



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOE 2014

Nuevos escenarios
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

DESARROLLO DE LA LÓGICA ALGORÍTMICA MEDIANTE EL TRABAJO COLABORATIVO Y EL USO DE DIAGRAMAS DE FLUJO

Augusto Salazar, Lucy García, Marlene Duarte, Eulises Domínguez

Universidad del Norte
Barranquilla, Colombia

Resumen

El fortalecimiento de la lógica algorítmica y la capacidad de aplicarla en la solución de problemas reales a través de la programación de computadores forma parte intrínseca del perfil profesional de cualquier ingeniero, independientemente de su especialización. La importancia del desarrollo de estas competencias en tiempos de la Sociedad de la información es evidente y por ende una necesidad que deben satisfacer todas las instituciones de educación superior en Ingeniería. Sin embargo, diversos estudios evidencian las limitaciones a las que se enfrentan los estudiantes de primer año, cuando por primera vez afrontan en esta temática.

La aplicación de una prueba de razonamiento científico (Test de Lawson) en 392 estudiantes de seis programas de ingeniería, durante el segundo semestre del 2013, muestra que el 86% de estudiantes todavía están en la etapa de pensamiento concreto o de transición. Falencias descritas se ven reflejadas en la asignatura Algoritmia y Programación I en la cual se desarrolla la lógica algorítmica como herramienta para la solución de problemas en los diferentes programas de Ingenierías de la Universidad del Norte.

En esta publicación se describe una metodología para el desarrollo de la lógica algorítmica mediante el trabajo colaborativo y el uso de los diagramas de Flujo. La experiencia se llevó a cabo durante el primer semestre del 2014 en dos cursos. Los resultados de la encuesta aplicada indican que los estudiantes valoran positivamente esta estrategia. Por otro lado el desempeño de estos estudiantes estuvo en un nivel medio alto con respecto a la métrica establecida por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación.

Palabras clave: diagramas de flujo; trabajo colaborativo; Test de Lawson; lógica algorítmica

Abstract

Strengthening the algorithmic logic and the ability to apply it in solving real problems through computer programming is an intrinsic part of the professional profile of any engineer, regardless of specialization. The importance of developing these skills in era of the information society is clear and therefore this requirement has to be met by all institutions of higher education in Engineering. However, several studies show the limitations that freshmen face when first faced in this area.

The application of scientific reasoning test (Test of Lawson) on 392 students in six engineering programs during the second half of 2013, shows that 86% of students are still in the stage of concrete thinking or transition. The failures described are reflected in the Algorithms and Programming I course in which algorithmic logic is developed as a tool for solving problems in different engineering programs at La Universidad del Norte.

In this publication a methodology for the development of algorithmic logic through collaborative work and the use of flow charts is described. The experiment was carried out during the first half of 2014 in two. The results of the survey conducted indicate that students positively evaluated the impact of the strategy on the learning process of algorithmic logic. In addition, the grades of these students were in a high average with respect to the metric established by the Department of Systems and Computer Engineering.

Keywords: flow diagrams; collaborative work; Lawson Test; algorithm logic

1. Introducción

El proceso de resolución de un problema basado en la lógica algorítmica tiene intrínseco un alto nivel de complejidad, al que los estudiantes se tienen que enfrentar al mismo tiempo que aprenden un modo completamente nuevo de expresar sus ideas. La combinación de estos factores genera en el estudiante un rechazo y frustración hacia la metodología que lleva a los altos niveles de mortalidad de la asignatura. El mismo problema es vivido desde el punto de vista del profesor que tiene que gastar gran cantidad de tiempo durante las primeras semanas de clase en correcciones de sintaxis en vez de instruir sobre los pasos del método de resolución de problemas como es mostrado por Carlisle, Wilson y Hadfield (2004).

