



**Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness**

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE UNA HEURÍSTICA EN INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

**Daniel Alfonso Mendoza Casseres, Daniris María Barros Sanguino, María del Pilar Maurello Moya,
Vanessa Castillo Salcedo, Wendy Díaz Donado**

**Universidad del Atlántico
Barranquilla, Colombia**

Resumen

Las estrategias de enseñanza y aprendizaje para el diseño en ingeniería deben orientarse a la aplicación y desarrollo de métodos que estimulen y favorezcan la formación de ingenieros más competitivos para solucionar problemas y mejorar procesos organizacionales. El uso de estrategias didácticas hacia el diseño es un factor clave porque facilita asimilar la información del sistema cognitivo del futuro ingeniero. En este orden de ideas se orientó esta investigación al desarrollo de un juego como estrategia didáctica enfocada hacia una de las actividades del diseño en ingeniería industrial, específicamente a la enseñanza y aprendizaje de un método de solución heurístico para modelos de transporte en el curso de investigación de operaciones. Aunque las fases de diseño de un estudio de investigación de operaciones son diversas, se abordó la fase del método de solución heurístico porque integra a las otras fases y permite acercarse a la solución óptima de modelos matemáticos. La construcción de la estrategia didáctica se centró en innovar metodológicamente la enseñanza y aprendizaje de una heurística que se explica, por lo general, mediante un algoritmo de memorización. Los estudiantes se constituyeron en parte activa del diseño del juego para los estudiantes del siguiente periodo mediante la relación de los componentes del proceso docente educativo: profesor, estudiantes y material de estudio. Se realizaron los siguientes pasos: identificación de la estrategia didáctica, diseño del juego de la Heurística de Vogel y aplicación de la estrategia didáctica que permitieron, posteriormente, evaluar el efecto en el rendimiento académico. Los resultados obtenidos indicaron que la estrategia didáctica de formación para la enseñanza y aprendizaje de la heurística de Vogel mejoró el rendimiento académico de los estudiantes jugadores comparada con los del semestre anterior que recibieron clase magistral. Además, una encuesta mostró la satisfacción de los jugadores con la nueva didáctica del proceso docente educativo y resaltaron la importancia de la participación de estudiantes en el diseño de la estrategia didáctica.

Palabras clave: estrategia didáctica; innovación metodológica; enseñanza y aprendizaje de heurística

Abstract

Teaching and learning strategies for the design in engineering must be directed to the application and development of methods that stimulate and encourage the formation of engineers more competitive to solve problems and improve organizational processes. The use of didactics strategies toward the design are a key factor because they make it easy to assimilate the information of the cognitive system of the future engineer. In this order of ideas, this research focused on the development of a game as didactic strategy geared toward one of the activities of the design in industrial engineering, specifically for the teaching and learning of a heuristic method of solution for transport models in the course of operations research. Although the design phases of a study of operations research are diverse, addressed the stage of the method of heuristic solution because it integrates to the other phases and allows approaching the optimal solution of mathematical models. The construction of the didactic strategy focused on innovate methodologically the teaching and learning of a heuristic that explains, in general, through an algorithm of memorization. The students were active part of the game's design for the students of the next period by the relationship of the components of the educational process: professor, students and study material. The following steps were realized: identification of the didactic strategy, design of the game of Vogel's Heuristics and application of the didactic strategy that allowed, later, to evaluate the effect in the academic performance. The results obtained indicated that the teaching strategy training for teaching and learning of the heuristics of Vogel improved the academic performance of students players compared with the previous semester who received master class. In addition, a survey showed the satisfaction of the players with the new didactics of the educational process, and highlighted the importance of the participation of students in the design of the didactic strategy.

