en la construcción y en la instrumentación [5] (Fig. 2b).
- La modelación física en centrífuga geotécnica permite simular correctamente los esfuerzos en el suelo al someter el modelo (construido en escala reducida) a un igual campo de esfuerzos por medio del aumento de la aceleración gravitacional [8] (Fig. 2c). Sin embargo, simulaciones complejas como el flujo de agua en el suelo presentan limitaciones en cuanto a las leyes de escala de flujo. Adicionalmente, el montaje requiere una alta complejidad (generación de gradiente de presiones dentro de la centrífuga).

Debido a las ventajas y a las limitaciones de las técnicas mencionadas en el estudio del flujo de agua en el suelo, actualmente la mejor herramienta para la enseñanza es la modelación a escala reducida (Fig. 2a).



Figura 2: Tipos de modelación en geotecnia. a) Modelo a escala reducida [9], b) Prueba de carga a escala real [5], c) Centrífuga geotécnica IFSTTAR, Francia.

Fuente: [9],[5].

4 Diseño de modelos de flujo y procedimiento experimental

Se construyeron dos cajas en acrílico de 50cm x 30cm x 10cm las cuales se perforaron para permitir la entrada y salida del agua. El flujo se permite a través de mangueras plásticas las cuales se roscan en racores pegados al acrílico. En estas cajas se construyeron dos modelos para estudiar el flujo de agua en el suelo: tablestaca y presa de tierra. El primer modelo consiste en una tablestaca de 10 cm de ancho y 16 cm de largo en acrílico de 0.5 cm de espesor (Fig. 3a). El segundo modelo consistió en una presa de tierra (Fig. 3b).

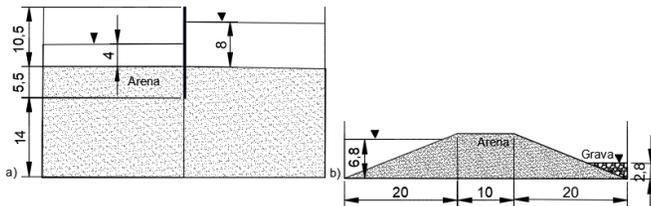


Figura 3: Diagrama de los modelos. a) Tablestaca b) Presa de tierra. Dimensiones en cm.

Fuente: Los autores.

5 Técnica de preparación de la arena en modelación física y selección de material

La técnica de preparación de suelos arenosos en la modelación física en geotecnia se conoce como Pluviación [10]. Esta técnica consiste en la preparación del suelo en capas las cuales se van depositando dejando caer la arena desde una altura constante para alcanzar una densidad específica (Ver Fig.4). Para determinar la altura necesaria para obtener la densidad requerida se construye una curva de calibración de la arena en el laboratorio.

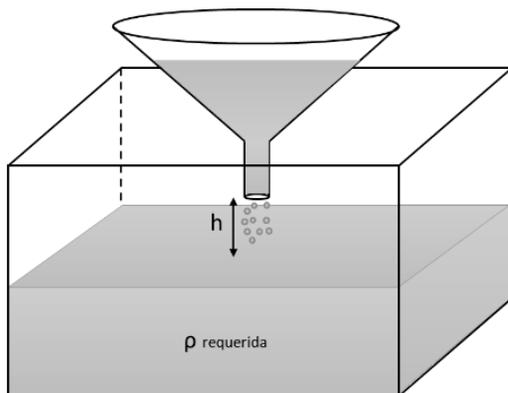


Figura 4: Método de pluviación de arena para la preparación de muestras. Fuente: Los autores.

La selección de la arena adecuada para la modelación fue un proceso que requirió la prueba de cuatro arenas diferentes. Los resultados obtenidos en las pruebas para un estado de densidad suelto se presentan a continuación:

Prueba No 1: Arena de peña

Inicialmente se realizó un ensayo de flujo de agua bajo una tablestaca con una muestra de arena de Peña en su estado

natural. Debido al alto contenido de finos, el flujo de agua en el suelo fue lento impidiendo el paso del agua. Adicionalmente, en este ensayo se evidenció que, en el momento de inyectar el colorante en la arena, las partículas finas se iban erodando, generando un hueco en el suelo. El colorante utilizado fue colorante de construcción.

Prueba No 2: Separación del tamaño del grano fino. Arena de Peña

Debido a las dificultades experimentales evidenciadas con el primer material, se tomó la decisión para el segundo ensayo de lavar la arena de peña y tomar solo la fracción que pasa el tamiz No. 4 (4.8 mm) y retiene en el tamiz No. 200 (0.075 mm) con el fin de retirar las partículas finas y comprobar si la arcilla era la causante de los problemas. Después de tamizar la arena y montar el experimento se observó que el flujo seguía siendo lento y que el colorante no fluía a través del suelo.

Prueba No 3: Separación de tamaño de grano de arena fina. Arena de peña

Dados los resultados obtenidos con la anterior arena, se optó por utilizar en el siguiente ensayo arena de peña más gruesa, tomando solo la fracción que pasa el tamiz No. 10 (2.0 mm) y retiene en el No. 40 (0.425 mm). Al permitir el flujo se formaron canales horizontales de gran tamaño los cuales atrapaban gran cantidad de aire y no permitían alcanzar una condición de flujo establecido. Adicionalmente, el colorante de agua utilizado no fluía con el agua sino que se quedaba estancado en la superficie del suelo.

Prueba No 4: Arena de río tamizada

En la cuarta prueba se tomó la decisión de reemplazar el colorante de construcción por un colorante químico azul que se disuelve en agua de la empresa Tuska y se reemplazó la arena de peña por arena de río. La arena de río se tamizó por los tamices pasa No. 20 (0.85 mm) retiene No. 50 (0.3 mm). Al permitir el flujo como se muestra en la Figura 5 se observa que el colorante se infiltra trazando las líneas de flujo como se evidencia en la teoría de flujo bidimensional.

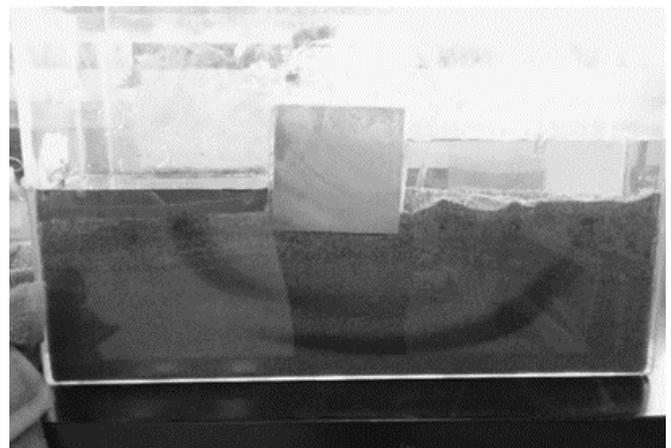


Figura 5: Líneas de flujo creadas en el suelo.

Fuente: Los autores.

La curva de calibración para la arena seleccionada (altura de caída de la arena vs. Peso unitario seco) se presenta en la Fig. 6.

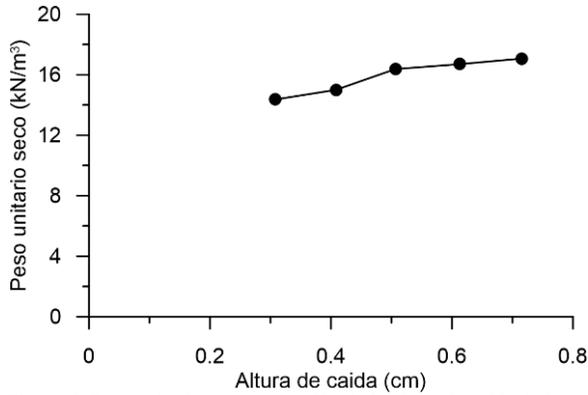


Figura 6: Peso unitario seco en función de la altura de caída de la arena. Fuente: Los autores.

6 Modelación de flujo bajo una tablestaca

En este ejercicio se pide a los estudiantes trazar una red de flujo en papel milimetrado transparente y compararla con las líneas de flujo formadas en el suelo con el colorante en los modelos experimentales. A partir de la curva de peso unitario en función de la altura de caída (Fig. 6), los estudiantes deben preparar el suelo y generar las líneas de flujo en el laboratorio. Las líneas de flujo en el modelo experimental se realizan con colorante puesto en la excavación de unos pequeños huecos con profundidad de 2cm desde la superficie. La distancia de separación de aplicación del colorante es de 5cm. Posteriormente se permite el flujo del agua libre durante unos minutos mientras la cabeza de agua se estabiliza. Una vez estabilizada la diferencia de cabezas ($h_1 - h_2$), se espera durante un tiempo que las líneas de flujo se formen por completo.

La red de flujo se construye considerando que las líneas equipotenciales intersectan perpendicularmente las líneas de flujo. Los resultados de la red de flujo experimental y la solución grafica se muestran en la Figs. 7a y 7b.

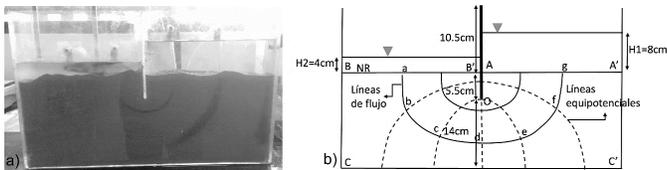


Figura 7: Líneas de flujo bajo una tablestaca. a) Resultado experimental b) Red de flujo.

Fuente Los autores.

La cabeza total, cabeza de presión y cabeza de posición se pueden determinar a partir de la red de flujo teniendo en cuenta las siguientes condiciones de frontera:

- La línea A-A' es una línea equipotencial con una cabeza total H1.
 - La línea B-B' es una línea equipotencial con una cabeza total H2.
 - La línea C-C' es una línea de flujo.
 - La línea B'OA es una línea de flujo.
- La red de flujo trazada tiene las siguientes características:

- Numero de caídas de potencial (Nd) = 6
 - Número de canales de flujo = 3
 - Pérdida de cabeza total $H = 8\text{cm} - 4\text{cm} = 4\text{cm}$
 - Pérdidas de potencial entre líneas equipotenciales $H/Nd = 0.66$
- Para un nivel de referencia localizado en la superficie del suelo los resultados en los puntos a al g mostrados en la Figura 7b se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultado de solución de red de flujo.

Punto	Cabeza de posición h_z (cm)	Cabeza de presión h_p (cm)	Cabeza total h_T (cm)	Presión de agua u_w (kPa)
a	0,00	4,00	4,00	0,39
b	-14,83	19,49	4,67	1,91
c	-25,66	31,00	5,33	3,04
d	-28,51	34,51	6,00	3,39
e	-25,66	32,33	6,67	3,17
f	-14,83	22,16	7,33	2,17
g	0,00	8,00	8,00	0,78

Fuente: Los autores.

7 Modelación de flujo en una presa de tierra

El segundo ejercicio a modelar es una presa de tierra (Fig. 3b). En este ejercicio se puede ver la línea ac la cual es una línea de flujo y representa una condición de frontera equivalente a una línea freática. Para graficar esta línea freática, [11] propone un método el cual consiste en graficar una parábola la cual coincide con la línea freática excepto en las caras de flujo aguas arriba y aguas abajo (línea a'c' en la Fig. 8). La parábola a'efb'c' se construye de la siguiente manera [12]:

La distancia cc' se iguala a p y con base en las propiedades de la parábola p se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$\sqrt{x^2 + z^2} = 2p + x \tag{2}$$

De donde se obtiene:

$$p = \frac{1}{2} (\sqrt{d^2 + H^2} - d) \tag{3}$$

A partir de la ecuación 2 se obtiene:

$$x = \frac{z^2 - 4p^2}{4p} \tag{4}$$

Al conocer el valor de p se puede calcular x para varios valores de z. Utilizando los valores que se encuentran en la Tabla 2 se construyó la línea freática como se muestra la línea ac en la Fig. 8.

Tabla 2. Valores para la construcción de la línea freática

Parámetro	Valor (cm)
H	3.9
d	23.2
Δ	20
p	0.2
l	2.5

Fuente Los autores.

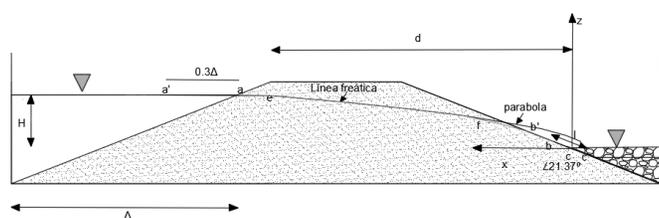


Figura 8: Dibujo de la línea freática [11].

Fuente: Los autores.

Una vez dibujada la línea freática, se traza la red de flujo de la presa de tierra como se muestra en la Fig. 9. La cabeza total, cabeza de presión y cabeza de posición se pueden determinar a partir de la red de flujo. Las consideraciones de solución de este problema son:

- La cabeza de presión en la línea freática es cero.
- La cabeza total en la línea freática es igual a la cabeza de posición.

Para un nivel de referencia localizado en la superficie del agua, aguas arriba, los resultados en los puntos a al l se presentan en la Tabla 3.

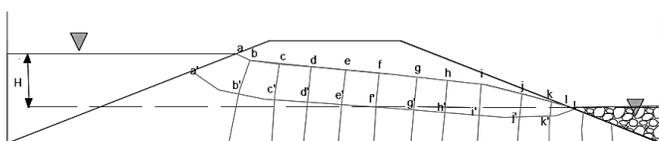


Figura 9: Red de flujo para la presa de tierra.

Fuente: Los autores.

Tabla 3. Resultado de solución en la línea freática.

Punto	Cabeza de posición	Cabeza total	Presión de agua
	h_z (cm)	h_T (cm)	u_w (kPa)
a	-	0	0
b	- 0,23	- 0,23	0
c	- 0,24	- 0,24	0
d	- 0,44	- 0,44	0
e	- 0,68	- 0,68	0
f	- 1,04	- 1,04	0
g	- 1,24	- 1,24	0
h	- 1,51	- 1,51	0
i	- 2,09	- 2,09	0
j	- 2,88	- 2,88	0
k	- 3,81	- 3,81	0
l	- 4,63	- 4,63	0

Fuente: Los autores.

Tabla 4. Resultado de solución en la línea de flujo inferior. Fuente: Los autores.

Punto	Cabeza de posición	Cabeza de presión	Cabeza total	Presión de agua
	h_z (cm)	h_p (cm)	h_T (cm)	u_w (kPa)
a'	- 1,33	1,33	0	0,13
b'	- 3,38	3,15	- 0,23	0,31
c'	- 3,71	3,47	- 0,24	0,34
d'	- 3,87	3,43	- 0,44	0,34
e'	- 4,03	3,35	- 0,68	0,33
f'	- 4,23	3,19	- 1,04	0,31
g'	- 4,59	3,35	- 1,24	0,33
h'	- 4,78	3,27	- 1,51	0,32
i'	- 5,15	3,06	- 2,09	0,30

j'	- 5,22	2,34	- 2,88	0,23
k'	- 5,14	1,33	- 3,81	0,13
l'	- 4,23	- 0,40	- 4,63	- 0,04

Fuente: Los autores.

Las líneas de flujo determinadas con el procedimiento experimental en la presa de tierra se presentan en la Figura 10. La línea superior corresponde a una línea de flujo y no a la línea freática debido a que el colorante utilizado se puso 2cm por debajo de la superficie del agua para evitar que esta lo disuelva.