Varios estudios han demostrado la importancia del aprendizaje visual, el cual está basado en figuras y diagramas de flujo. Según Richard, Felder (1988), la mayoría de estudiantes de universidad o mayores son mejores en el aprendizaje visual, por lo cual expresar sus ideas de este modo es natural para ellos. Desde 1947, cuando Shneiderman, Mayer, McKay y Heller (1977) describieron una metodología que ha sido base para el desarrollo del pensamiento algorítmico para la descripción de un proceso basado en bloques. Fiore, Cuevas y Oser (2003) describió como los diagramas de flujo pueden ser usados como un escalón para el desarrollo de complejos modelos mentales basados en el entendimiento de información compleja, los cuales pueden ser usados en la implementación de la resolución del problema. Nassi (1973) definió los diagramas de flujo como un nivel de abstracción entre el enunciado del problema y la y la solución algorítmica del mismo. Esta evidencia es soportada por el estudio de Scanlan (1987) en donde muestra que la gran mayoría de estudiantes prefieren el uso de diagramas de flujo para desarrollar su lógica algorítmica. Como apoyo para la enseñanza de los diagramas de flujo, también se utilizó la estrategia del trabajo colaborativo, cuya meta era lograr compromiso entre los participantes del equipo para obtener un esfuerzo equilibrado del aprendizaje de los algoritmos como herramienta para la solución de problemas, según Dillenbourg, p. (1999). Se ha comprobado que con esta estrategia se obtienen mejores resultados académicos, debido a que los estudiantes aprenden más, recuerdan por más tiempo, desarrollan habilidades de razonamiento superior y pensamiento crítico y, se sienten más valorados y confiados como lo afirma , Gómez, Gutiérrez, Cobos, Alamán. (2001). Sin embargo, para que los grupos colaborativos funcionen bien y efectivamente, se requiere: La existencia de una tarea, Responsabilidad Individual, Colaboración Mutua, Consideración Positiva, Interacciones Cara-a-Cara, Conformación de grupos pequeños.

2. Método

El diseño de la investigación, de carácter pseudo experimental, se basó en el trabajo realizado con dos sesiones intervenidas y 9 de referencia. Dado que el objetivo de la investigación consistía en determinar si existían diferencias significativas entre el desempeño académico de los estudiantes de acuerdo con la estrategia pedagógica aplicada, el análisis de los datos se realizó mediante un ANOVA simple de los datos del resultado académico de los estudiantes (variable dependiente) de los 11 grupos (factores).

2.1. Población, Muestra y Estrategia Pedagógica

La población con la cual se realizó la experiencia pedagógica está conformada por 304 estudiantes matriculados en 11 grupos pertenecientes todos a los programas de Ingeniería. La asignatura se encuentra en el segundo semestre del plan de estudios, excepto para los estudiantes de Ing. de Sistemas en cuyo caso se encuentra en primer semestre.

Como las sesiones eran de diferentes tamaños, se conformó al azar una muestra de 14 estudiantes por cada uno de ellos, con lo cual la muestra era de 154 estudiantes.

Un total de 8 profesores desarrollaron las clases de manera tradicional. A pesar de que para efectos de la investigación consideramos que los profesores de estas sesiones aplican una estrategia pedagógica tradicional, somos conscientes de que existen diferencias de acuerdo al estilo de cada profesor. Por este motivo no se sacó un solo grupo denominado tradicional sino que se dejaron los 8 grupos tradicionales como grupos separados.

En uno de los grupos se aplicó parcialmente una estrategia activa denominada Team Based Learning o TBL por sus siglas en inglés según Michaelsen y Sweet (2011). Esta estrategia es comúnmente utilizada en educación superior y consiste en una actividad colaborativa que se basa en el trabajo en equipos que no cambian a lo largo del semestre.

Para facilitar el procesamiento de los datos cada sesión (grupo) se representó mediante un consecutivo de la siguiente manera

Consecutivo	Grupos	Consecutivo	Grupos	Consecutivo	Grupos
1	Tradicional	5	TBL	9	Intervención
2	Tradicional	6	Tradicional	10	Tradicional / Sistemas
3	Tradicional	7	Tradicional	11	Tradicional / Sistemas
4	Tradicional	8	Intervención		

Tabla 1. Listado de grupos de la asignatura Algoritmia y Programación I Primer Semestre del 2014

2.2. La innovación pedagógica

La estrategia pedagógica que fue aplicado en dos de los grupos mixtos, se basa en...

Cada grupo intervenido de estudiantes fue dividido en grupos heterogéneos de 3 miembros. Con el fin de buscar la heterogeneidad se les pidió a los estudiantes que describan el proceso de vestirse en la mañana usando sus conocimientos previos de diagramas de flujo, estos diagramas fueron "evaluados" por otros dos estudiantes. El promedio de esta evaluación fue el indicador para la formación de grupos.

Después de una introducción formal de diagramas de flujo, el temario de la asignatura se basó en ejemplos más que en conceptos. A los grupos se les presentaron ejercicios con alto grado de complejidad que exige el trabajo de todo el grupo. La solución de cada grupo se rota a dos grupos para su "evaluación". El proceso de evaluación consiste en la verificación que el diagrama de flujo soluciona correctamente el problema. Cuando se descubre un "error" el grupo evaluador llama al profesor y junto a él se valida el mismo. Los errores son descritos en el mismo papel junto con una posible corrección. Finalmente los trabajos vuelven al grupo original donde se retroalimentan los comentarios con la ayuda del profesor. La experiencia estimula el uso de la lógica algorítmica mediante la discusión interna de grupo en el momento de la creación y evaluación de los diagramas de flujo.