Keywords: *didactic strategy; methodological innovation; teaching and learning of heuristic*

1. Introducción

Los métodos de enseñanza y aprendizaje deben orientarse tanto a la aplicación como al desarrollo de prácticas pedagógicas que además de estimular, favorezcan los procesos educativos entre estudiantes y profesores. En los programas de ingeniería, las estrategias pedagógicas deberían ser más agradables con menos énfasis a la memorización de procedimientos mecanizados, sin quitarles rigor académico (Ulloa, 2008). Por esta razón se hace necesario que a través del proceso educativo docente se propenda al desarrollo de didácticas que motiven a los estudiantes de ingeniería a alcanzar habilidades, enfocadas especialmente, hacia el diseño en ingeniería que es su función más importante. Al identificar las principales actividades del diseño en ingeniería como son la definición de un problema, la búsqueda de información, el establecimiento de criterios, la construcción de modelos, la solución de modelos y la selección de la mejor alternativa (Love, 1986), se podrían organizar didácticas para la apropiación de habilidades de los futuros ingenieros. El uso de estrategias para el aprendizaje hacia el diseño son una pieza clave porque facilitan asimilar la información que llega del exterior al sistema cognitivo del futuro ingeniero mediante su gestión, monitoreo, categorización, almacenamiento, recuperación y salida de los datos (Monereo, 1990). De ahí, que se tome al juego como una estrategia didáctica que podría ser efectiva si se aplica con una adecuada implementación metodológica (Mondeja, *et al.*, 2010). Estos métodos didácticos debe estimular y favorecer la formación de ingenieros más competitivos para solucionar problemas y mejorar procesos organizacionales (Graham, 2012).

De acuerdo a ese orden de ideas se orientó esta investigación al desarrollo de un juego como estrategia didáctica enfocada hacia una de las actividades del diseño en ingeniería industrial, específicamente a la enseñanza y aprendizaje de un método de solución heurístico para modelos de transporte en el curso de investigación de operaciones. Una razón por la cual se diseñó una didáctica para los métodos de solución obedece a que por lo general, los métodos consisten en algoritmos que se explican magistralmente y que tienden a ser mecanizados y memorizados por los estudiantes (declaraciones hechas por estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad del Atlántico). Esto puso de manifiesto que el proceso educativo es cada vez más complejo por lo que los docentes de la educación superior tienen nuevos retos para desarrollar habilidades y competencias que faciliten la educación (Moreno, 2011). Aunque se han desarrollado investigaciones de metodologías didácticas de juego como apoyo al aprendizaje a la clase magistral (Montes, *et al.*, 2010), el reto de esta investigación fue dirigido hacia una innovación metodológica para la enseñanza y aprendizaje de una heurística con participación de estudiantes en el diseño de la estrategia didáctica.

El problema de enseñanza aprendizaje de una heurística en investigación de operaciones consiste en que se aplican algoritmos para encontrar la solución y no un desarrollo mental del porqué se llega a la solución. Por eso, esta investigación se dirigió al desarrollo de un juego didáctico para que se generen en los estudiantes de ingeniería destrezas para comprender los algoritmos de solución desde la vivencia del problema real hacia el procedimiento matemático y no desde un procedimiento matemático mecanizado y memorizado. El docente se debe acoplar a los alumnos, compartir el conocimiento de una manera didáctica para obtener como resultado un nivel de aprendizaje uniforme (Waldegg, 2002). La construcción compartida y mutua del juego relacionó todos los componentes del proceso docente educativo: profesor (como un mediador transformador), estudiantes (líderes de la transformación), enseñanza, aprendizaje y material de estudio. Fue así como los estudiantes del programa de ingeniería industrial de la Universidad del Atlántico en el curso de investigación de operaciones del periodo 2012-01 se constituyeron como parte activa del diseño del juego para los estudiantes del periodo 2012-02.

El objetivo de la investigación consistió en el desarrollo de una estrategia didáctica innovadora para contribuir al diseño en ingeniería desde una pedagogía de acción y participación integral entre el docente, estudiantes y material de estudio. La didáctica se orientó en el diseño del juego de la Heurística de Vogel, que sirve para hallar una solución cercana a la óptima para problemas de transporte (temática del curso de investigación de operaciones). Se pretendió contribuir a la enseñanza y aprendizaje de métodos heurísticos de solución con una metodología de formación desde la vivencia del problema real hacia el procedimiento matemático.

2. Proceso didáctico en enseñanza y aprendizaje de la heurística

El modelo pedagógico de una institución incluye de manera obligatoria al estudiante, al docente y al saber. Se compone de varios elementos en interacción: propósitos, estrategias metodológicas (clave en el proceso enseñanza y aprendizaje), contenidos, secuenciación, recursos y evaluación (Flórez, 1999). De acuerdo a relación de las estrategias metodológicas con el proceso educativo docente se llegó en esta investigación a los siguientes pasos: identificación de la estrategia didáctica, diseño del juego de la heurística y aplicación de la estrategia didáctica.