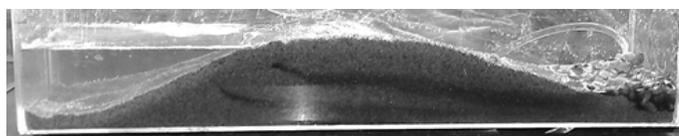


Figura 10: Resultado experimental de líneas flujo en una presa de tierra.

Fuente: Los autores.

8. Perspectivas sobre implementación de las técnicas de modelación en la enseñanza de la geotecnia

Cada vez más los tiempos reducidos que se asignan a la enseñanza de las áreas profesionales en la ingeniería, invitan a desarrollar estrategias de enseñanza más eficientes que inciten en los estudiantes actitudes de indagación y los motiven y hagan más partícipes de su proceso de aprendizaje.

El tránsito a una adecuada modelación numérica de los problemas geotécnicos – bien sea desde la formulación de la misma o con la aplicación de software especializado como el mostrado en [13], donde son innegables los beneficios de aprendizaje por las posibilidades de llevar a cabo múltiples análisis para situaciones más complejas, acomodando una gran variedad de condiciones de contorno, se hace posible con el entendimiento de los conceptos y de las leyes físicas que gobiernan los fenómenos que se dan en el suelo. Los modelos físicos, tanto los sencillos, como son los que se describen en esta experiencia, como los más sofisticados, que se pueden implementar en centrifuga geotécnica, pueden servir para este propósito.

9. Conclusiones

La experimentación con modelos físicos relativamente sencillos, como los descritos en este artículo, permite a los estudiantes que se inician en un curso de mecánica de suelos desarrollar mejor intuición y sentido físico de los mecanismos fundamentales que gobiernan el flujo de agua en el suelo.

Los modelos implementados se pueden instrumentar para que además de que el estudiante identifique las cabezas totales, las pérdidas de cabeza total, observe las líneas de flujo y obtenga las líneas equipotenciales, pueda hacer análisis del efecto que otros factores como la temperatura del fluido y la densidad del suelo tienen sobre la permeabilidad.

Se reconoce que para ganar mayor entendimiento de la condición de flujo no confinado que se da en la presa de tierra, es necesario realizar ajustes en el modelo que permitan determinar de manera más acertada la posición de la línea freática, definiendo la transición de las presiones de agua de poros positivas a negativas.

Referencias

- [1] Wood, D.M., Geotechnical modelling. CRC press, 2014.
- [2] White, D.J., Contributions to geotechnique 1948-2008: physical modelling. Géotechnique, 58(5), pp. 413-421, 2008.
- [3] Gong, J., Wen, B. and Liu, T., Analysis on teaching method of soil mechanics course. International Conference on Humanities and Social Science Research. Atlantis Press, 2015.
- [4] Burland, J.B., The teaching of soil mechanics—a personal view. The Nash lecture. In: Proceedings of the 9th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Dublin, Ireland 3, 1987, pp. 1427-1441.
- [5] Ismael N.F., Axial load tests on bored piles and pile groups in cemented sands. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127(9), pp.766-73, 2001
- [6] Song, W.K., Cui, Y.J., Tang, A.M., Ding, W.Q. and Tran, T.D., Experimental study on water evaporation from sand using environmental chamber. Canadian Geotechnical Journal, 51(2), pp.115-128, 2014. DOI: 10.1139/cgj-2013-0155
- [7] Oh, W.T. and Vanapalli, S.K., Modelling the stress versus settlement behavior of model footings in saturated and unsaturated sandy soils. In: Proceedings of the 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, Goa, India, 2008, pp. 1-6.
- [8] Taylor, R., Geotechnical Centrifuge Technology. CRC Press, 2014.
- [9] Abu-Farsakh, M.Y. and Chen, Q., Evaluation of geogrid base reinforcement in flexible pavement using cyclic plate load testing. International Journal of Pavement Engineering, 12(03), pp. 275-88, 2011.
- [10] Garnier, J., Modèles physiques en géotechnique: Etat des connaissances et évolutions récentes. 1ère Biennale Coulomb, 2001.
- [11] Casagrande, A., Seepage through dams, 1937.
- [12] Das, B.M., Advanced Soil Mechanics, Third ed, 2008.
- [13] GEO-SLOPE. International, Seepage Modeling with SEEP / W - An Engineering Methodology, July, 2012.

C. Lozada, recibió el título de Ing. Civil en 2010, el título de MSc. en Ingeniería Civil en 2012 y el título de Dra. en Ingeniería en 2016, todos ellos de la Universidad de los Andes, Colombia, y el doctorado en doble titulación con el École Centrale de Nantes, Francia. Tiene experiencia en enseñanza de la modelación física de estructuras geotécnicas a través de máquina centrífuga geotecnia. Sus intereses investigativos incluyen: modelación física en geotecnia, suelos parcialmente saturados y estudio de interacción clima-suelo. Se vinculó a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en el año 2016 en donde es profesora Asistente.

ORCID: 0000-0002-7630-1710

S.X. Campagnoli, es Ing. Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia. Esp. en Geotecnia de la Universidad Politécnica de Madrid y Nacional de Colombia. En su ejercicio profesional se ha dedicado a la docencia universitaria en los cursos teóricos y de laboratorio de mecánica de suelos, pavimentos y materiales para carreteras, al desarrollo de investigación aplicada y a la consultoría principalmente en Ingeniería de Pavimentos para Colciencias, PNUD, CAF, INVIAS, ECOPEPETROL-ICP y otras. Promotora de la red de programas de Ingeniería Civil - REPIC y par académico del CNA. Fue Decana del programa de Ingeniería Civil. Coautora del libro *Pavimentos Asfálticos de carreteras. Guía práctica para los estudios y diseños* y autora de numerosos artículos relacionados con materiales para carreteras. Está vinculada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito desde 1983.

ORCID: 0000-0002-5793-8046

D. Carvajal, es estudiante de decimo semestre de Ing. Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia.

ORCID: 0000-0002-9250-5529

A proposal for graphically representing curriculum designs by using pre-conceptual schemas in computing-related undergraduate programs

Jesus Insuasti

Systems Engineering Dept., University of Nariño, Pasto, Colombia. insuasty@udenar.edu.co

Abstract— Curriculum recommendations for computing-related undergraduate programs are approached from the ACM, AIS, and IEEE Computer Society. In educational settings, each undergraduate program makes its own adaptations to the curriculum in accordance with its profiles. Curriculum designs that were the result of such adaptations have graphical representations of educational aspects in a non-standardized way. Facing such a situation, an alternative to curriculum design based on pre-conceptual schemas in computing-related undergraduate programs is proposed. The benefits of curriculum design by using pre-conceptual schemas are applicability to any context, graphical unification of all educational aspects to be considered, and usage of tightly-coupled semantics.

Keywords— pre-conceptual; schemas; computing; undergraduate; programs; curriculum; design.

Received: October 1, 2018. Reviewed: January 30, 2019. Accepted: February 22, 2019.

Una propuesta para representar gráficamente los diseños curriculares utilizando esquemas preconceptuales en programas de pregrado relacionados con la computación

Resumen— Las recomendaciones curriculares para los programas de pregrado relacionados con la computación se abordan desde la ACM, AIS y la IEEE Computer Society. En entornos educativos, cada programa de pregrado realiza sus propias adaptaciones al currículo de acuerdo con sus perfiles. Los diseños curriculares que fueron el resultado de tales adaptaciones tienen representaciones gráficas de aspectos educativos de una manera no estandarizada. Ante tal situación, se propone una alternativa al diseño curricular basado en esquemas preconceptuales en programas de pregrado relacionados con la computación. Los beneficios del diseño curricular mediante el uso de esquemas preconceptuales son la aplicabilidad a cualquier contexto, la unificación gráfica de todos los aspectos educativos a considerar y el uso de semánticas estrechamente acopladas.

Palabras Clave— preconceptual; esquemas; computación; pregrado; programas; currículo; diseño.

1 Introduction

Curriculum design is an activity in constant evolution; this nature of continuous change in curriculum aspects has promoted strategies for the standardization of contents. This is the case of the people of the ACM, AIS, and IEEE Computer Society, who have formulated curriculum recommendations for computing-related undergraduate programs, to create a common ground regarding contents [1].

The existence of recommendations that allow for standardizing

contents is a great support for curriculum design issues; nonetheless, each undergraduate program is free to follow them or not. In this vein, curriculum designers in each undergraduate program make their own adaptations of what they believe the curriculum should have, considering the profiles in the educational scenario.

Commonly, curriculum designs of undergraduate programs involve the following educational aspects: educational aims, teaching-learning strategies, scope and sequence, *syllabi* and *syllabus* design, content outline, standards, educational resources, assessment strategies and planned experiences, among others [2]. Such educational aspects are graphically represented in a non-standardized way. In this study are found, structural, procedural, and methodological views in a series of non-standardized representations.

Dealing with the current situation in the background, the use of pre-conceptual schemas for curriculum design in computing-related undergraduate programs is stated. Curriculum designers can establish just one common graphical way that allows them to represent every single educational aspect within the curriculum design process by using pre-conceptual schemas.

Pre-conceptual schemas grant benefits to the curriculum design. Given their general-purpose nature, pre-conceptual schemas can be applied in any context. In the specific field of education, their tightly-coupled semantics allows for: representing a unified structure for *syllabi*, using requirements and sequentially of contents, designing teaching-learning strategies, modeling assessment, and using educational resources.

This paper has 6 sections. The first one has an explanation of the study context. The second one has a description of the findings in the field of knowledge related to curriculum design, including the problem statement. The third one contains the formulation of the proposed solution by using pre-conceptual schemas. The fourth one has a description of the benefits of such a proposed solution. Conclusions are presented in the fifth section. Lastly, a series of future works from the present study is described in the last section.

2 Context

For the ACM, AIS, and IEEE Computer Society, disciplines are the largest epistemological divisions in terms of knowledge associated with computing. Each of

Como citar este artículo: Insuasti, J., A proposal for graphically representing curriculum designs by using pre-conceptual schemas in computing-related undergraduate programs. *Educación en Ingeniería*, 14(27), pp. 128-137, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

them has a purpose; the way these five disciplines were defined is presented below:

Computer Engineering is the discipline of designing and building computer-based systems. It involves the study of hardware, software, communications, and their interactions. Computer Science is the discipline related to the theoretical and algorithmic foundations of the state-of-the-art developments in computing-based systems. Information Systems is the discipline focused on integrating information technology solutions and business. Information Technology is the discipline for preparing professionals to meet the needs of computer technology in businesses, government, and other types of organizations. Software Engineering is the discipline focused on the development and maintenance of software systems with high levels of quality [1]. General contents have been studied through the elaboration of descriptors for main topics. As a matter of fact, the main topics proposed by the ACM, AIS and IEEE Computer Society have a great correspondence with the results of the research based on automated curriculum analysis [3].

In such a context, advances in computing have forced the permanent redesign of the curriculum in undergraduate programs. Bodies of knowledge establish a series of guidelines to be implemented for each curriculum designer [4]; nonetheless, each curriculum designer develops the job in

isolation. The following is a study on curriculum designs for computing-related undergraduate programs, so it is possible to appreciate the different ways for graphical representations of educational aspects.

3 Background and problem

At the time of designing the curriculum, each undergraduate program is free to adapt its own methodology of work. Given such freedom, the educational aspects are considered in several ways; in fact, some of them are not entirely considered or there is a major focus only in a part of them. Some curriculum designs deal with the contents only, others work with contents and teaching-learning strategies. This study has performed a search of different curriculum designs worldwide, resulting in a series of 15 graphical representations to be considered.

The first sample of curriculum design is proposed by William Burkett, who proposes an 8-step curriculum development template, and the general structure of courses with prerequisites by using blocks in sequence [5]. For Burkett, curriculum design is based on two educational aspects: the methodology of construction and the sequential representation of the courses in the program. Such a proposal is shown in Fig. 1.

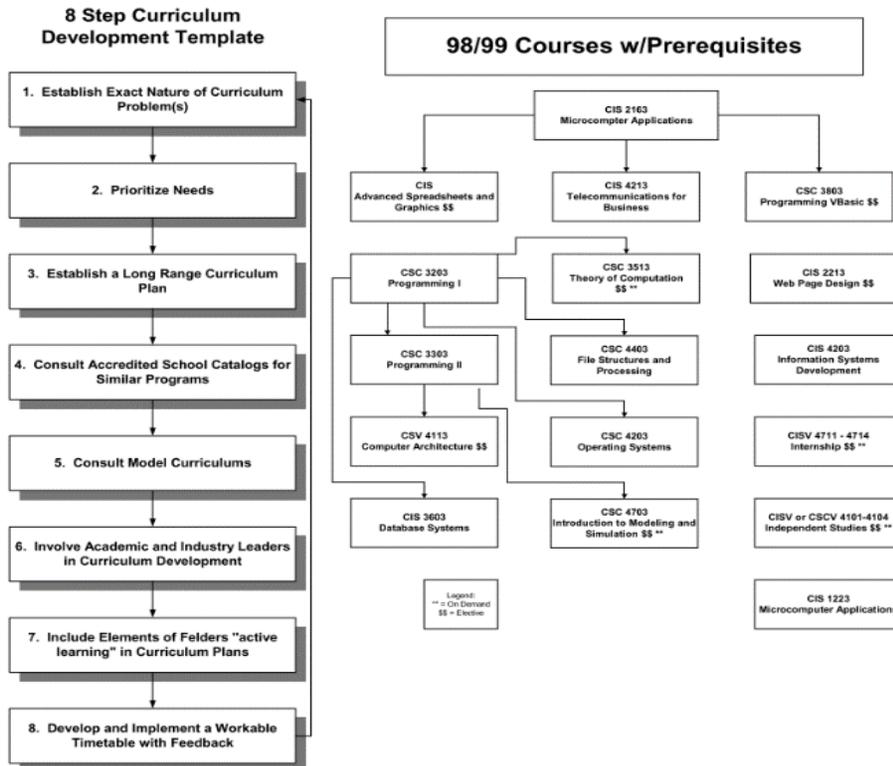


Figure 1. The methodology of construction and the sequential representation of the courses. Source: [5]

The second sample of the graphical representation is based on a graph chart with connected nodes and tabular descriptions [6]. The graphical representation of the sequential courses is proposed; in that

case, just one educational aspect was considered, the graph is shown in Fig. 2.

A synergistic interaction model is proposed by Br. Desai and Dr.

von der Embse. According to the authors, the educational institution interacts with business organizations to define the main topics to be considered into the curriculum [7]. The authors use Venn's diagrams for their purpose, as can be seen in Fig. 3. Such a proposal deals with just one educational aspect related to contents, considering their intersections in the fields of knowledge.

