

## APLICACIÓN DE UNA DIDÁCTICA DE CONTEXTO ANTES DEL AUTOAPRENDIZAJE DE CADENAS DE MARKOV PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

### *APPLICATION OF A DIDACTIC IN CONTEXT BEFORE SELF-LEARNING OF MARKOV CHAINS FOR ENGINEERING STUDENTS*

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

Universidad del Atlántico, Barranquilla (Colombia)

#### Resumen

La aplicación de una didáctica puede ayudar a contextualizar sistemas reales que permitan formular y solucionar modelos de problemas en ingeniería. En esta investigación se aplicó una didáctica innovadora en un curso de investigación de operaciones, con el propósito de que los estudiantes contextualizaran un sistema probabilístico que evoluciona a través del tiempo, mediante la comprensión del problema y la identificación de datos de entrada. Luego, los estudiantes continuaron con el autoaprendizaje, e identificaron las variables estocásticas conducentes a la formulación y solución de cadenas de Markov absorbentes. Se eligió la temática de cadenas de Markov por ser uno de los temas más complejos en la formulación y solución de modelos que se enseñan abstractamente. Para contextualizar la evolución estocástica, se diseñó un juego basado en los estados en que pueden encontrarse los jugadores de fútbol dentro de un equipo en la medida en que avanzan de un torneo hacia otro (vendido, botado, bajo y alto rendimiento). El diseño de la didáctica se apoyó en las duplas de conocimientos: analógico-lógico, comprensión-explicación e identificación-proyección relacionadas con el proceso docente educativo. Los estudiantes de ingeniería industrial que participaron en la dinámica buscaron desarrollar habilidades mediante el autoaprendizaje para el modelamiento y la solución estocástica. Posteriormente, se evaluó el efecto en el rendimiento académico. Los resultados obtenidos indicaron que la estrategia didáctica le permite al estudiante identificar, comprender y realizar analogías de contextos e iniciar procesos de autoaprendizaje para adquirir o apropiarse conocimiento, lo que mejoró el rendimiento académico de los estudiantes comparados con los dos semestres anteriores. Así mismo, una retroalimentación evidenció la importancia del contexto en el aprendizaje autónomo para la formulación y solución de cadenas de Markov en ingeniería.

**Palabras claves:** didáctica; autoaprendizaje; cadenas de Markov

## Abstract

The application of a didactic can help to contextualize real systems that allow to formulate and solve problems models in engineering. In this research applies an innovative didactic in a course of operations research, with the purpose that the students contextualize it a probabilistic system that evolves in time through the understanding of the problem and identifying input data. Subsequently, the students continued with self-learning identifying stochastic variables leading to the formulation and solution of absorbing Markov chains. There was chosen the subject-matter of Markov chains for being one of the most complex topics in the formulation and solution of models that are taught abstractly. To contextualize the stochastic evolution, there was designed a game based on the states in which the soccer players can find inside a team as they advance of a tournament towards other (sold, dumped, low and high performance). The didactic design is supported in the pairs of knowledge: analog-to-logical, understanding-explanation and identification-projection related to the educational teaching process. The students of industrial engineering who applied didactics sought to develop skills through self-learning for modeling and stochastic solution. Subsequently, evaluated the effect on academic performance. The obtained results indicated that the didactic strategy allows to the student to identify, understand and realize contexts analogies and initiate self-learning processes to acquire and to appropriate of its knowledge in its formation, which improved the academic performance of the students compared with the two previous semesters. In addition, feedback showed the importance of the context in the autonomous learning for the formulation and solution of Markov chains in engineering.

**Keywords:** didactic; self-learning; Markov chains

## Introducción

Las estrategias pedagógicas deben ser contextuales, de modo que permitan entender sistemas reales en los programas de ingeniería, con alto rigor académico y menos memorización (Ulloa, 2008). Así, las didácticas pueden contribuir a entender y contextualizar sistemas estimulando y favoreciendo la formación de ingenieros más competitivos para solucionar problemas y mejorar procesos organizacionales (Graham, 2012). En este sentido, se alineó la investigación a la aplicación de una estrategia didáctica orientada al diseño en ingeniería para problemas de sistemas estocásticos (probabilísticos que evolucionan en el tiempo). En el diseño en ingeniería se requiere pasar por varias fases: definición del problema, recolección de datos, formulación de un modelo matemático, desarrollo de un procedimiento para la solución, prueba del modelo e implementación (Taha, 2012). El docente aplica la didáctica para abordar las fases de contextualización de un sistema estocástico mediante la comprensión del problema y la identificación de datos de entrada, y los estudiantes realizan el autoaprendizaje para abordar las fases de formulación y solución de las cadenas de Markov absorbentes, que son un caso de

procesos estocásticos. No se consideraron las fases de diseño de prueba del modelo y la implementación.