➤ Identificación de la estrategia didáctica

La estrategia didáctica incide en la motivación del estudiante que aprovechará los recursos de que dispone para aprender (Sánchez, 2010). El juego puede ser una justa intervención pedagógica como estrategia para solucionar problemas en la ingeniería, especialmente, en el curso de investigación de operaciones donde se resuelven conflictos de intereses intentando encontrar una mejor solución llamada solución óptima (Hillier, *et al.*, 2010). Una manera de resumir las fases de diseño de un estudio de investigación de operaciones es la siguiente: 1. Definición del problema de interés y recolección de datos relevantes; 2. Formulación de un modelo matemático que represente el problema. 3. Desarrollo de un procedimiento para derivar una solución para el problema a partir del modelo; 4. Prueba del modelo y mejoramiento de acuerdo con las necesidades; 5. Preparación para la aplicación del modelo prescrito por la administración. 6. Implementación (Taha, 2012). Aunque las fases de diseño en un curso de investigación de operaciones merecen atención didáctica, se seleccionó la tercera fase porque se concentra en explicaciones matemáticas que dejan al lector en un nivel de mecanización. Posteriormente, se afrontó el dilema de elegir entre un método de optimización o un método heurístico. Se identificó la heurística por dos razones: conlleva a una aproximación de la solución óptima (M. Gilli, *et al.*, 2010) y se utiliza para dar solución a sencillos y complejos modelos matemáticos de un problema de investigación de operaciones (U. Aickelin, *et al.*, 2011). Esto facilitaba el diseño de una didáctica heurística para desarrollar destrezas del pensamiento permitiendo acercarse a una solución óptima mediante un algoritmo.

➤ **Diseño del juego de la heurística**

El juego fue diseñado con base al problema de transporte que consiste en la distribución de una mercancía desde *plantas* a centros de distribución (*cedis*). Los recursos de las plantas satisfacen las demandas de los centros de distribución minimizando los costos totales de transporte. Esta estructura permite el uso de métodos especiales de solución como el método heurístico de Vogel. El propósito del diseño fue brindar al estudiante una vivencia al interior de un sistema de transporte de mercancías donde se plantean estrategias de ahorro logrando un vínculo entre el juego y un correcto aprendizaje de la heurística. La metodología innovadora consistió en el diseño de la estrategia didáctica de estudiantes (que aprobaron el curso) para los estudiantes del periodo siguiente. Es decir, los estudiantes identifican competencias de un conocimiento específico en interacción con el docente para que el juego permita desarrollar habilidades profesionales en el aprendizaje de la heurística. Estos aspectos hacen parte de los retos curriculares necesarios para la excelencia de aprendizaje en ingeniería (Graham, 2012).

➤ **Aplicación de la estrategia didáctica**

Para solucionar un problema de transporte la suma de las demandas debe ser igual a la suma de los recursos ofertados, en caso que esto no ocurra se debe agregar ya sea un destino u origen ficticio con costos de transporte de cero (Taha, 2012). La interpretación consiste en lo siguiente: si una *planta* envía a un *cedi ficticio*, entonces la *planta* quedará con inventario; y si un *cedi* recibe de una *planta ficticia*, entonces el *cedi* quedará con faltantes. El problema propuesto para el desarrollo de la estrategia didáctica generó la necesidad de crear un centro de distribución ficticio para el balance, quedando un sistema con 3 *plantas* y 5 *cedis*.