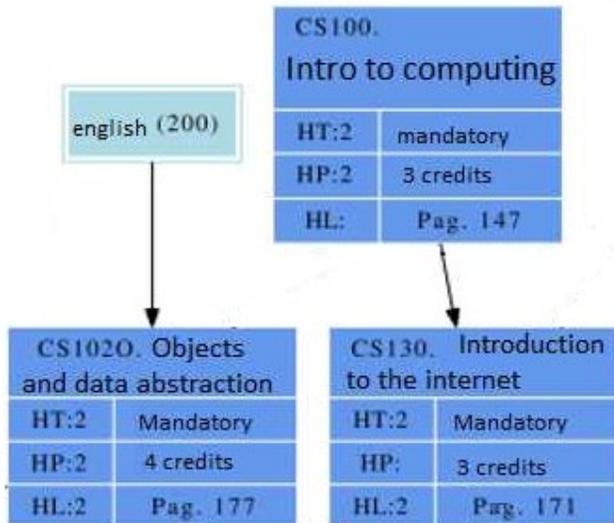


Figure 2. A portion of the sequential representation of the courses. Source: [6]

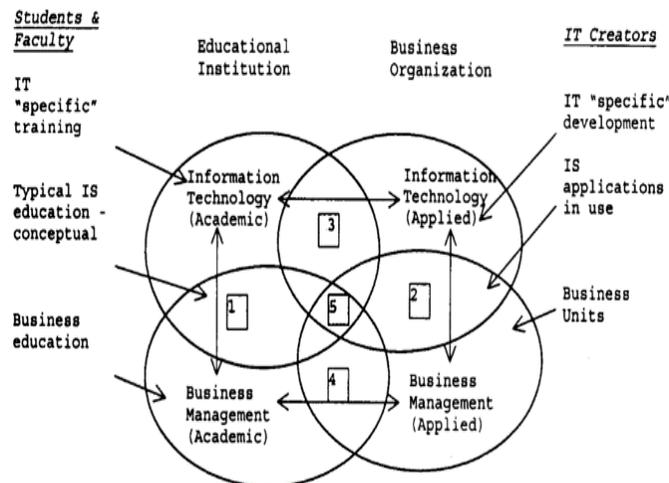


Figure 3. Intersections in fields of knowledge. Source: [7]

Another proposal is a layer-based architecture with representation in blocks [8]. Such a proposal was raised for a Chinese university and was used one educational aspect related with contents in the schema of courses, as shown in Fig. 4.

Focusing on content, another way of representing a curriculum is based on a flow-path diagram, in which can be seen how a student advances in an education process through the development of a path [9]. Fig. 5 shows the usage of one educational aspect related to contents including course sequentially.

The following work contemplates several ways of graphically representing different educational aspects, as shown in Fig. 6.

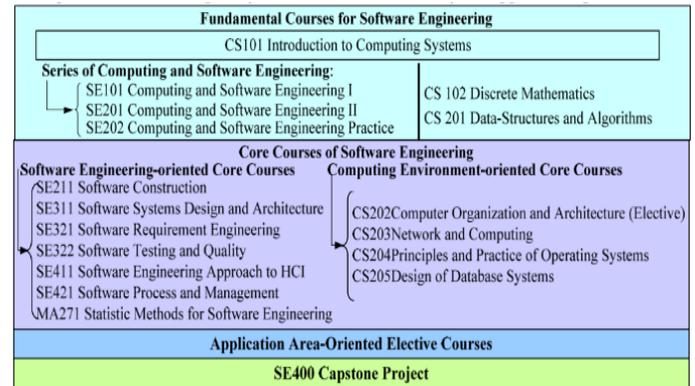


Figure 4. Layer-based representation. Source: [8]

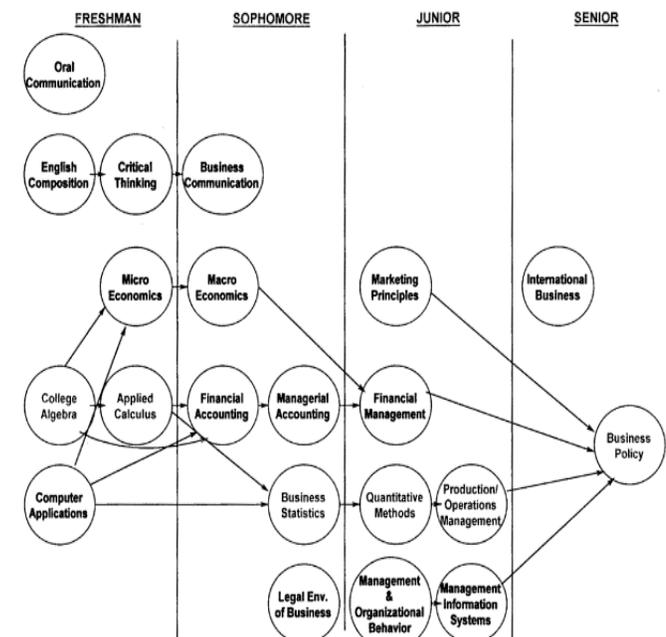


Figure 5. Flow-path for representing an evolution in education. Source: [9]

The authors use a semiformal UML notation (activity diagrams) to graphically represent their curriculum designs [10]. Despite the usage of several diagrams, just one educational aspect was considered, the contents involving sequential paths.

Another way for representing contents in curriculum design is using areas in a matrix of a representative collection of technologies and innovation stages [11]. This way to design a curriculum helps the formulation of courses for the program. Fig. 7 shows how to distribute the main topics into the matrix.

The curriculum design depicted in Fig. 7 uses two educational aspects: the definition of the course structure and the educational purposes. In this manner, the authors integrate

the matrix contents and educational purposes as the basis for the formulation of the academic courses.

The common aspect of curriculum design that has been considered so far: the course structure; however, curriculum design is more than an activity to create a course structure [12]. In curriculum design, several educational aspects such as pedagogical models, teaching-learning strategies, assessment activities, and others, should be considered in addition to the specification of just a course structure. A block diagram can be useful regarding a course structure. In Cleveland State University, a curriculum for the Information Systems program was proposed by using such a diagram [13]. In such a proposal, just one educational aspect was used, as shown in Fig. 8.

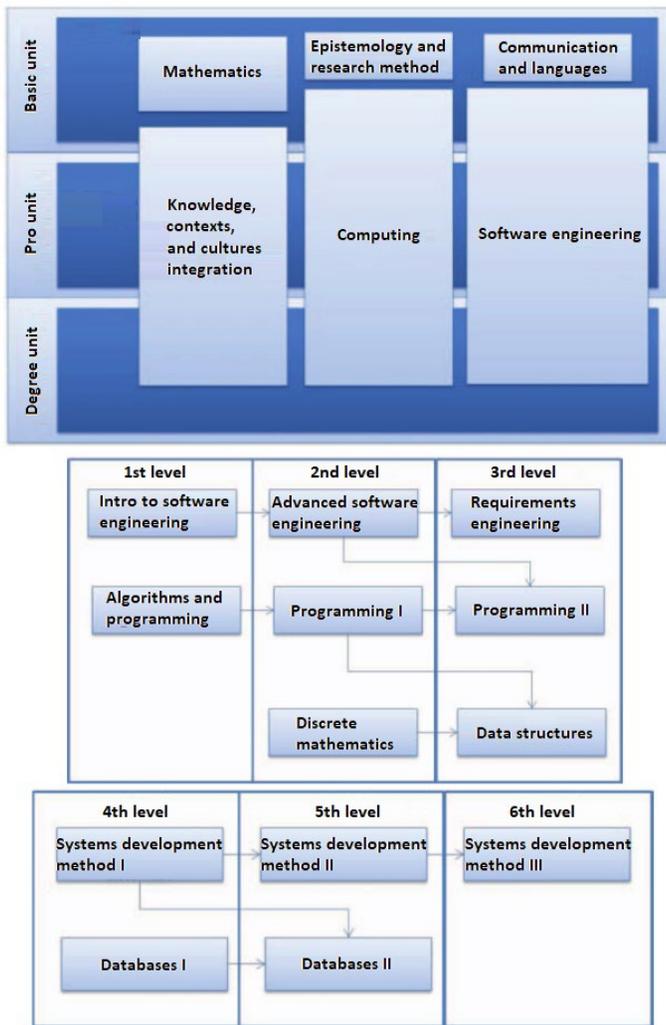


Figure 6. Content and sequential representation. Source: [10]

Particular conceptions about how to design a curriculum in a computing-related undergraduate program depend on the designers. Sometimes the methodology itself is relevant at the moment of designing. This is the case of a proposal from the University of Northern Colorado, which graphical representations point towards establishing design criteria as perspectives in education [14].

In such a work, the authors emphasize the importance of

defining the methodology for designing a curriculum in the first instance, rather than directly entering the curriculum design itself.

General Technology Domains	- Discovery -	- Development -	- Diffusion -	- Impact -
Architecture/ Infrastructure	"Maker" movement/desktop mfg	Mobile and Cloud Computing	E-business	
Enterprise Platforms		Product Lifecycle Management	Customer Relationship Management	Enterprise Resource Planning
Data Management		Content Management Technologies		Datawarehouse Technologies
Analysis and Decision Support	Real-time Question Answering Systems	Business Analytics, "Big Data"		
Communication, Collaboration and Digital Media	Experiential Computing	Social Media	Enterprise Mobility	Virtual Teams

Figure 7. The matrix of technologies and innovation stages. Source: [11]

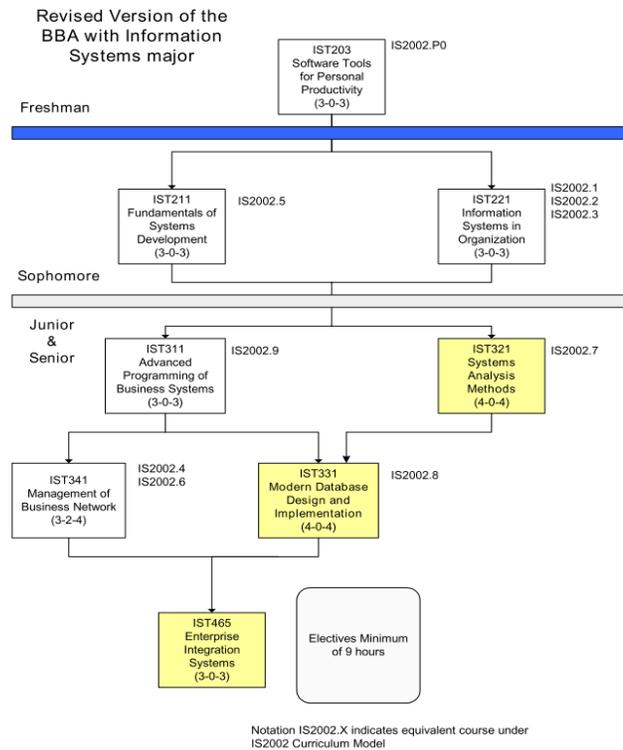


Figure 8. Curriculum structure as a class diagram. Source: [13]

The authors create clouds for representing perspectives according to the educational purposes of the program and the professional profile of its graduates. The methodology focuses its attention on the two-dimensional field given by the area of design and time. Despite the rigor with which the methodology of curriculum design was conceived, only two educational aspects were related: the structure of courses and the purposes of professional development. Such a proposal can be seen in Fig. 9.

A project-based curriculum has been defined in Venezuela. The experience describes a sequence of courses, advancing through the development of projects [15]. Fig. 10 shows the proposal.

The term "distance" is conceived for measuring similarities through the Bodies of Knowledge (BOK) on the covered topics. For this purpose, a frequency analysis was performed where the range of distance oscillates between 0 and 1.4 [16]. Fig. 11 shows such a proposal, using one educational aspect related to the course structure.

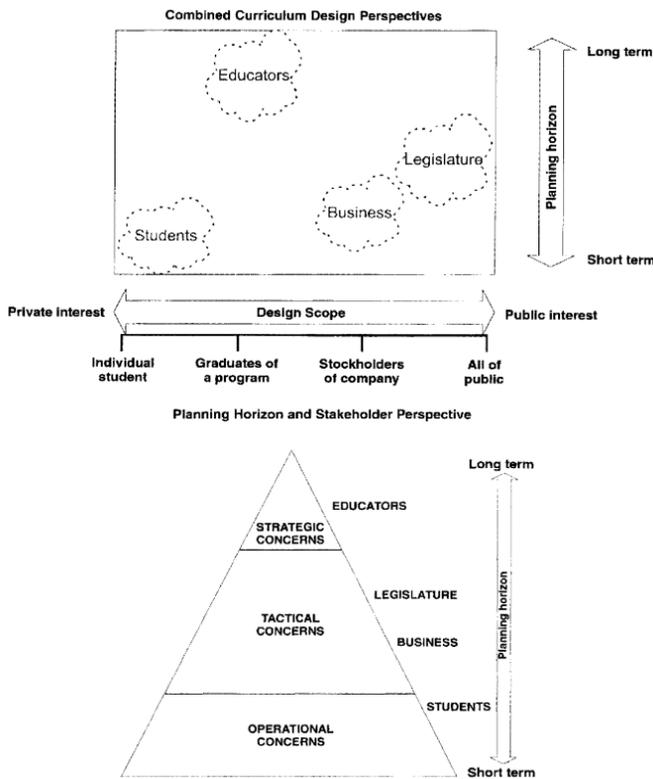


Figure 9. Design scope and planning horizon. Source: [14]

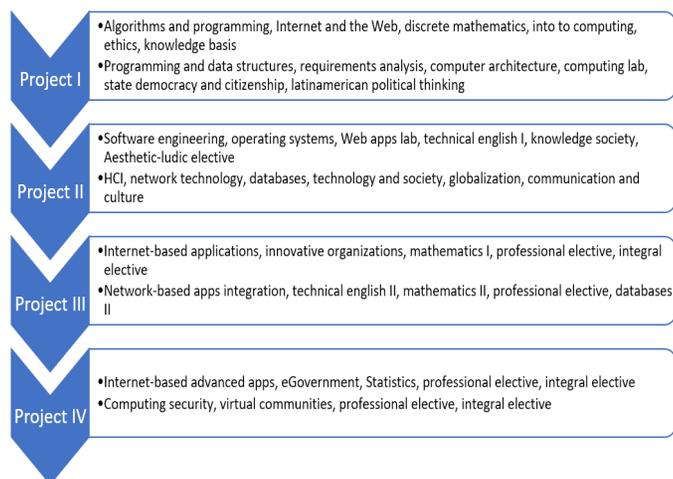


Figure 10. A sequence of courses in a project-based curriculum. Source: [15]

In the experience of designing a curriculum for the software industry, a vision of systemic thinking was involved [17]. This is another work which prioritizes methodological design rather than the design of the curriculum itself, as shown in Fig. 12. One educational aspect was involved, which is the foundations of the design.

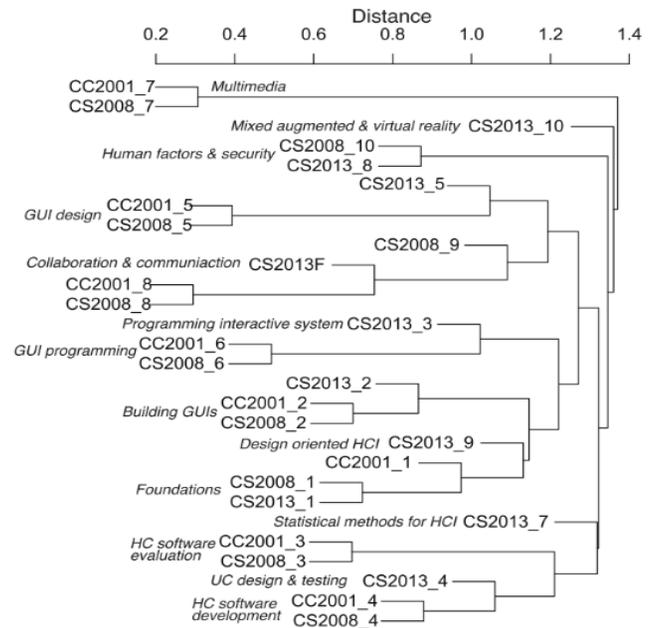


Figure 11. Curriculum based on distances. Source: [16]

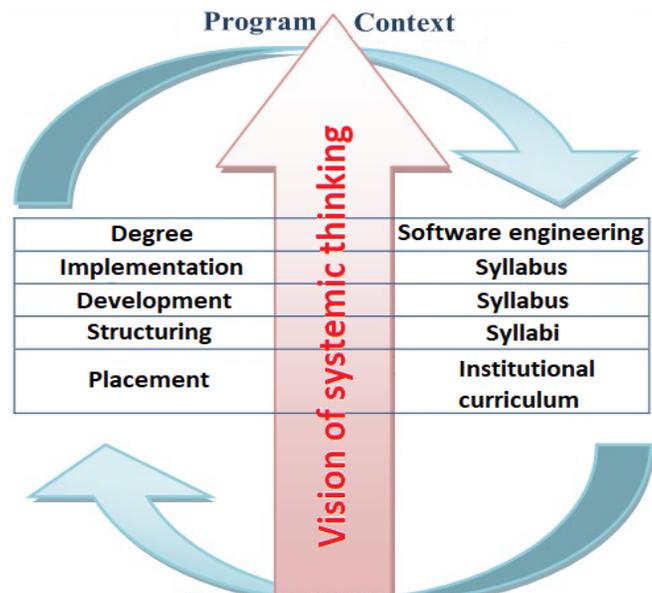


Figure 12. A vision of systemic thinking. Source: [17]

The curricular reorganization led the authors to propose a curricular structure based on a timeline. Fig. 13 shows such a proposal; which courses have the inner information about the assessment. In such a proposal, [18] two educational aspects were included: course structure and assessment criteria.