3. Instrumentos

3.1. Prueba de razonamiento científico

Las habilidades de razonamiento científico en los estudiantes se identificaron utilizando una versión modificada de la Prueba de Razonamiento Científico en el Aula de Lawson (1978). La validez de la prueba original fue establecida en varios estudios (por ejemplo, Lawson, 1978, 1979, 1980, 1982, 1983, 1992, Lawson y Weser, 1990; Lawson, Baker, DiDonado, Verdi, y Johnson, 1993).

La prueba modificada incluye 24 preguntas de opción múltiple que identifican patrones de razonamiento relacionados con: conservación de magnitudes físicas, razonamiento correlacional, razonamiento probabilístico, razonamiento proporcional, identificación y control de variables y prueba de hipótesis con respecto a entidades observables y no observables (razonamiento hipotético-deductivo). De igual forma, los resultados del Test de Lawson permiten ubicar a los estudiantes en tres categorías de razonamiento: operaciones concretas, operaciones de transición y operaciones formales. La validez de la versión modificada fue establecida por Lawson (1999) y Lawson, Clark, Cramer-Meldrum, Falconer, Seaquist, y Kwon (2000).

3.2. Evaluación del desempeño académico de los estudiantes

Para determinar el desempeño académico de los estudiantes que participaron en la innovación pedagógica, tanto para los grupos intervenidos como para los grupos de referencia, los autores tomaron la nota obtenida en la primera evaluación parcial escrita individual de la asignatura (variable dependiente Nota). Esta calificación se obtuvo a partir de una prueba de opción múltiple. La prueba ofreció un resultado comparable entre todos los estudiantes que cursaron la asignatura, fue aplicada a través de la plataforma computacional de la Universidad a todos los estudiantes en la misma fecha.

El instrumento elaborado evaluaba los conceptos básicos de la lógica algorítmica desarrollados durante las cinco primeras semanas de clases: variables, operadores matemáticos, lógicos y relacionales; entrada y salida de datos, condicionales, ciclos repetitivos condicionales. La prueba está compuesta por preguntas clasificadas en cinco categorías, prueba de escritorio, completar el algoritmo, escoger la solución correcta, diagrama entrada-proceso-salida y evaluación de expresiones.

3.3. Valoración de la experiencia de aprendizaje

Uno de los autores, experto en pedagogía elaboró un instrumento (encuesta) que le permitía a los estudiantes de los dos cursos intervenidos expresar su percepción sobre los cambios metodológicos aplicados durante el semestre y cómo se reflejó en su proceso de aprendizaje. El instrumento para determinar el nivel de satisfacción con la metodología aplicada tenía dos componentes uno cuantitativo (nivel en la escala) y otro cualitativo con el cual era posible explicar con mayor profundidad los aspectos percibidos como positivos y/o negativo.

La encuesta de percepción, anónima, se aplicó después de la evaluación, momento en el cual el profesor había concluido la parte del curso dedicada solamente a los diagramas de flujo.

3.4. Deserción

La deserción es un tema relevante considerando que un estudiante que se retira antes de terminar el período académico, está indicando que no se siente preparado y por tanto podría interpretarse como una debilidad de la estrategia metodológica aplicada; bien sea porque no logró motivarlo lo suficiente para mejorar su desempeño, o porque definitivamente no pudo desarrollar las competencias requeridas para aprobar el curso. En atención a este supuesto, se realizó un análisis de la deserción de cada uno de los grupos.

4. Resultados

4.1. Resultados de la prueba de razonamiento científico

Las pruebas realizadas para medir el nivel de pensamiento a los estudiantes en el segundo semestre del 2013, utilizando la prueba de Lawson mostraron que el 86% de los estudiantes de iniciaron el curso de Algoritmia y Programación I se encontraban en tipos de pensamiento concreto o de transición. Estos resultados generaron gran preocupación en el cuerpo docente razón por la cual se creó la CAD (Comunidad de Aprendizaje Docente) de Algoritmos.

4.2. Desempeño académico de los estudiantes

Los resultados descriptivos de la prueba de evaluación del desempeño académico en la primera parte de las asignaturas se indican en la tabla 2. A simple vista se puede observar que existe una variación entre los promedios de los grupos, de la misma manera se observa que unos grupos tienen una mayor varianza que otros.