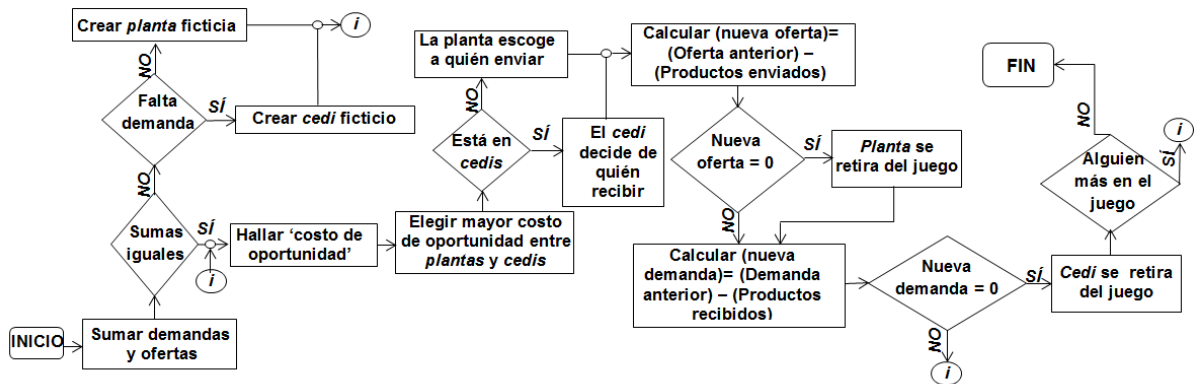
En el juego se creó un micromundo que simuló la existencia de un sistema conformado por plantas y centros de distribución. Los materiales de trabajo se representaron con fichas. Se asignó un espacio para el juego y en éste se distribuyeron cuatro sistemas donde cada uno se organizó como lo muestra la figura 1.

Figura 1. Distribución de los estudiantes en el área del juego



El grupo de investigación de operaciones del periodo 2012-02 de la Universidad del Atlántico, conformado por 35 estudiantes, cumplió con la sugerencia de no consultar la temática a abordar para que todos estuviesen en igualdad de condiciones al aplicar la estrategia didáctica. El juego involucró tareas como: cálculo de ahorros (costos de oportunidad), toma de decisiones sistemáticas, transporte de fichas y registro de información. Los roles asumidos por los estudiantes fueron los siguientes: *transportador*, encargado de registrar recursos, demandas y costos en un cuadro construido por los mismos estudiantes; *plantas* y *centros de distribución* quienes calculan sus costos de oportunidad y tienen poder de decisión. Una vez asignado aleatoriamente el rol que le correspondía a cada estudiante en el sistema (equipo) el docente dio una breve introducción del juego de aproximación de Vogel para asegurar la adecuada ejecución y apropiamiento de roles. Posteriormente, se inició el juego el cual consistió en una secuencia algorítmica constituida por varias iteraciones, la cual está ilustrada en la figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo para algoritmo heurística de Vogel diseñado por los autores



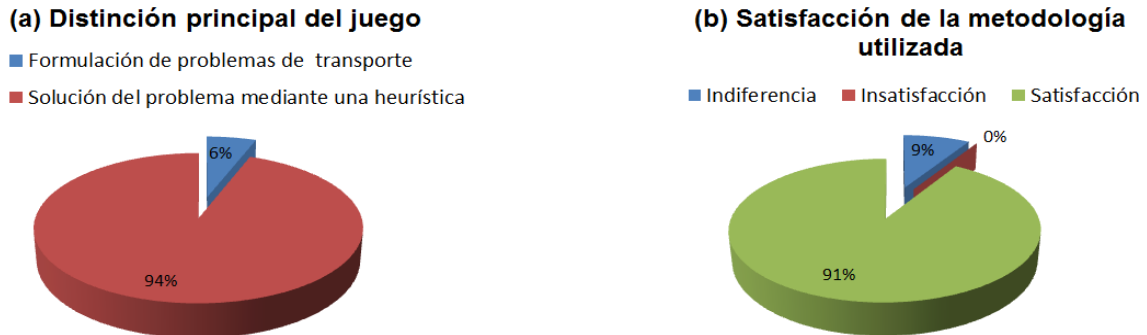
algoritmo comenzó con el balance del problema. Luego, cada *planta* halló el costo de oportunidad para enviar (diferencia de los dos menores costos) y cada *cedi* halló el costo de oportunidad para recibir (diferencia de los dos menores costos). Posteriormente, entre todos se comparó cuál era el costo de oportunidad mayor y quien lo tuviera podía escoger de quién recibir o en su defecto a quién enviar según su naturaleza. Una vez realizado esto el *transportador* realizaba su función y los jugadores a quienes se les modificó su demanda u oferta recalcularon dichos valores. Consecutivamente, se repite el algoritmo hasta que todas las demandas son satisfechas.