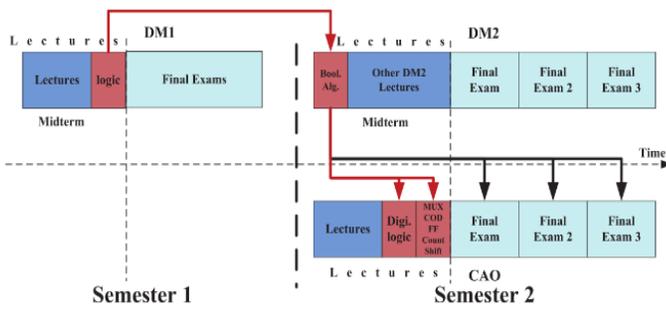


Figure 13. Part of the curriculum structure based on a timeline. Source: [18]

Another work in Venezuela shows a block-based diagram for course structure [19]. Blocks grouped by components represent the course structure as shown in Fig. 14. Just one educational aspect was included.

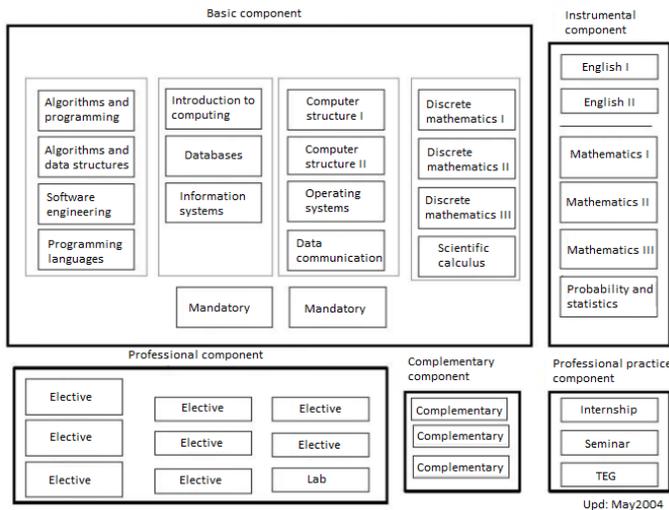


Figure 14. Block-based course structure. Source: [19]

Finally, a proposal for standardizing a new undergraduate curriculum for an Information Technology degree at Universities in West China was conceived, by using a progress graph which is representing the course structure. Fig. 15 shows the graphical representation, with courses as nodes and arrows providing the sequential path among them. Just one educational aspect was involved as a course structure.

A common point-of-view of the concept of curriculum is clear according to the table above; these samples assume a curriculum as a course structure in a sequential way, which is exactly the concept of *Syllabi*. On the other hand, just a couple of educational aspects besides the *syllabi* were involved in some proposals. Aspects such as methodology, educational purposes, and assessment were represented.

Furthermore, the proposals use different graphical representations, even when they want to explain the more educational aspects. This situation generates heterogeneity, which produces difficulties for establishing communication between them, difficulties for tracking them, and difficulties for evaluating them.

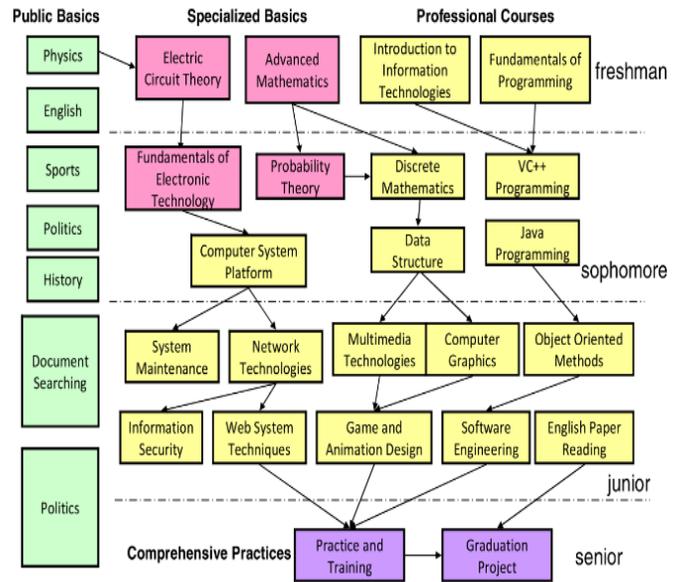


Figure 15. Progress graph for course structure. Source: [20]

Given the previous samples of graphical representations, a summary of such proposals can be expressed in Table 1.

Table 1

Summary of the graphical representations

Case	Graphical representation	Educational aspects
1	Blocks, arrows	Methodology, <i>syllabi</i>
2	Blocks, matrices, arrows	<i>Syllabi</i>
3	Venn's diagram	Educational purposes
4	Layer-based diagram	<i>Syllabi</i>
5	Flow-path	<i>Syllabi</i>
6	Block diagram, activity diagram	<i>Syllabi</i>
7	Matrix, blocks	<i>Syllabi</i> , Educational purposes
8	Block diagram	<i>Syllabi</i>
9	Cloudy areas, hierarchical structure	<i>Syllabi</i> , Educational purposes
10	Sequential structure	<i>Syllabi</i>
11	Tree-view	<i>Syllabi</i>
12	Blocks	Methodology
13	Timeline	<i>Syllabi</i> , assessment
14	Blocks	<i>Syllabi</i>
15	Blocks, arrows	<i>Syllabi</i>

Source: The author

4 Proposed solution

Wyner *et al.* said: “Controlled Natural Languages (CNLs) are engineered languages which use a selection of the vocabulary, morphological forms, grammatical constructions, semantic interpretations, and pragmatics which are found in a natural language” [21]. In this paper, the use of a controlled language called pre-conceptual schemas is proposed. According to Zapata, a pre-conceptual schema is a way to represent knowledge by using a controlled language [22]. Moreover, pre-conceptual schemas use simple notation, they are easy to understand, and they are adaptable to any domain of knowledge [23]. Their notation can be summarized in Fig. 16.

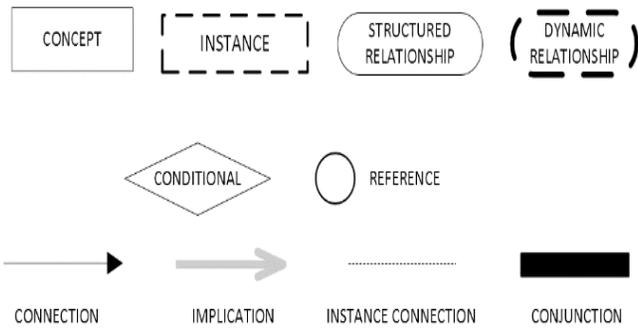


Figure 16. Symbolology of pre-conceptual schemas. Source: [22]

By using pre-conceptual schemas, it is possible to graphically represent any educational aspects. The pre-

conceptual schema in Fig. 17 represents the scope of the definition of a curriculum in general.

When recalling a definition of curriculum, which educational aspects involve: methodology, theoretical foundation, context, objectives, *syllabi* and *syllabus*, teaching-learning-assessment strategies, and resources [2], it is important to note that the previous graphical representation has three main aspects: Methodology, Content, and Teaching-Learning-Assessment.

In Fig. 17, a general-purpose definition of curriculum is represented, with several educational aspects. Such graphical representation uses just one symbology, this is the pre-conceptual schema.

In order to create a specific orientation towards content in a knowledge area, the usage of templates is recommended.

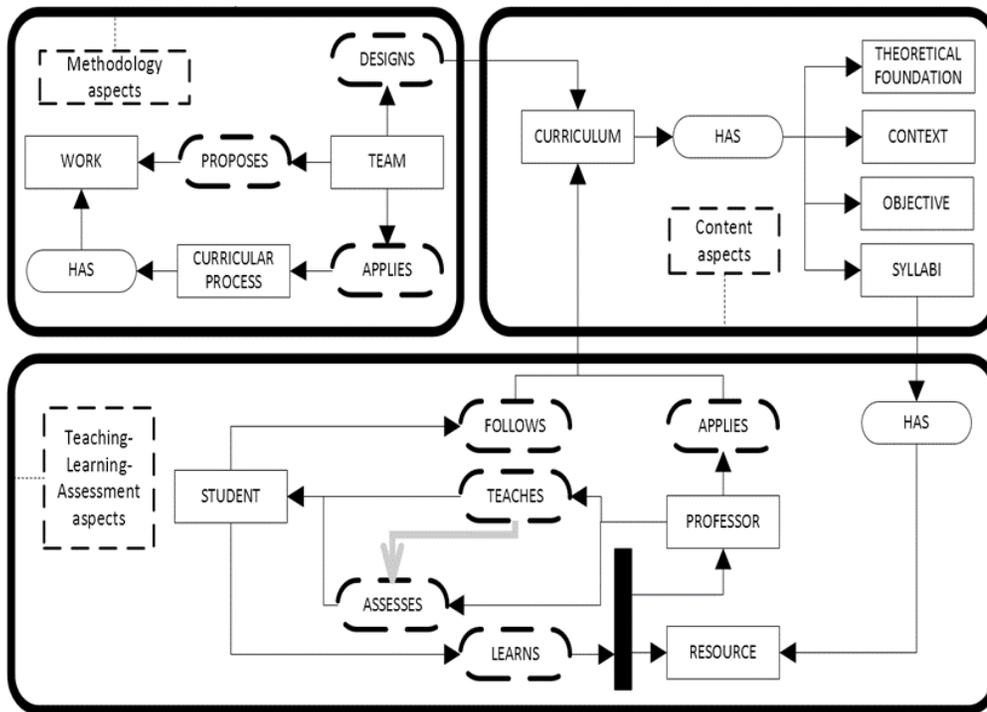


Figure 17. The scope of the definition of a curriculum in general. Source: The author

4.1 Template for methodology aspects (Curriculum Processes)

Curriculum processes are a series of steps that indicate how curriculum development is performed. As its name implies, it is a continuous and systematic process that must be developed in order to reach the goals [24]. In such a stage, the following template for methodology is declared, which has been expressed in a pre-conceptual schema in Fig. 18.

The pre-conceptual schema shows the definition of a general methodology, in which the values of the stages can be altered according to the designer's criteria.

In this case, the stages of doing research, a background study, and planning with a proper team are described; then, performing the execution of the proposal, and getting some feedback.

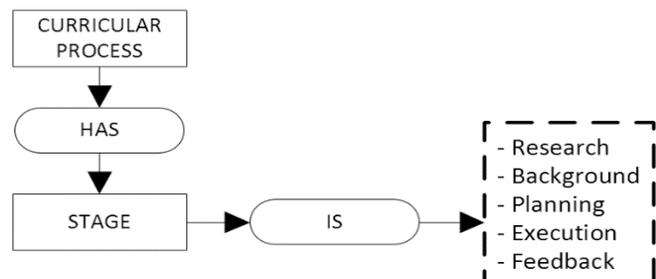


Figure 18. Template for methodology aspects. Source: The author

4.2 Template for content aspects (Curriculum)

The main content should be referenced from the proposal of the ACM, AIS, and IEEE Computer Society, given the nature of the computing-related undergraduate programs. For a theoretical foundation, there is a great ocean of pedagogical approaches on which to base curriculum design.

The concept of context refers to the study of the geographic and socio-cultural scenario where the curriculum will be applied. Finally, the final educational purposes will be expressed as objectives. The following templates (Fig. 19-20) show such representations. The former deals with the composition of the theoretical background, and the latter deals with the main topics in the field of computing, as the content of the curriculum; it is important to emphasize that the disciplines proposed by the Computing Curricula are a set of 5 well-defined areas of knowledge.

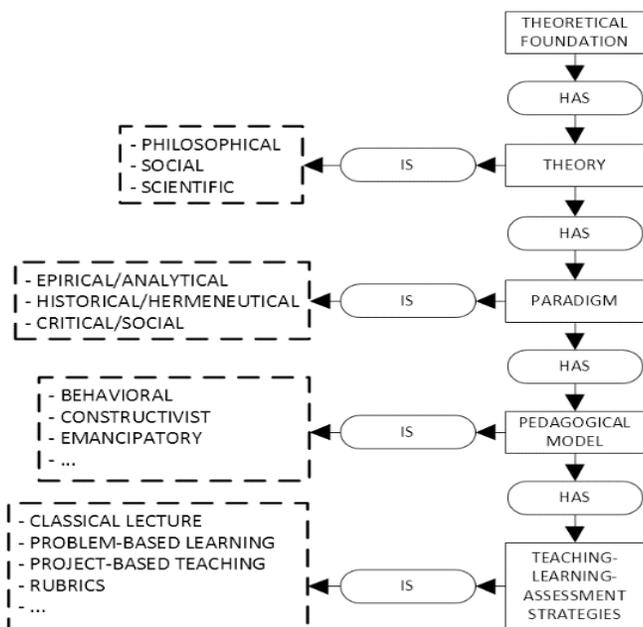


Figure 19. Template for content aspects (Theoretical foundation). Source: The author

According to the previous templates, the theories and paradigms regarding the educational aspects are a finite set. However, pedagogical models and teaching-learning-assessment strategies have been produced in a wide variety.

Fig. 20 represents which of the main topics in the field of knowledge in computing should be considered in the *syllabi* for a computing-related undergraduate program. This is possible thanks to the guide of the recommendations of the Computing Curricula.

Specific courses can be designed by using the following template as shown in Fig. 21. Such template establishes the way in which a course can be configured. Note that the concept COURSE has an inner structure of attributes; so, they can be adapted according to each program.

Within the symbology of the pre-conceptual schemas, the previous templates have used the values that are the elements that usually change according to each curriculum proposal.

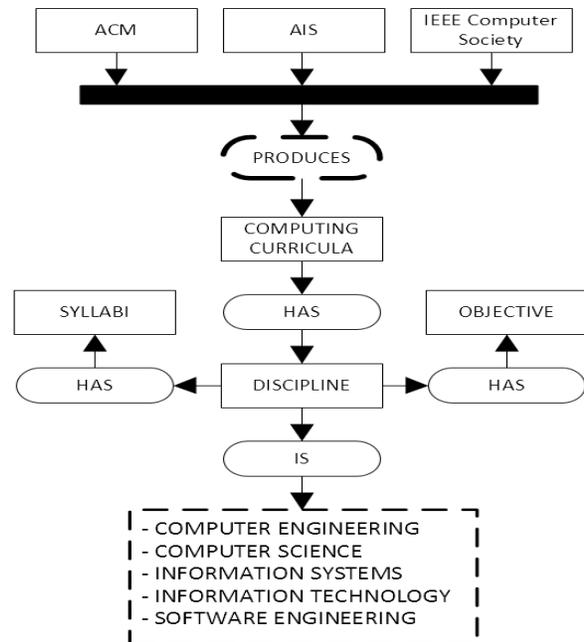


Figure 20. Template for content aspects (*Syllabi*). Source: The author

It is important to clarify that it is not intended to build a standard for curriculum design, but rather to use a controlled language to establish a common framework of reference when proposing curricular designs.