Grupo	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación
1	3,53571	1,02777	29,0683%
2	3,01429	1,35411	44,9232%
3	2,73571	1,06382	38,8862%
4	3,21429	1,14815	35,7201%
5	3,59286	0,891381	24,8098%
6	2,51429	1,45012	57,6754%
7	3,04286	1,40697	46,2384%
8	2,2	0,847621	38,5282%
9	3,77143	0,944969	25,056%
10	3,07143	1,33211	43,3709%

11	2,47143	0,70102	28,365%
Total	3,01494	1,19464	39,624%

Tabla 2. Resumen de estadísticas para la prueba de evaluación del desempeño

Para determinar si existían diferencias significativas entre las desviaciones estándar de la variable dependiente (Nota), dentro de cada uno de los 11 grupos se aplicó la prueba de Levenes (1.467) el cual arrojó un p-value de 0.158. Dado que el P-value es mayor que 0,05 podemos concluir que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar a un nivel de confianza del 95%.

A partir de los resultados del ANOVA simple de Nota por grupo (Tabla 3) y teniendo en cuenta que el p-value del estadístico es menor o igual a 0.05 podemos concluir que si existen diferencias significativas entre las medias de los diferentes niveles de la variable independiente (Grupo).

Fuente	Suma de Cuadrados	Df	Cuadrado de Medias	F-Ratio	P-value
Entre grupos	35,1306	10	3,51306	2,74	0,0041
Al interior de los grupos	183,225	143	1,28129		
Total (Corr.)	218,356	153			

Tabla 3. Anova Nota x Grupo

Para poder determinar entre cuales grupos existían diferencias entre las medias, se aplicó un procedimiento de múltiples comparaciones el cual muestra que existen diferencias significativas entre las 13 parejas mostradas en la Tabla 4. Con respecto a los dos grupos intervenidos (8 y 9), llama la atención que bajo estrategias similares obtengan diferentes resultados. El grupo 9 muestra una media superior con respecto a 4 grupos tradicionales, incluyendo uno de los grupos de Ingeniería de Sistemas. Otro aspecto de interés corresponde a los resultados del grupo 5 o TBL el cual corresponde a uno de los grupos de referencia. Se observa que el resultado de este grupo es superior a tres de los grupos tradicionales como a uno de los cursos intervenidos. También, que no solo los grupos que modificaron la estrategia pedagógica obtienen buenos resultados. Por ejemplo, el grupo tradicional 1, supera los resultados de un grupo intervenido y otros dos tradicionales.

Contraste	Diferencia	Contraste	Diferencia	Contraste	Diferencia
1 - 6	1,02143	4 - 8	1,01429	8 - 9	-1,57143
1 - 8	1,33571	5 - 6	1,07857	8 - 10	-0,87143
1 - 11	1,06429	5 - 8	1,39286	9 - 11	1,3
3 - 5	-0,85714	5 - 11	1,12143		
3 - 9	-1,03571	6 - 9	-1,25714		

Tabla 4. Comparaciones de diferencias entre medias

4.3. Valoración del aprendizaje de los estudiantes

En atención a la percepción de los estudiantes con respecto a la estrategia aplicada, en los dos grupos intervenidos muestra un alto nivel de motivación y asimilación de la metodología aplicada. Un 70% de los estudiantes se declararon entre Muy Satisfecho y Satisfecho con la metodología. Un 74% de los estudiantes manifestaron que la metodología usada para la retroalimentación entre grupos ayudo a su aprendizaje. De especial interés es el resultado que indica que el 83% de los estudiantes consideran que el uso de diagramas de flujo contribuyó en su desempeño en la evaluación. Un 77% de los estudiantes manifestaron que el uso de diagramas de flujo ayudo al paso de los pseudocódigo.

Análisis de deserción

Los resultados de deserción por grupo son, para el grupo 1 fue de 11.11%, para el grupo 2 fue de 16.67%, para el grupo 3 fue de 13.51%, para el grupo 4 fue de 20%, para el grupo 5 fue de 33.33%, para el grupo 6 fue de 25.81%, para el grupo 7 fue de 20.51%, para el grupo 8 fue de 11.43%, para el grupo 9 fue de 13.79%, para el grupo 10 fue de 11.54%, para el grupo 11 fue de 20%. Estos resultados indican que los grupos intervenidos al igual que otros tres cursos tradicionales ostentan los menores índices de deserción. En contraste, el grupo que aplicó TBL (5) tiene la deserción más alta.