3. Resultados

Las soluciones heurísticas obtenidas por los equipos participantes fueron comparadas con la solución correcta del problema de transporte que se jugó. Los resultados de la didáctica mostraron un porcentaje de efectividad del 75%, dado que un equipo de cuatro no obtuvo los resultados correctos. En fechas posteriores, se desarrolló un taller donde se formuló y solucionó un problema de transporte utilizando la Heurística de Vogel. Luego se realizó una evaluación a los estudiantes para observar su aprendizaje en la formulación de modelos y la aplicación de la heurística. El desempeño de los alumnos en esta evaluación fue comparado con una prueba similar que se había hecho a los estudiantes del periodo 2012-01 quienes recibieron clase magistral más un taller. Finalmente, se realizó una encuesta a los estudiantes jugadores la cual abordó tres preguntas claves: satisfacción de la metodología de enseñanza y aprendizaje; distinción principal del juego y opinión de la participación de estudiantes del semestre anterior en el proceso de diseño de la didáctica.

La parte (a) de la figura 3 muestra que el 94% de los jugadores distinguió la etapa de diseño de la heurística de Vogel frente a la formulación de problemas de transporte. La parte (b) de la figura 3 muestra que el 91% de los jugadores se encuentra satisfecho con la estrategia didáctica que se pretende innovar. Además, el 89% de los jugadores manifestaron que la participación de los estudiantes fue un proceso constructivo.

Figura 3. Resultados de la encuesta realizada a los jugadores



comparación de los rendimientos académicos entre el grupo que recibió clase magistral (periodo 2012-01) y el grupo que utilizó la didáctica (periodo 2012-02) se realizó utilizando las evaluaciones que midieron los aprendizajes en formulación de problemas de transporte y la aplicación de la Heurística de Vogel. Las evaluaciones obtenidas no se comportaban como una distribución normal así que se eligió la prueba estadística Wilcoxon para dos muestras independientes que permite la determinación de las diferencias significativas entre las medianas de cada grupo (Serrano, 2003). Se usó la herramienta Statgraphics para la obtención de los resultados de las comparaciones del rendimiento de los dos grupos como se muestra en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Resultados de la comparación de ambos grupos en la formulación del problema de transporte

Formulación del problema de transporte.		Grupo 2012-01	Grupo 2012-02
	Medianas	2,5	3,5
	Valor-P	0,14272	
	Alfa (α)	0,05	

Tabla 2. Resultados de la comparación de ambos grupos en la aplicación de la heurística de Vogel

Aplicación de la Heurística de Vogel.		Grupo 2012-01	Grupo 2012-02
	Medianas	1	3,5
	Valor-P	0,001861	
	Alfa (α)	0,05	

4. Discusión

De acuerdo a la prueba de Wilcoxon, se evidenció que no existen diferencias relevantes entre ambos grupos (clase magistral periodo 2012-01 y didáctica periodo 2012-02) en cuanto a la formulación de problemas de transporte porque el Valor-P es mayor al valor de alfa (α) como lo muestra la tabla 1 donde se analizan las medianas obtenidas por los estudiantes de cada grupo como calificación por su capacidad para formular problemas de transporte. En cuanto al aprendizaje de la Heurística de Vogel se comprueba que existen diferencias significativas en el rendimiento académico entre los grupos 2012-01 y 2012-02 dado que el Valor-P es menor a alfa (α) como lo muestra la tabla 2 dejando como evidencia que la estrategia didáctica ayudó a enseñar y aprender la etapa de solución heurística del diseño en ingeniería.

Los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes que jugaron la heurística de Vogel registraron lo siguiente: un porcentaje elevado (91%) de satisfacción de la didáctica de enseñanza y aprendizaje; una alta distinción (94%) en la etapa de diseño de solución heurística y una opinión muy favorable (89%) de la participación de estudiantes del semestre anterior en el proceso de diseño de la didáctica.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que la estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la heurística de Vogel mejoró el rendimiento académico de los estudiantes que hicieron parte del juego comparada con los del semestre anterior que recibieron clase magistral. Esto muestra que el diseño innovador de metodologías didácticas realizadas por estudiantes para nuevos alumnos del siguiente periodo puede mejorar el aprendizaje, especialmente, en la etapa de solución del diseño en ingeniería como sucedió con el tema de transporte en investigación de operaciones. La utilización de metodologías de diseño donde se involucren profesor, estudiantes y material de estudio pueden convertirse en herramientas pedagógicas del proceso educativo docente para las clases en ingeniería. Las encuestas mostraron que los jugadores realizaron la distinción principal de la heurística de Vogel en la etapa del diseño, como también la satisfacción con la nueva didáctica de enseñanza y resaltaron la importancia de la participación de estudiantes en el diseño de la estrategia didáctica.