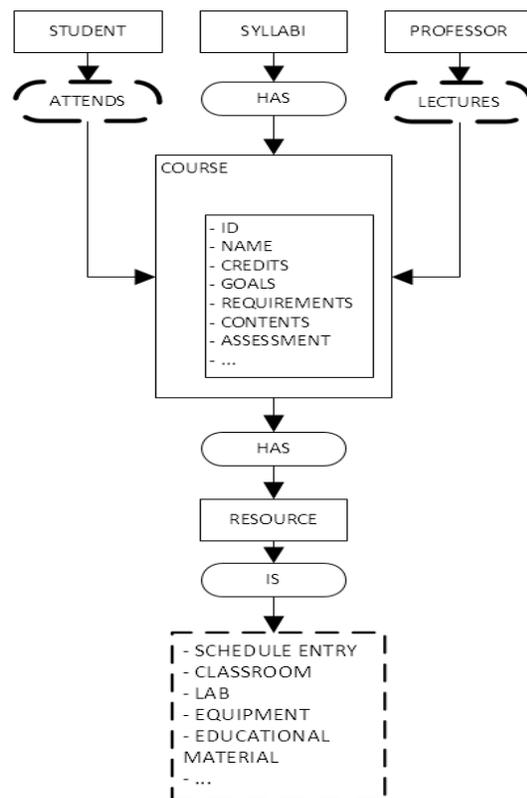


Figure 21. Template for course design. Source: The author

5 Benefits

The use of pre-conceptual schemas simplifies the representation of knowledge through a controlled language. It is a graphical representation which is able to explain any educational aspect using the same symbology.

Given the nature of the pre-conceptual schemas, the possibilities of design are unlimited, when making curriculum proposals, a series of templates that will serve as a design guide is proposed; However, it is not intended to create a model of construction, but to give the guidelines of design orientation.

Pre-conceptual schemas have very specific design rules, which guarantees a clear representation of concepts at the time of designing a curriculum.

6 Conclusions

From their inception, the pre-conceptual schemas were created as an intermediate scenario for automatically obtaining the conceptual graphs for the UML notation. Its field of action has been mainly software engineering, especially the engineering requirements, as a mechanism of representation of knowledge from natural language.

In this paper, it was demonstrated that the pre-conceptual schemas can be used in any scenario where knowledge requires to be represented graphically. In this case, curriculum design benefits from the advantages of using pre-conceptual schemas.

In essence, the problem of heterogeneity of curriculum designs cannot be solved. However, some guidelines to minimize the problem of the lack of communication between computing-related undergraduate programs, by using a common controlled language are described in this proposal.

With the use of pre-conceptual schemas, it is possible to represent any educational aspect using the same symbology. This situation can facilitate the reading and monitoring of curricula, as well as the interaction between them, and their evaluation.

7 Future work

In educational matters, several things remain pending to be worked on. First off, the production of templates represented in pre-conceptual schemas for the design of teaching-learning activities within a classroom would be very interesting.

This paper emphasizes the motivation aspects, which are supremely important to the success of the teaching and learning processes. In this vein, the creation of a repository of ludic activities written entirely in pre-conceptual schemas would be very useful when incorporating classroom activities into curriculum designs. In addition, activities for validating the proposal will be required in the future.

References

- [1]. ACM, AIS, and IEEE-CS., Computing curricula 2005. ACM SIGCSE Bulletin #34, 2005. DOI: 10.1145/1121341.1121482
- [2]. Clarke, A., Johal, T., Sharp, K. and Quinn, S. Achieving equivalence: a transnational curriculum design framework. International Journal for Academic Development, 1324(July), pp. 1-14, 2015. DOI: 10.1080/1360144X.2015.1092444
- [3]. White, H.D., Computing a curriculum: descriptor-based domain analysis for educators. Information Processing and Management, 37(1), pp. 91-117, 2001. DOI: 10.1016/S0306-4573(00)00013-3
- [4]. Longenecker, H.H. and Landry, J., Use of failure in IS development statistics: lessons for IS curriculum design, 14(September), pp. 44-61, 2016.
- [5]. Burkett, W., Constructing a workable computer information science/computer science curriculum: a template for developing a cross-discipline model. Journal of Information Technology Education, 1(1), pp. 65-76, 2002. DOI: 10.28945/345
- [6]. Cuadros-Vargas, E., Silva-Sprock, A., Delgado-Castillo, D., Hernández-Bieliukas, Y. and Collazos, C., Evolution of the computing curricula for computer science in Latin America 2013. Proceedings of the 2013 39th Latin American Computing Conference, CLEI 2013. DOI: 10.1109/CLEI.2013.6670628
- [7]. Desai, M. and von der Embse, T., A synergistic strategy for MIS curriculum development: response to rapidly advancing information technology. College Student Journal, 35(4), pp. 552+, 2001.
- [8]. Ding, E., Luo, B., Zhang, D., Ge, J., Shao, D. and Wang, H., Research and practice on software engineering undergraduate curriculum NJU-SEC2006. 2011 24th IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training (CSEEdT), pp. 492-496, 2011.
- [9]. Ehie, I.C., Developing a Management Information Systems (MIS) curriculum: perspectives from MIS practitioners. Journal of Education for Business, 77(3), pp. 151-158, 2002. DOI: 10.1080/08832320209599064
- [10]. Espinosa, E., Cejas, M., Escobar, S.M. y Villapol, M.E., Las competencias requeridas en el egresado de ingeniería de software: análisis y perspectivas del rediseño curricular en la carrera. Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Ecuador. Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2016-July. 2016.
- [11]. Fichman, R.G., Dos Santos, B.L. and Zheng, Z., Digital innovation as a fundamental and powerful concept in the information systems curriculum. MIS Quarterly, 38(2), pp. 1-15, 2014. DOI: 10.25300/MISQ/2014/38.2.01
- [12]. Navarro, M., Foutz, T., Thompson, S. and Singer, K.P., development of a pedagogical model to help engineering faculty design interdisciplinary curricula, International Journal of Teaching and Learning in Higher Education, 28(3), pp. 372-384, 2016.
- [13]. Golden, D. and Matos, V., Introducing the unified modeling language into the information systems curriculum. Journal of Information Systems Education, 17(1), pp. 83-93, 2006.
- [14]. Krassowski, E., Plante, E., Windfuhr, K.L., Faragher, B., Conti-Ramsden, G.B.N., Marton, K. and Tomblin, J.B., International Journal of Language and Communication Disorders / Royal College of Speech and Language Therapists, 42(2), pp. 130-153, 1999. DOI: 10.1086/250095
- [15]. Martinez, D.R. and León Luna, C., Management a computer science curriculum based on project learning. 38th Latin America Conference on Informatics, CLEI 2012 - Conference Proceedings. 2012. DOI: 10.1109/FIE.1998.738607
- [16]. Nakayama, M., Current topics in the design of HCI courses with computer science curricula. 2015 19th International Conference on Information Visualization, 2015, pp. 255-258. DOI: 10.1109/iV.2015.53
- [17]. Ontiveros, E.P.H. and Antolínez, S.V., Design, construction and implementation of a professional education program of software engineering: Design curriculum experience for the software industry. Proceedings of the 2013 39th Latin American Computing Conference, CLEI 2013. 2013. DOI: 10.1109/CLEI.2013.6670623
- [18]. Ristov, S., Jovanov, M., Gusev, M. and Mihova, M., Curriculum reorganization and courses' Collaboration in Computer Science, (April), pp. 349-354, 2016. DOI: 10.1109/EDUCON.2016.7474577
- [19]. Villapol, M.E., Castillo, Z., Acosta, A.E., Gómez, M., Bottini, A., Carmona, R. and Acosta, C., Analysis and diagnosis of the computer science program at the Central University of Venezuela: towards a competency-based curriculum design. Proceedings of the 2013 39th Latin American Computing Conference, CLEI 2013. DOI: 10.1109/CLEI.2013.6670609
- [20]. Wang, X., Huang, W. and Liu, X., Design and analysis of a new undergraduate curriculum, 2011, pp. 117-124.
- [21]. Wyner, A., Angelov, K., Barzdins, G., Damljanovic, D., Davis, B., Fuchs, N. and Sowa, J. On controlled natural languages: properties and prospects. International Workshop on Controlled Natural Language, 1(1), pp. 195-196, 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-14418-9_

- [22]. Zapata-Jaramillo, C.M., Definición de un esquema preconceptual para la obtención automática de esquemas conceptuales de UML. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 2007.
- [23]. Zapata, C.M., Arango, F. and Gelbukh, A., Pre-conceptual Schema: a UML Isomorphism for Automatically Obtaining UML Conceptual Schemas. Lecture Notes in Computer Science (Artificial Intelligence and Bioinformatics), 4293(65), pp. 27-37, 2006. DOI: 10.1.1.152.9690
- [24]. Myburgh, S. and Tammaro, A.M., 8 - Designing curricula BT - exploring education for digital librarians. In Chandos Information Professional Series (pp. 173-183). Chandos Publishing. 2013.

J. Insuasti, is an associate professor in the Systems Engineering Department at University of Nariño, Pasto, Colombia. His interests include software design and implementation, and game development, amongst others. He especially enjoys working with Microsoft technology. His academic career is as follows: BSc. Systems Engineer (University of Nariño - 1999), MSc. in Higher Education Teaching (University of Nariño - 2010), English Proficiency (San Jose State University - Silicon Valley - 2010), MSc. in Internet Systems (The University of Liverpool - 2014). Currently, insuasti is PhD candidate on Education in Colombia, and he is studying his second PhD in Engineering - Systems and Computing at Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
ORCID: 0000-0002-3233-3577

La autoevaluación: alternativa constructivista para la metacognición y el rendimiento académico en un curso de Ingeniería Industrial

Luisa Fernanda García-Martínez

Facultad de Psicología, Universidad San Buenaventura Seccional Cali, Colombia. luisafdagarcia95@hotmail.com

Resumen— Se evaluó el impacto de la autoevaluación como alternativa constructivista para el fortalecimiento de la evaluación del aprendizaje en un grupo de estudiantes de Introducción a la Ingeniería, de primer semestre de Ingeniería Industrial en la Universidad San Buenaventura-Cali, Colombia. Como principal resultado se encontró que la autoevaluación por rúbrica, contribuyó de manera favorable en la toma de consciencia del proceso educativo, de la relación medios fines para dar respuesta a las demandas académicas en primer semestre, y perfilar cambios, transformaciones y acciones favorables para el rendimiento académico, redundando en un mejoramiento del desempeño. Se resalta como otro hallazgo relevante, que la autopercepción del proceso educativo, está determinado en gran medida por el tipo de evaluación de aprendizaje al que se enfrentan los estudiantes, y por la retroalimentación ofrecida después de cada práctica evaluativa. A mayor tradicionalismo en el instrumento de evaluación utilizado y escasa retroalimentación, menor probabilidad de metacognición.

Palabras clave— autoevaluación; constructivismo; metacognición; introspección; proceso académico; evaluación formativa.

Recibido: 22 de agosto de 2018. Revisado: 11 de enero de 2019. Aceptado: 28 de febrero de 2019.

Constructivist alternative for metacognition and academic performance in an undergraduate industrial engineering course

Abstract— This research aims at studying the impact of self-evaluation as a constructivist alternative for strengthening the evaluation of learning in a group of freshman industrial engineering students enrolled in a course titled Introduction to Engineering from the San Buenaventura University in Cali, Colombia. Analyses showed that self-evaluation by rubric contributed favorably to the awareness of the educational process, to the relationship between process and goals in order to respond to academic demands during the first semester, and for outlining changes, transformations and favorable actions for academic performance that contributed to academic improvements. It is important to highlight that another relevant finding showed that the student's self-perception of his/her educational process was determined, to a large extent, by the type of learning assessment he/she had to face and by the feedback offered after each evaluative practice. The more traditionalism was used in the evaluation instrument and the fewer opportunities for offering feedback, the lower the probability of metacognition.

Keywords— self-evaluation; constructivism; metacognition; introspection; academic process; formative evaluation.

1 Introducción

El auge de los recientes paradigmas y regulaciones por parte del Estado Colombiano como el enfoque por competencias, las

evaluaciones estandarizadas Saber Pro, los sistemas de acreditación, entre otros, y tendencias internacionales como las certificaciones de agencias como ABET, concentran la atención en formar profesionales de alta calidad, que tengan un desarrollo íntegro, con capacidades para ejercer una ciudadanía más activa y responsable. Esta apuesta ha derivado en modelos que propenden por un alumnado con mayor autonomía y autogestión, y con mayor habilidad para que el mismo individuo sea el principal movilizador de sus aprendizajes. Involucramiento, protagonismo, responsabilidad, entre otros, se constituyen en ejes centrales del proceso de enseñanza-aprendizaje, que se suman a la expectativa de favorables resultados de los aprendizajes. Ante ello, cobra cada vez más relevancia la evaluación del aprendizaje como un movilizador de otras formas del proceso educativo, a la vez, que se la concibe como una herramienta eficiente para fomentar y monitorear los niveles de logro de los aprendizajes.

Perspectivas constructivistas del aprendizaje subrayan cada vez más el efecto positivo de prácticas evaluativas en las que el estudiante se posiciona como un agente activo de su proceso académico, donde la participación en la construcción y validación de indicadores de aprendizaje, lo sitúan en un plano protagónico. De esta manera, la selección adecuada y diversa de procedimientos e instrumentos de valoración del aprendizaje le permite al estudiante ser coherente con trayectos de aprendizaje y expectativas respecto de logros y resultados. Una alternativa evaluativa que impulse y posibilite en el estudiante, no solo la capacidad para leer su propio proceso académico, sino actuar sobre éste, movilizado por la exploración y motivación por lo nuevo y por el descubrimiento, posicionarán la evaluación como una fuente indiscutible de formación. La autoevaluación se configura entonces como una estrategia y herramienta promotora de oportunidades para el aprendizaje significativo, junto con el desarrollo de capacidades metacognitivas, en contraposición de una evaluación meramente certificadora, sumativa y memorística, que no impacta, como se espera, sobre la autonomía y creatividad. Estrategias de evaluación formativa [9] en las que se incorporan la autoevaluación por rúbricas, propenden por el mejoramiento del desempeño académico, favoreciendo la metacognición y la

Como citar este artículo: García-Martínez, L.F., La autoevaluación: alternativa constructivista para la metacognición y el rendimiento académico en un curso de Ingeniería Industrial. *Educación en Ingeniería*, 14(27), pp. 138-147, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

introspección como camino para transformar prácticas y optimizar estrategias académicas.

La autoevaluación, como lo muestra la literatura, es una herramienta que favorece positivamente el proceso de formación profesional, ya que estimula el desarrollo de dimensiones psicológicas deseables en el ser humano como lo son: la autonomía, orientación al logro, autorregulación, y capacidades metacognitivas e introspectivas, teniendo como resultado un mejoramiento en la construcción y formación de profesionales de alta calidad.