5. Conclusiones

Los resultados indican la complejidad del proceso educativo, en el cual los resultados y el logro de los objetivos dependen de muchos factores, entre los que se destaca la estrategia pedagógica, el estilo de los profesores, la motivación y conceptos previos de los estudiantes, entre otros.

Los resultados de este piloto no muestran diferencias significativas entre los grupos intervenidos y el grupo que implementó TBL respecto de los grupos que utilizaron metodologías tradicionales. No obstante, estos hallazgos deben ser entendidos como preliminares, por lo cual es necesario más experimentación.

El TBL es una estrategia que implica un mayor esfuerzo por parte de los estudiantes, y que requiere adaptación. Es posible que el hecho de ser novedosa para el grupo pueda haber tenido efecto en los resultados, especialmente en el % de deserción.

Se destaca, no obstante, que en la prueba de percepción, los estudiantes de los dos grupos intervenidos manifestaron altos niveles de satisfacción y motivación con la asignatura. Sin embargo, una limitación del estudio es que el test no fue aplicado a los grupos de referencia.

Futuras líneas de investigación deben considerar diferentes instrumentos y contextos de aplicación, con el objeto de lograr conclusiones más generales sobre la aplicación del TBL como estrategia pedagógica en comparación con metodologías tradicionales.

6. Referencias

Artículos de revistas

- L. Cardellini, "AN INTERVIEW WITH RICHARD M. FELDER ENTREVISTA CON RICHARD M. FELDER," *Journal of Science Education*, vol. 3(2), pp. 62–65.
- Lawson, A.E., B. Clark, E. Cramer-Meldrum, K.A. Falconer, J.M. Sequist, Y. Kwon, (2000). "Development of scientific reasoning in college biology: Do two levels of general hypothesis-testing skills exist?" *J. Res. Sci. Teach.* 37, 81-101.
- Lawson, A. E. (1978), The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *J. Res. Sci. Teach.*, 15: 11–24. doi: 10.1002/tea.3660150103.
- L. K. Michaelsen y M. Sweet, "«Team-based learning», *New Directions for Teaching and Learning*", vol. 2011, n.o 128, pp. 41-51, 2011.
- M. C. Carlisle, T. A. Wilson, J. W. Humphries, and S. M. Hadfield, "RAPTOR: Introducing Programming to Non-majors with Flowcharts," *J. Comput. Sci. Coll.*, vol. 19, no. 4, pp. 52–60, Apr. 2004.
- Shneiderman, B., Mayer, R., McKay, D., & Heller, P. Experimental investigations of the utility of detailed flowcharts in programming. *Communications of ACM*, 1977, 20(6), 373-381
- S. M. Fiore, H. M. Cuevas, and R. L. Oser, "A picture is worth a thousand connections: the facilitative effects of diagrams on mental model development and task performance," *Computers in Human Behavior*, vol. 19, no. 2, pp. 185–199, Mar. 2003.

Libros

- Dillenbourg, P. (1999). *Collaborative Learning: cognitive and computational approaches*. Oxford, England, Pergamon, Elsevier Science Ltd.

Memorias de congresos

- D. Scanlan, "Data-structures Students May Prefer to Learn Algorithms Using Graphical Methods," in *Proceedings of the Eighteenth SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, New York, NY, USA, 1987, pp. 302–307.
- Gómez, Gutiérrez, Cobos, Alamán. (2001). *El aprendizaje colaborativo con soporte informático en el diseño de material para desarrollo del pensamiento abstracto en educación infantil. Una experiencia en didáctica de las matemáticas*. 3º Simposio Internacional de Informática Educativa, Portugal
- Lei Bao, et al., (2009). "Learning and Scientific Reasoning," *Science* 323, 586-587 (Jan.).

Sobre los autores

- **Augusto Salazar:** Ingeniero de Sistemas, Magister en Ciencias de la Computación, Profesor Investigador. augustosalazar@uninorte.edu.co
- **Lucy García:** Ingeniería de Sistemas, Doctora en Ciencias de la Ingeniería, Profesora Investigadora. lucyr@uninorte.edu.co
- **Marlene Duarte:** Ingeniera de Sistemas, Magister en Ingeniería del Software, Profesora. mduarte@uninorte.edu.co
- **Eulises Domínguez:** Psicólogo, Magister en Psicología, Coordinador Unidad de Formación Pedagógica Docente - CEDU. edomingu@uninorte.edu.co

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)