6. Referencias

- Aickelin, U. y Clark A. (2011). Heuristic optimisation. Journal of the Operational Research Society 62, 251-252.
- EDUTEKA (2008, Ulloa). ¿Qué pasa con la ingeniería en Colombia? Consultado el 12 de octubre de 2012 en <http://www.eduteka.org/IngenieriaColombia.php>
- Flórez, R. (1999). Hacia una pedagogía del conocimiento. McGraw-Hill, Bogota, D.C.
- Gilli, M. y Schumann, E. (2010). Optimal enough? Journal of Heuristic. Volume 17, Issue 4, pp 373-387.
- Graham, R. (2012). Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change. The Royal Academy of Engineering, Britain, pp 39.
- Hillier, F. y Lieberman G (2010). Investigación de operaciones. Novena Edición. Mc Graw Hill, pp 2-3.
- Love, S. (1986) Planning and Creating Successful Engineered Designs. Advanced Professional Development, Incorporated.
- Mondeja, D., Zumalacárregui, B., Martín, M. y Ferrer, C. (2010). Juegos didácticos: ¿Útiles en la Educación Superior?, Pedagogía Universitaria, Vol. 6, No. 3.
- Monereo, C. (1990). Las estrategias de aprendizaje en la educación formal: enseñar a pensar y sobre el pensar. Universidad autónoma de Barcelona, España.
- Montes, J., Hernández, H., López, J. y Chica, J. (2010). Impacto de los juegos didácticos como herramienta metodológica en el aprendizaje y la enseñanza de la ingeniería industrial. Revista Educación en Ingeniería, No. 9, pp. 37-48.
- Moreno, T. (2011). Didactics Higher Education: New Challenges in the XXI century, Vol. 50, No. 2, pp. 26-34.
- Sánchez, G. (2010). Las estrategias de aprendizaje a través del componente lúdico. Didáctica español como lengua extranjera.
- Serrano, R. (2003). Introducción al análisis de datos experimentales: tratamiento de datos en bioensayos. Universitat Jaume I, Castelló, pp 65-66.
- Taha, A. (2012). Investigación de operaciones, Novena Edición Pearson, pp 9-10, 175-201.
- Waldegg, G. (2002) Using New Technologies for Teaching and Learning Science. Perfiles educativos [online]. Vol.4, No.1, pp. 3-22. Consultado el 5 de septiembre de 2012 en <http://redie.uabc.mx/contenido/vol4no1/contenido-waldegg.pdf>

Sobre los autores

- **Daniel Alfonso Mendoza Casseres:** Docente Tiempo Completo Ocasional, Programa de Ingeniería Industrial, Universidad del Atlántico, Barranquilla (Colombia). Investigador del Grupo de investigación 3i+d. danielmendoza@mail.uniatlantico.edu.co
- **Daniris María Barros Sanguino:** Estudiante de VIII semestre de Ingeniería Industrial e integrante del Grupo de investigación 3i+d. Universidad del Atlántico, Barranquilla (Colombia). dmbarrros@mail.uniatlantico.edu.co
- **María Del Pilar Maurello Moya:** Estudiante de VIII semestre de Ingeniería Industrial e integrante del Grupo de investigación 3i+d. Universidad del Atlántico, Barranquilla (Colombia). mmaurello@mail.uniatlantico.edu.co
- **Vanessa Castillo Salcedo:** Estudiante de VIII semestre de Ingeniería Industrial e integrante del Grupo de investigación 3i+d. Universidad del Atlántico, Barranquilla (Colombia). vcastillos@mail.uniatlantico.edu.co

- **Wendy Díaz Donado:** Estudiante de VIII semestre de Ingeniería Industrial e integrante del Grupo de investigación 3i+d. Universidad del Atlántico, Barranquilla (Colombia). wdiaz@mail.uniatlantico.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)