Así entonces, esta investigación, apoyada en algunos postulados del constructivismo y la psicología cognitiva, focalizada en la importancia y trascendencia de otras formas de enseñanza-aprendizaje y de otras formas de monitoreo y valoración de resultados de aprendizaje en educación superior, se ocupó de la autoevaluación como alternativa constructivista que favorece el rendimiento académico. La evaluación de los aprendizajes en educación superior al tenor de los nuevos paradigmas educativos, como es el caso del enfoque por competencias, viene siendo reformada, y el vario pinto de opciones evaluativas reafirma el convencimiento que la evaluación es un excelente recurso para el aprendizaje en los entornos educativos. Autores como Bustamante [1], Díaz [2], Guerra [3] y Coll [4], entre otros, han insistido en diversas investigaciones, en los efectos la evaluación en los procesos de aprendizaje y el rendimiento académico, reiterando la tendencia a posicionar métodos evaluativos eficaces y capaces de albergar la riqueza motivacional del evaluado [4]. En esta perspectiva, la autoevaluación se afianza de forma armónica y coherente con los procesos evaluativos focalizados en el resultado de aprendizaje, ya que impulsa la consciencia del propio conocimiento, dando paso a la metacognición y a la toma de decisiones informada para procesos de mejoramiento [2]. El proceso evaluativo contribuye a la mejora de los procesos enseñanza-aprendizaje y a la calidad educativa, sin embargo, se han generado contradicciones cuando en nombre de los parámetros de la calidad la evaluación deriva en motivaciones extrínsecas y alejadas del deseo del sujeto de aprendizaje [1].

La autoevaluación se presenta como una alternativa evaluativa capaz de afirmar e integrar al alumnado en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje. Este proceso tiene como resultado todo un empoderamiento y posicionamiento del estudiante, llevándolo a visualizar la forma como tramita sus metas de aprendizaje, y a tener lectura crítica y consciente de sus fortalezas, vulnerabilidades, valores y hábitos de estudio, entre otros. La autoevaluación, deviene en un compromiso que hace del alumno un agente activo, involucrado y participativo en su rendimiento, mejora y calidad educativa.

Desde esta perspectiva, de manera aunada, cobra fuerza la evaluación formativa, ya que resignifica los tradicionales roles educativos, en los que el docente es poseedor del conocimiento y el estudiante, aquel actor educativo que de manera pasiva los recibe, memoriza y recita. Es formativa en tanto, que a la vez que se implementa, transforma la experiencia, afianza y acrecienta la motivación por el proceso metacognitivo, la autonomía, regulación y orientación al logro.

2 Metodología

Estudio empírico analítico, de tipo cualitativo, cuyo objeto de indagación central es la autoevaluación, que de acuerdo con autores como Bustamante [1], Díaz [2], Guerra [3] y Coll [4], favorece y/o fortalece, entre otras, la autorregulación, autonomía y orientación al logro. La población objeto de estudio estuvo constituida por 20 estudiantes de primer semestre de Ingeniería Industrial en el periodo 02 de 2017, que cursaron la asignatura: *Introducción a la Ingeniería*, caracterizada por jóvenes de primer semestre de Ingeniería Industrial, que están en la fase de transición de la educación media a la educación universitaria. Como instrumentos de recolección de información, se utilizó una rúbrica analítica instrumental, y como recurso para recabar información cualitativa, el grupo focal. La rúbrica fue construcción propia, de acuerdo con los objetivos de la investigación y la revisión de la literatura escogida para este estudio.

Los rangos de tiempo para cada aplicación fueron las siguientes:

Tabla 1.
Temporalidad de la aplicación

Aplicación	Fecha de aplicación
Primera aplicación	4 de agosto del 2017
Segunda aplicación	1 de septiembre del 2017
Tercera aplicación	6 de octubre del 2017

Fuente: La autora

Entre aplicación y aplicación, se tuvo un mes de diferencia, entre otras, teniendo en consideración que un semestre académico dura 18 semanas calendario.

La investigación se llevó a cabo en las siguientes etapas:

- Indagación y formulación del problema: evaluación, autoevaluación, constructivismo y rúbrica
- Diseño y construcción propia del instrumento autoevaluativo por rúbrica. Se utilizó una rúbrica tipo analítica o matriz analítica instrumental.
- Primera aplicación: entrega de la rúbrica con el propósito de que autoevaluaran su propio proceso académico en general. Se le pidió a cada estudiante enumerarse del 1 al 20, esto con el fin de proteger su identidad y promover el derecho a la confidencialidad. Luego se realizó un grupo focal con preguntas semiestructuradas enfocadas en comprender algunas prácticas que fortalecen y/o obstaculizan el mejoramiento del proceso académico. Para el grupo focal, la población objeto de estudio se dividió en dos grupos de 10 estudiantes cada uno. Se analizaron dichos resultados y se generaron informes individuales, que fueron entregados posteriormente a cada estudiante.
- Segunda aplicación: los estudiantes previamente habían estado expuestos a un ejercicio evaluativo a partir de la exposición grupal de un tema asignado. La autoevaluación se focalizó en una lectura del resultado y del proceso en esta actividad grupal. El grupo focal estuvo direccionado a comprender algunos de los desafíos cognitivos y de valores al trabajar en equipo para el logro de una meta: exposición. El grupo focal se organizó según la división de los grupos

designados por el profesor. Se analizaron los resultados y se generaron informes individuales, que posteriormente fueron entregados en reunión grupal.

- Tercera aplicación: La última aplicación se realizó con las indicaciones de autoevaluación según la percepción obtenida bajo una actividad formal evaluativa de tipo individual. Posteriormente, se realizó el grupo focal constituido por tres grupos aleatorios. Se analizaron los resultados y se compartieron informes individuales por escrito.
- Por último, se preguntó a los estudiantes su opinión sobre la autoevaluación por rúbrica.

2.1 Rúbrica

Herramienta útil para prácticas educativas focalizadas, orientadas a fines específicos y a resultados de aprendizaje. “En el nuevo paradigma de la educación, las rúbricas o matrices de valoración se están utilizando para darle un valor más auténtico o real, (...) El propósito es mejorar la calidad de la enseñanza y de los aprendizajes” [1, pp. 5] Como se puede resaltar algunos autores como López [6], Bonnie & Bruk [5], Rodríguez [7] y Carrasco [8] afirman, desde sus diferentes posturas y textos académicos, la importancia y características de la rúbrica como herramienta que favorece el ejercicio educativo. Así López [6] denomina que la rúbrica “es un instrumento que facilita la evaluación del desempeño de los estudiantes, (...) Este instrumento podría describirse como una matriz de criterios específicos (...) basándose en una escala de niveles de desempeño y un listado de aspectos que evidencian el aprendizaje, los conocimientos y/o las competencias alcanzadas por el estudiante” [6, pp.1]

Aunque López [6], subraya el efecto facilitador de la “rúbrica” como propuesta para evaluar el desempeño de los estudiantes, Bonnie & Buck [5] contemplan la rúbrica como un instrumento que ayuda, por su misma naturaleza, no solo a realizar una valoración integral y auténtica, sino que propone un acompañamiento o guía en el proceso educativo de los estudiantes. Estos autores consideran que la rúbrica es un instrumento que promueve la autenticidad de la evaluación, a la vez que garantiza y promueve un aprendizaje profundo y autónomo en los estudiantes [7].

2.2 Rúbrica analítica o matriz analítica instrumental

La rúbrica analítica responde también al nombre “matriz analítica instrumental”, describe diferentes tipos de desempeños académicos que se clasifican por niveles, que son secuenciales y progresivos. La rúbrica analítica se perfila como una opción a las demandas de una evaluación detallada y enfocada “Hace posible crear un perfil de las fortalezas y debilidades específicas de cada estudiante con el fin de establecer un curso de acción para mejorar éstas últimas” [7, pp.3-4]. Otros autores proponen que este tipo de rúbricas son adecuadas para la construcción de una evaluación amplia y compleja [9].

La rúbrica analítica utilizada en el estudio fue de creación propia y la clasificación por desempeño se realizó de forma cualitativa y ascendente. Cada nivel de desempeño tuvo una atribución numérica, así:

Tabla 2. Conversión

Básico	Intermedio	Superior	Muy superior
1	2	3	4

Fuente: La autora

En el despliegue de la rúbrica analítica cada dimensión psicológica: autonomía, orientación al logro y autorregulación, cuentan con cierto número de atributos, constituidos por algunos elementos que llenan de contenido cada dimensión, Díaz [2] y Coll [4]:

Tabla 3. Atributos

Autonomía ¹	Orientación al logro	Autorregulación
-Responsabilidad frente a mi proceso educativo	-Establezco metas y objetivos en mi proceso académico	-Anticipo, explico y controlo mi proceso académico
-Control de mi proceso académico	-Genero acciones para lograr y superar mi desempeño académico	-Empleo estrategias académicas
-Posición que tengo frente a mi proceso académico	-Oriento, modifico y reevalúo	-Monitoreo los conocimientos adquiridos
-Libertad para elaborar planes y programas de estudio	-Enfatizo y valoro los aciertos y desaciertos de mi practica académica para hacer los acuerdos cambios	-identifico las dificultades a las que me enfrente cuando tengo que llevar a cabo deberes académicos, y hago lo posible por superarlas.
-Tomar decisiones y hábitos propios		

Fuente: La autora

Tabla 4. Resultados aplicación No. 1

	Autonomía					Orientación al Logro				Autorregulación						
	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O3	O4	A r1	A r2	A r3	A r4			
E1	3	3	4	3	3	16	4	3	4	3	14	4	3	2	4	12
E2	2	3	2	3	3	13	4	3	2	3	12	3	2	2	3	10
E3	3	2	3	2	4	14	3	3	2	3	11	2	2	3	4	11
E4	3	2	3	4	4	16	3	4	3	3	13	4	3	1	4	12
E5	2	3	2	3	4	14	3	2	2	4	11	2	3	3	4	12
E6	2	3	3	2	2	12	3	3	2	3	11	2	2	2	2	8
E7	2	2	3	2	3	12	2	2	2	3	9	3	2	2	2	9
E8	2	1	3	1	1	8	2	2	3	2	9	3	3	2	4	12
E9	3	2	2	3	4	14	2	3	2	2	9	4	4	1	4	13
E10	2	1	1	1	1	6	2	2	1	1	6	2	1	2	1	6
E11	3	2	4	2	1	12	3	3	2	3	11	3	3	3	3	12
E12	2	2	2	3	3	12	4	3	2	3	12	3	3	2	4	12
E13	2	4	4	2	3	15	4	3	4	3	14	3	2	3	4	12
E14	3	2	1	2	2	10	1	2	1	3	7	3	2	2	2	9
E15	2	2	4	2	2	12	2	3	1	4	10	2	2	2	2	8
E16	1	3	3	1	3	11	4	3	2	2	11	3	3	3	4	13
E17	1	3	1	2	3	10	4	4	1	3	12	4	1	4	4	13
E18	2	2	2	2	3	11	4	4	3	3	14	3	2	2	2	9
E19	2	1	3	2	1	9	3	2	2	2	9	2	3	2	2	9
E20	1	1	2	1	2	7	1	1	2	2	6	2	1	2	1	6

Fuente: La autora

¹ La dimensión psicológica *autonomía* contiene cinco atributos ya que se encuentra que éstos son constituyentes importantes para generar un abordaje más completo de esta dimensión.

Tabla 5.
Resultados acumulativos

Aplicación	Ap1			Ap2			Ap3		
	Au	Or	Arr	Au	Or	Arr	Au	Or	Arr
E1	16	14	12	13	12	11	19	16	16
E2	13	12	10	13	0	10	14	13	13
E3	14	11	11	16	12	10	14	13	13
E4	16	13	12	18	13	11	17	14	14
E5	14	11	12	13	11	10	15	10	12
E6	12	11	8	13	11	11	12	9	9
E7	12	9	9	11	9	9	12	9	10
E8	8	9	12	N.A	N.A	N.A	10	8	10
E9	14	9	13	14	9	13	14	10	12
E10	6	6	6	5	4	4	N.A	N.A	N.A
E11	12	11	12	17	15	16	14	13	15
E12	12	12	12	17	15	16	14	9	12
E13	15	14	12	17	13	13	9	7	7
E14	10	7	9	8	5	6	8	6	6
E15	12	10	8	11	9	12	12	11	10
E16	11	11	13	15	11	13	14	9	8
E17	10	12	13	17	11	9	14	10	10
E18	11	14	9	15	11	13	14	9	8
E19	9	9	9	9	8	9	12	10	10
E20	7	6	6	8	5	6	N.A	N.A	N.A

Fuente: La autora

Los resultados obtenidos se organizaron de acuerdo con 3 dimensiones psicológicas a saber: Autonomía, Orientación al logro y Autorregulación. Los acumulados obtenidos se convirtieron en porcentajes de 0,00% (N.A) hasta 100%. De este modo se pueden vislumbrar los porcentajes obtenidos por cada estudiante según la dimensión y aplicación.

2.3 Categorías de análisis

2.3.1 Autonomía

Desde el constructivismo, la autonomía se entiende como la dimensión psicológica donde “El alumno es el responsable de su propio proceso de aprendizaje. Él es quien construye (o más bien reconstruye)” [10, pp.12] desde esta posición el estudiante tiene responsabilidad, no en conocer su proceso educativo, sino en ser autor principal ante el desarrollo de éste. La autonomía entonces representa la atribución de la responsabilidad y acciones que se dan dentro del proceso académico, esto supone reposicionar el rol tradicional del estudiante y situarlo como fuente activa de la práctica de enseñanza-aprendizaje.

2.2.2 Orientación al logro

La orientación al logro representa las acciones que determinan las metas u objetivos que el propio estudiante, por medio de estímulos, va orientando, modificando y reevaluando. Un tipo de evaluación capaz de manifestar el proceso individual educativo que ayuda a “enfatar y valorar los aciertos o logros que los alumnos van consiguiendo en el proceso de construcción, en tanto consolida el aprendizaje” [11, pp.13)

2.2.3 Autorregulación

La autorregulación permite al estudiante poder anticipar, explicar y controlar su propio proceso educativo [10]. Esta tarea implica constantemente una evaluación centrada en el “yo”, es decir una continua autoevaluación que permita vislumbrar los diferentes momentos del proceso de aprendizaje propio. Esto les permite poner “al descubierto la calidad de las representaciones y estrategias construidas por ellos, así como lo que a éstas les faltarían para refinarse o completarse” [11, pp.12)

3. Resultados

Los resultados se evidencian en algunas tablas-síntesis. En primer lugar, se representa la diferencia porcentual encontrada por cada estudiante y aplicación, según las dimensiones psicológicas valoradas: Autonomía, Orientación al logro y Autorregulación.

La aplicación estuvo acompañada con cada una de las evaluaciones parciales propuestas por el docente a cargo de la asignatura, una vez pasada una semana de la aplicación del parcial el profesor realizaba la retroalimentación y entrega de calificación a los estudiantes, en esa misma semana se aplicaba la rúbrica y el grupo focal, y una semana después, se realizaba la retroalimentación que hacía énfasis en las fortalezas de cada uno y las tendencias de Grupo de acuerdo con el tipo de técnica evaluativa utilizada por el docente.

Lo anterior, permitió un pivote reflexivo, al cual subyace la apuesta de que lo formativo en la evaluación no se refleja en la frecuencia, sino en la creatividad a nivel de instrumentos, tanto en el ejercicio constante de dialogo y reflexividad sobre lo propuesto a nivel de aprendizaje, como en lo favorecido como andamiaje desde las validaciones de acuerdo con determinados criterios, y los recursos para responder y adaptarse a las formas de certificación de saberes en el mundo universitario.

Tabla 6.
Autonomía²

Estudiante	1Aplíc	2Aplíc	3Aplíc
E1	33,33%	27,08%	39,58%
E2	32,50%	32,50%	35,00%
E3	31,82%	36,36%	31,82%
E4	31,37%	35,29%	33,33%
E5	33,33%	30,95%	35,71%
E6	32,43%	35,14%	32,43%
E7	34,29%	31,43%	34,29%
E8	44,44%	N.A	55,56%
E9	33,33%	33,33%	33,33%
E10	54,55%	45,45%	N.A
E11	27,91%	39,53%	32,56%
E12	27,91%	39,53%	32,56%
E13	36,59%	41,46%	21,95%
E14	38,46%	30,77%	30,77%
E15	34,29%	31,43%	34,29%
E16	27,50%	37,50%	35,00%
E17	24,39%	41,46%	34,15%
E18	28,21%	38,46%	33,33%
E19	30,00%	30,00%	40,00%
E20	46,67%	53,33%	N.A

Fuente: La autora

2 N.A: No Aplicó, No Asistió a Clase

Tabla 7.
Orientación al Logro³

Estudiante	1Aplíc	2Aplíc	3Aplíc
E1	33,33%	28,57%	38,10%
E2	48,00%	N.A	52,00%
E3	33,33%	36,36%	30,30%
E4	32,50%	32,50%	35,00%
E5	34,38%	34,38%	31,25%
E6	35,48%	35,48%	29,03%
E7	33,33%	33,33%	33,33%
E8	52,94%	N.A	47,06%
E9	32,14%	32,14%	35,71%
E10	60,00%	40,00%	N.A
E11	28,21%	38,46%	33,33%
E12	34,29%	40,00%	25,71%
E13	41,18%	38,24%	20,59%
E14	38,89%	27,78%	33,33%
E15	33,33%	30,00%	36,67%
E16	35,48%	35,48%	29,03%
E17	35,29%	32,35%	32,35%
E18	41,18%	32,35%	26,47%
E19	33,33%	29,63%	37,04%
E20	28,57%	23,81%	47,62%

Fuente: La autora

Tabla 8.
Autorregulación⁴

Estudiante	1Aplíc	2Aplíc	3Aplíc
E1	30,00%	30,00%	40,00%
E2	43,48%	N.A	56,52%
E3	32,35%	35,29%	32,35%
E4	30,77%	33,33%	35,90%
E5	34,29%	31,43%	34,29%
E6	28,57%	39,29%	32,14%
E7	32,14%	32,14%	35,71%
E8	54,55%	N.A	45,45%
E9	38,24%	26,47%	35,29%
E10	60,00%	40,00%	N.A
E11	28,57%	35,71%	35,71%
E12	31,58%	36,84%	31,58%
E13	37,50%	40,63%	21,88%
E14	45,00%	25,00%	30,00%
E15	29,63%	33,33%	37,04%
E16	40,63%	34,38%	25,00%
E17	38,24%	32,35%	29,41%
E18	29,03%	35,48%	35,48%
E19	33,33%	29,63%	37,04%
E20	54,55%	45,45%	N.A

Fuente: La autora

De acuerdo con los resultados obtenidos, (véase a la Tabla 6, 7, 8) se evidencian las transformaciones que los estudiantes tuvieron frente a su proceso académico en relación a las dimensiones psicológicas: autonomía, orientaciones al logro y autorregulación, evaluadas por esta investigación. Así, el procesamiento estadístico vislumbra las variaciones y construcciones dadas por los estudiantes conforme a las diferentes actividades y etapas del semestre, propendiendo por el fortalecimiento de la capacidad metacognitiva e introspectiva que permiten tomar consciencia de los procesos que se juegan dentro de las aulas. Por ejemplo: el estudiante 13, en relación a las dimensiones psicológicas; autonomía, orientación al logro y autorregulación evidencia mayor conquista de éstas en la segunda aplicación (trabajo grupal expositivo) con un porcentaje de 41,46%,

así éste estudiante, futuro Ingeniero Industrial, conforme a la segunda aplicación, se autopercibe consciente de su proceso académico, y se concibe autoafirmado en conductas apropiadas para el rendimiento académico y en conquista en lo que en psicología educativa se llama carácter efectivo.

Este estudiante diseña y elabora planes a corto, medio y largo plazo que le indican las actividades y horarios académicos, además de hábitos propios para el mejoramiento de su proceso. Se suma a ello que, identifica y reconoce las metas y objetivos del curso, genera acciones concretas para el mejoramiento de su desempeño académico. Orienta, modifica y reevalúa las practicas que emplea para las actividades académicas. Se propone entender aciertos y desaciertos con los que se enfrenta al mundo académico, entre otros. Complementa lo anterior, el hecho que monitorea sus conocimientos por medio de las evaluaciones, y mediante algunas otras actividades como talleres y repasos, de esta forma identifica las dificultades con las que se enfrenta al mundo académico.

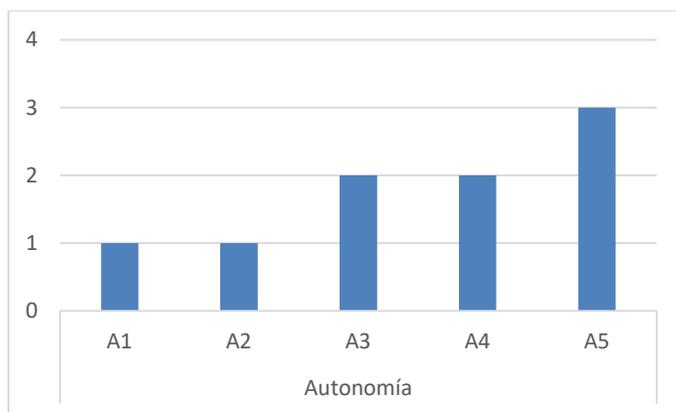


Figura 1. Grafica Barra de línea de resultados de Autonomía- Segunda aplicación, Estudiante-13
Fuente: La autora.

Tabla 9.
Resultados de Autonomía- segunda aplicación, Estudiante-13

Autonomía				
A1	A2	A3	A4	A5
1	1	2	2	3

Fuente: La autora

Tabla 9.1.
Frecuencia de resultados de Autonomía- segunda aplicación, Estudiante 13

1 Básico	2
2 Intermedio	2
3 Superior	1
4 Muy superior	

Fuente: La autora.

Tabla 10.
Resultados de Orientación al logro- segunda aplicación, Estudiante-13

Orientación al logro			
O1	O2	O3	O4
2	1	2	2

Fuente: La autora.

3 N.A: No Aplicó, No Asistió a Clase

4 N.A: No Aplicó, No Asistió a Clase

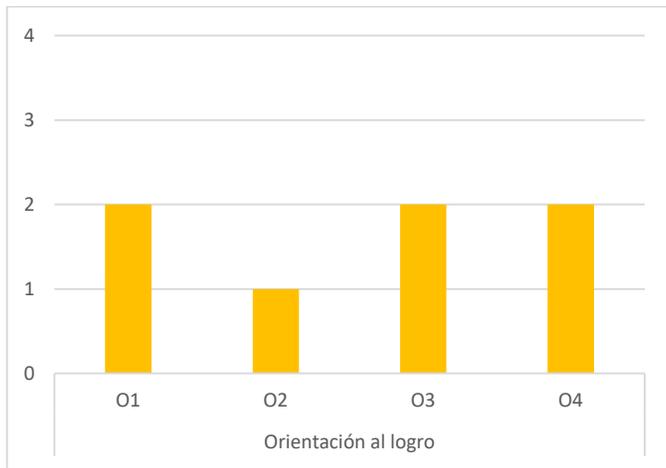


Figura 2. Grafica Barra de línea resultados de Orientación al logro- segunda aplicación, Estudiante-13
Fuente: La autora.

10.1. Frecuencia de Resultados de Orientación al logro- segunda aplicación, Estudiante-13

1 Básico	1
2 Intermedio	3
3 Superior	
4 Muy superior	

Fuente: La autora.

Tabla 11. Resultados de Autorregulación - segunda aplicación, Estudiante-13

Autorregulación			
AR1	AR2	AR3	AR4
2	2	1	2

Fuente: La autora.

En la tercera aplicación (parcial individual) el estudiante 13 muestra un porcentaje del 21,88% así, el futuro Ingeniero Industrial conforme a la tercera aplicación, se autopercebe como responsable de su proceso académico y cumplidor con las obligaciones, señala que con alguna ayuda puede organizar y planificar sus actividades académicas, posee interés y compromiso por su proceso académico. Que elabora planes a corto y medio plazo que le permiten organizar actividades académicas, esto como una práctica propia que le ha permitido tomar decisiones autónomas. Identifica y reconoce las metas y objetivos del curso.

Tabla 11.1.

Frecuencia de resultados de Autorregulación - segunda aplicación, Estudiante-13

1 Básico	1
2 Intermedio	3
3 Superior	
4 Muy superior	

Fuente: La autora.

Identifica las recomendaciones dadas por el profesor como un mecanismo de mejoramiento, de esta forma orienta su proceso académico. Reconoce aciertos y desaciertos en su proceso, con ayuda del profesor. El estudiante 13 establece una mirada a sus capacidades académicas con algunas estrategias que le permiten regular su proceso. Excepcionalmente monitorea sus conocimientos

por medio de las evaluaciones aplicadas en clase, por lo mismo identifica las dificultades con las que se enfrenta al mundo académico buscando mecanismos para el mejoramiento de éste.

Pareciera que el lente de su autoeficacia está determinado por la práctica evaluativa propuesta.

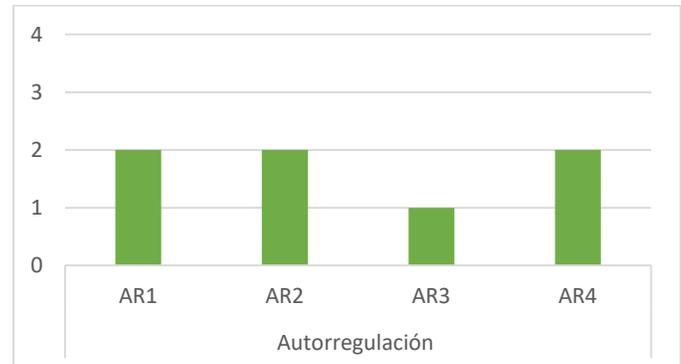


Figura 3. Grafica Barra de línea de resultados Autorregulación - segunda aplicación, Estudiante-13
Fuente: La autora

Tabla 12.

Resultados de Autonomía- tercera aplicación, Estudiante-13.

Autonomía				
A1	A2	A3	A4	A5
4	3	3	4	3

Fuente: La autora.

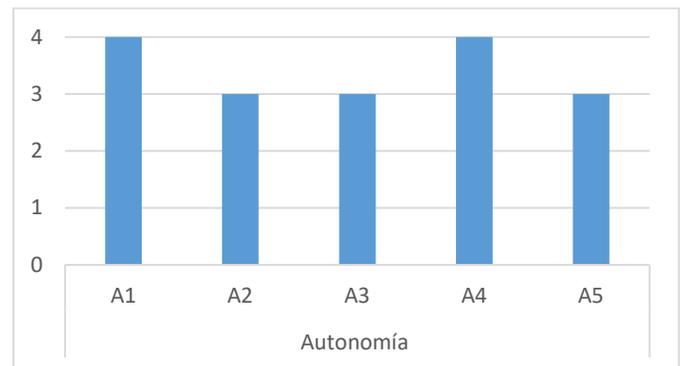


Figura 4. Grafica Barra de línea de resultados Autonomía – tercera aplicación, Estudiante-13.

Fuente: La autora.

Tabla 12.1.

Frecuencia de resultados de Autonomía – tercera aplicación, Estudiante-13

1 Básico	
2 Intermedio	
3 Superior	3
4 Muy superior	2

Fuente: La autora.

Tabla 13.

Resultados de Orientación al Logro- tercera aplicación, Estudiante-13

Orientación al Logro			
A1	A2	A3	A4
4	3	3	4

Fuente: La autora.

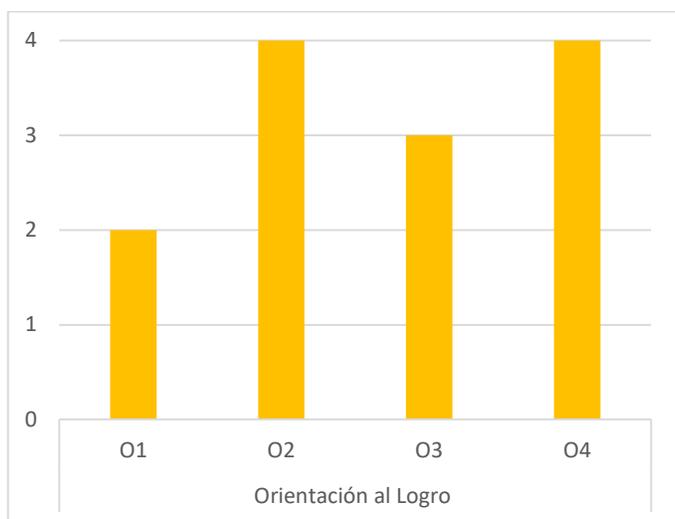


Figura 5. Grafica Barra de línea de resultados Orientación al Logro – tercera aplicación, Estudiante-13.

Fuente: La autora.

13.1.

Frecuencia de resultados de Orientación al Logro – tercera aplicación, Estudiante-13-

1 Básico	
2 Intermedio	1
3 Superior	1
4 Muy superior	2

Fuente: La autora.

Tabla 14.

Autorregulación- tercera aplicación, Estudiante-13

Autorregulación			
A1	A2	A3	A4
3	4	2	4

Fuente: La autora.

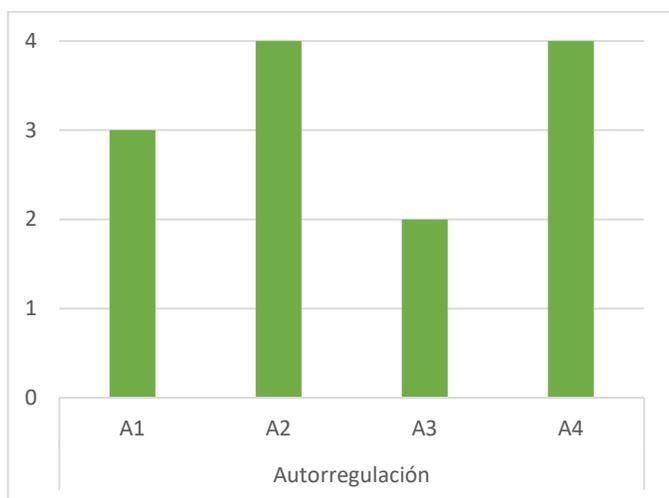


Figura 6. Grafica Barra de línea de resultados Autorregulación – tercera aplicación, Estudiante-13.

Fuente: La autora.

Tabla 14.1.

Frecuencia de resultados de Autorregulación– tercera aplicación, Estudiante-13.

1 Básico	
2 Intermedio	1
3 Superior	1
4 Muy superior	2

Fuente: La autora.

Los resultados arrojados demostraron el efecto que tiene la alternativa autoevaluación por rúbrica, ya que promueve la capacidad metacognitiva e introspectiva, permitiendo un proceso de evaluación formativo[10] con la capacidad de fomentar cambios, estrategias y prácticas que impliquen en el mejoramiento del desempeño académico, así en voz de un estudiante *“con respecto a la rúbrica, tuve en cuenta algunas cosas, me preparé con anticipación, destaque mi debilidad y luego de reconocerla hice algo para atacarla. Darle frente al problema”*. La alternativa autoevaluación por rúbrica dispone capacidades y naturaleza para propiciar en los estudiantes un proceso dispuesto para el mejoramiento de su desempeño académico, por medio del desarrollo de capacidades metacognitivas e introspectivas que motivan el conocimiento consciente de algunas dimensiones psicológicas deseables en la formación de estudiantes que optan por un título profesional. Así, encontramos que los resultados son *“Me permite ver el nivel y saber que tengo que hacer para subir, me anticipa para saber que corregir”*, esto se logra gracias a la construcción de niveles ascendentes de desempeño que le permiten al estudiantes ubicarse en determinado nivel y saber que pueden cambiar o que debe seguir manteniendo para el mejoramiento su proceso académico. Otra característica es que propenden por resignificar y modificar el rol de los estudiantes teniendo como resultado sujetos más activados y protagónicos frente a su proceso académico.

Las Tablas 6, 7 y 8 anteriormente presentadas demuestran las fluctuaciones y transformaciones que los estudiantes tuvieron alrededor del semestre, motivadas por variables que impulsan o dificultan el mejoramiento del proceso académico. Por lo anterior, se identifica algunas variables encontradas en la voz de los estudiantes obtenidas en el análisis de los grupos focales, por ejemplo: la tercera aplicación hacía relación a las actividades y conductas encontradas en los estudiantes frente a la evaluación parcial individual, se halló variaciones de tipo subjetivo: *“A mi casi no me gusta leer, y no me llama la atención la lectura”*, sociales: *“yo el mismo día del parcial hable con un amigo que sí había leído, le dije que me explicara un poquito sobre que se trataba, él me explicó y yo entendí”* y académicas: *“esa semana tenía dos parciales, medio suicida, pero me fue bien”* o *“En la segunda parte no fui tan responsable, porque la leí faltando dos días, pues porque era semana de parciales”*, esto indicando que estas variables fortalecen u obstaculizan el mejoramiento del proceso académico.

Estos son algunos de los resultados obtenidos en el análisis de primer grupo focal, indicando fortalezas, vulnerabilidades y valores encontrados como variables que inciden en el proceso académico, la categorización resulta de la transcripción y análisis de las entrevistas con los estudiantes:

Tabla 15.
Primer grupo focal

Fortalezas	Vulnerabilidad	Valores
-Independencia	-Los amigos	-Falta de dedicación
-Hábitos de estudio	-La calle	-La pereza
-Dedicación	-Dejarse llevar por el momento	-Ser tan confiado
-Responsabilidad	-La novia o el novio	-Descuidar el estudio
-Entrega	-Problemas familiares	-Estrés
-Programación oportuna	-La soledad	-Ser joven
-Esfuerzo	-Malas influencias	-Otras prioridades
-Tomar la iniciativa		

Fuente: La autora.

Como se refirió anteriormente, hay que reconocer las variables, mutaciones y resignificaciones que se dan en el proceso académico. Tal como se mencionó anteriormente, la población objeto de estudio son jóvenes en transición de la educación secundaria a la terciaria, de primer semestre de Ingeniería Industrial, y que transitan por una fase de adaptación al mundo universitario, a sus exigencias, normas, reglas de juego y moldeamientos. La educación media, tiene formas y estrategias diferenciales en cuanto a los niveles de exigencia y control; motivando otras formas de ser estudiante desde una perspectiva de mayor asistencia y protección.

Las exigencias universitarias resaltan el desarrollo de dimensiones psicológicas como la autonomía, orientación a logro y autorregulación ya que son deseables para la formación de profesionales integrales y con el sello de alta calidad.

En síntesis, se encuentra que sí existe relación entre lo anunciado en la literatura acerca del impacto que tiene la autoevaluación y la rúbrica, como instrumento evaluativo, capaz de fortalecer y desarrollar dimensiones psicológicas deseables para la formación de profesionales en alta calidad, integrales y éticos, por medio de procesos metacognitivos e introspectivos.

4. Discusión y conclusiones

Dado que el objetivo general de esta investigación se concentró en describir los efectos de la autoevaluación por rúbrica en el aprendizaje, en particular en las dimensiones psicológicas autonomía, orientación al logro y autorregulación en la población de estudio se ratifica que la autoevaluación por medio de la rúbrica tiene un efecto positivo y favorece la metacognición deseable en los nuevos paradigmas de la educación como la evaluación por competencias.

“Es un método de evaluación para uno mismo, saber cómo está llevando los desempeños, si estás haciendo bien las tareas. Cuando uno lee los campos si estás haciendo bien o mal el proceso. Uno puede saber en qué rango está uno, si estás haciendo las cosas mal o si las estás haciendo realmente bien” (Estudiante 00⁵). El fenómeno autoevaluativo ha ido tomando fuerza tras las innovaciones de las prácticas de enseñanza-aprendizaje, por consiguiente, se puede resaltar la importancia y uso de alternativas evaluativas en los espacios académicos universitarios. La innovación de este proceso ha reformado los roles existentes dentro de las aulas y añadiendo a la literatura

valiosos aportes de nuevas alternativas que ayudan y reestructuran el fenómeno evaluativo desde una modalidad formativa. Desde este punto de vista la autoevaluación juega un rol central y notoriamente sustancial, ya que por medio de este proceso se desarrollan “capacidades de autorregulación y reflexión sobre su propio aprendizaje” [10, pp.3].

La autoevaluación se presenta como una metodología evaluativa capaz de interrogar y cuestionar al estudiante sobre su propio proceso académico “la evaluación consiste en compartir el poder de la evaluación entre todos los grupos implicados: profesorado y alumnado” [12, pp.3]. Este proceso tiene como resultado todo un empoderamiento del estudiante ante su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, proporcionando un enriquecimiento a nivel subjetivo:

“La autoevaluación potencia el aprendizaje y el desarrollo (...), ya que es un proceso que ocurre al interior (...), a través de la reflexión crítica y colaborativa sobre las prácticas y desempeños en la misma, posibilitando la oportunidad para generar una plataforma de mejoramiento” [13, pp.1]

La autoevaluación es un método alternativo que compromete y motiva el desarrollo de la autonomía, orientación al logro y autorregulación en los estudiantes, ya que es “un compromiso del alumno consigo mismo y ya que el aprendizaje no es sino un proceso de comunicación, el alumno no sólo puede, sino que debe tomar parte en él, a riesgo de frustrar este mismo proceso” [13, pp.8]. La metodología utilizada permitió una lectura sistematizada, cualitativa y cuantitativa, que por medio de los informes realizados en la autoevaluación por rúbrica, condujo al estudiantes visualizar oscilaciones, tendencias y movimientos de su propio proceso académico, posibilitando la consciencia, reflexión, y por lo tanto, la introspección, para impulsar cambios, transformaciones o afianzamiento de acciones, conductas y prácticas del estudiante para con su proceso de aprendizaje y enseñanza.

En conclusión, se encuentra que la autoevaluación, justo al instrumento evaluativo por rúbrica, es una alternativa que fomenta y desarrolla dimensiones psicológicas humanas deseables para la formación de profesionales y a su vez mejorar el proceso académico, por medio de las capacidades metacognitivas e introspectivas, desde un componente formativo “en términos precisos, debe entenderse que evaluar con intención formativa no es igual a medir ni a calificar, ni tan siquiera a corregir” [14, pp.11] sino que es un camino, una guía, un conjunto de acciones y pensamientos que implican favorablemente en el proceso académico, mejorando tanto las capacidades cognitivas y emocionales de los estudiantes.

A partir del procesamiento estadístico y el análisis de los resultados, que demuestran las fluctuaciones que fueron presentaron en el proceso académico por parte de cada estudiante, se evidencia que existe un proceso de construcción académico donde inciden variables como las propiedades subjetivas, los escenarios sociales y las demandas académicas. Estas transformaciones constituyen a un fenómeno constructivo comprendido por la teoría constructivista, ya que existe la convicción de que “los seres humanos son productos de su capacidad para adquirir conocimientos y para reflexionar sobre

sí mismos” [10, pp.3] es decir, el constructivismo propende por significar al sujeto como un actor principal y encargado activo del desarrollo continuo y dinámico de sus conocimientos, y no como quien está determinado y encasillado o rotulado. Es por tanto que la autoevaluación por rúbrica permite ver las transformaciones, fuentes, indecencias y factores que posibilitan una mejora en los hábitos y rendimiento académico.

La Doctora en psicología Frida Díaz [2], autora referente de esta investigación y Cesar Coll [4], promueven la teoría constructivista como soporte teórico para comprender, explicar y analizar algunos fenómenos que se dan dentro del mundo educativo; como el proceso académico, y sus transformaciones, y la evaluación formativa.

En este contexto, la presente investigación es relevante ya que responde a las inquietudes encontradas en el mundo académico actual, como las nuevas reformas educativas, que en el paradigma de evaluación por competencias, han condicionado una nueva forma de evidenciar los productos del proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta alternativa, demostrada en la presente investigación, es coherente y consecuente con demandas educativas en las que se profesa por “Los métodos de evaluación a utilizar, los cuales deben ser capaces de evaluar una competencia de manera integral, buscando combinar conocimiento, comprensión, solución de problemas, niveles técnicos, actitudes y principios éticos en la evaluación” [15, pp.19]. Una de las grandes innovaciones en el área educativa, instauradas en el sistema es el modelo por competencias que sugiere la formación integral de profesiones de alta calidad. Este modelo educativo por competencias se ha ido formalizando en los espacios académicos, ya que comprende una versión más panorámica, personal e integral de la adquisición de saberes, saber ser y ser para la formación holística de profesionales. Gracias a lo anterior, se encuentra “la necesidad de incorporar nuevos sistemas de evaluación configurados por diferentes estrategias y recursos que permitan valorar el logro de las competencias por parte del alumnado” [16, pp.11], como es el caso de la autoevaluación por rúbrica que demuestra una fuerte tendencia para re-pensar, re-construir y re-evaluar, junto con la capacidad metacognitiva e introspectiva, mecanismos, estrategias, acciones y prácticas que fortalezcan el mejoramiento del proceso académico “*fue muy interesante conocerse a uno mismo y evaluarse, en que parte está fallando, en que está bien y así retroalimentarse. También pienso que es una forma de saber uno donde está mal, uno cuando lee, por ejemplo...me digo –verdad que yo estoy mal aquí, debo mejorar- y, si es algo bueno – debo mantenerme- y seguir por el buen camino” (Estudiante 00⁶)*

Otra de las conclusiones, apunta a que la autoevaluación por rúbrica es una alternativa que fomenta y/o fortalece el rendimiento académico, ya que por su naturaleza es capaz de promover prácticas metacognitivas e introspectivas, permitiendo valorar las prácticas y estrategias que tienen los estudiantes por medio de la toma de decisión consciente. La rúbrica no sólo permite al estudiante ubicarse en unos niveles de desempeño y tomar consciencia de su proceso académico, también sirve de guía de orientación para asumir nuevos retos y

prácticas, esto sucede porque el estudiante puede monitorear aquello que le permite favorecer el logro de una meta de acuerdo con las expectativas sociales y requerimientos institucionales.

La Universidad es el escenario educativo donde se forman sujetos profesionales que se encaminan hacia un mundo laboral, uno de sus objetivos ésta en moldear y conquistar en los sujetos ciertas conductas deseables y esperadas por este mundo. Este estudio demostró que este objetivo se cumple “*yo sabía que tenía un problema, tenía que estudiar de cierta forma autónoma en referencia a la lectura, como era mucha lectura, me dio mucha pereza hacerlo. Yo sabía que me daba pereza y así y todo no hice nada. No traté de mejorar o ver otros métodos, otra manera de estudiar bien para el parcial”*, la población de estudio es caracterizada en jóvenes de primer semestre de ingeniería “*obvio uno solo piensa a corto plazo, lo que voy hacer el fin de semana, no en dos años, ni tres años, pero eso es normal en uno, uno es joven, uno luego toma juicio, y sino no sé dónde terminaremos” (Estudiante 00)*. Poco a poco, los niveles de exigencia irán aumentando y los acoplamientos serán más estrechos. Por lo anterior es importante resaltar dimensiones como la autonomía, orientación al logro y autorregulación, donde permitirán al alumnado tener flexibilidad y adaptabilidad conforme a las demandas y exigencias de su entorno.

Cabe preguntarse qué sucede con aquellos estudiantes que no consiguen acoplarse a los estándares educativos a nivel de la educación superior ¿con qué recursos cuentan las universidades para acompañar estas diferencias? ¿Qué sucede con quienes no calzan en el arquetipo?

Es pertinente establecer y promover más investigaciones que vislumbren el ejercicio e implicaciones de la autoevaluación por rúbrica dentro del proceso formativo de profesionales, ya que como se ha indicado anteriormente, existen nuevas demandas por parte del mundo académico, como lo son el enfoque por competencias que requiere de nuevos sistemas de evaluación que permitan un abarcamiento integral de los y las estudiantes en su proceso académico.

Referencias

- [1] Bustamante, G. y Caicedo, L., Construcción social de la evaluación escolar, I.D.E.P, Julio 1998, pp. 7-123.
- [2] Díaz, F., Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida, México: Mc Graw Hill, 2005, pp. 3-18.
- [3] Guerra, M., Evaluación educativa 1: un proceso de dialogo, comprensión y mejora, Magisterio del Rio de la Plata, 1999.
- [4] Coll, C., Concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2002, pp 3-6.
- [5] Bonnie, M. y Buck Institute for Education, Guía para elaborar rúbrica, Eduteka, Abril 2013.
- [6] López, J.C., Cómo construir rúbricas o matrices de valoración, Eduteka, Diciembre 2014. DOI: 10.23878/alternativas.v16i3.73
- [7] Rekalde-Rodríguez, I. y Buján-Vidales, K., Las eRúbricas ante la evaluación de competencias transversales en educación superior, Revista Complutense de Educación, 25(2), pp. 355-374, 2014. DOI: 10.5209/rev_RCED.2014.v25.n2.41594
- [8] Carrasco, M.A., Guía básica para la elaboración de rúbricas, Universidad Iberoamericana Puebla, Septiembre 2007, 2 P.

⁶ Estudiante 00: En el grupo focal los estudiantes no fueron enumerados ni nombrados con el fin de hacer presente el ejercicio a su derecho de confidencialidad

- [9] Martínez-Rojas, J.G., Las rúbricas en la evaluación escolar: su construcción y su uso, *Avances en Medición*, 6, pp. 129-134, 2008.
- [10] Díaz, F. y Rojas, G., *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*, Segunda edición., Mc Graw Hill, 2002, 42 P.
- [11] Díaz, F. y Barriga, A., *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*, México: McGraw Hill (Compilación con fines institucionales), 2002.
- [12] Sáiz, M. y Gómez, G., El trabajo colaborativo en las aulas universitarias: reflexiones desde la autoevaluación, *Revista de Educación*, 344 pp. 355-375, 2007.
- [13] Santillana, N, La autoevaluación y evaluación externa de instituciones educativas, *Universidad de Autónoma del Estado de Hidalgo. Boletín Vida Científica*, 2013, DOI: 10.29057/esh.v1i2.1019
- [14] Álvarez-Méndez, J.M., *Evaluar para conocer, examinar para excluir. Razones y propuestas educativas*, Ed. Morata, S.L., España, 2001, pp.11-13.
- [15] Coll, C., Mauri, T. y Rochera, M.J., La práctica de evaluación como contexto para aprender a ser un aprendiz competente, *Profesorado - Revista de currículo y formación del profesorado*, 16(1), pp. 49-59, 2012.

L.F. García-Martínez, es estudiante de X semestre de Psicología de la Universidad San Buenaventura de Cali, Colombia. Llevó a cabo la investigación en el Grupo de Investigación en Evaluación y Calidad de la Educación GIECE- Categoría A en Colciencias, como modalidad de tesis en la categoría de investigación empírico analítica. La tutora fue de la docente-investigadora Dulfay Astrid González Jiménez, coordinadora del Grupo ORCID: 0000-0002-6914-0509..