En la enseñanza tradicional de cadenas de Markov se les proporcionaron los datos a los estudiantes; sin embargo, carecen de un proceso de pensamiento en el que puedan obtenerlos y más aún entender la realidad del problema, vivirla y experimentarla de manera que generen formas de pensamiento hacia un modelamiento y la posterior solución. Por tal razón, los docentes de educación superior tienen nuevos retos para desarrollar habilidades y competencias que faciliten la educación (Moreno, 2011). Igualmente, se debería facilitar la asimilación del sistema que llega al medio cognitivo del futuro ingeniero con la identificación de datos que permitan almacenamiento, recuperación y salida (Monereo, 1990).

Si bien se han desarrollado investigaciones de metodologías de juego como apoyo al aprendizaje en la clase magistral (Montes et al., 2010), y didácticas del proceso educativo docente en ingeniería en las que se involucran profesor, estudiantes y material de estudio (Mendoza D., et al., 2013), se podría evidenciar en esta investigación una innovación (Manuel Oslo, 2005) por

mejoras al proceso de enseñanza-aprendizaje hacia el diseño en ingeniería en fases de contextualización y fases consecuentes para el autoaprendizaje. De ahí que se tome el juego como estrategia didáctica que podría ser efectiva si se aplica con una adecuada implementación metodológica (Mondeja et al., 2010).

El diseño de la didáctica como contexto antes del autoaprendizaje se basó en las duplas de conocimientos: analógico-lógico, comprensión-explicación e identificación-proyección (Morin, 2006) relacionándolas con el proceso docente educativo. La didáctica buscaba analogías, comprensión e identificación; el autoaprendizaje, lógica, explicación y proyección. De aquí que al tratar del proceso de enseñanza y autoaprendizaje de cadenas de Markov en investigación de operaciones se desarrolló un juego para que los estudiantes de ingeniería contextualizaran un sistema probabilístico que evolucione mediante la comprensión del problema y la identificación de datos de entrada.

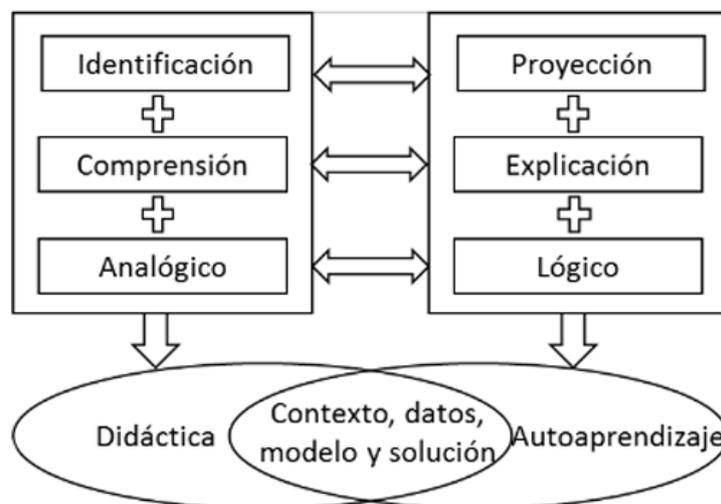
### Duplas de conocimientos: conexión entre la didáctica y el autoaprendizaje

El docente debe ser un facilitador para que el estudiante acompañe sus experiencias en la construcción de

conocimiento de una determinada disciplina o técnica de la ingeniería (Farías A. & Salinas, G. 2006). En el diseño en ingeniería, antes de la construcción de sus propios conocimientos, se requieren contextos que permitan la definición del problema y la recolección de datos que proyecten un modelo matemático y un procedimiento de solución. En este orden de ideas se identificaron las siguientes duplas de conocimientos: analógico-lógico, comprensión-explicación e identificación-proyección (Morin, 2006) para establecer la conexión entre la didáctica y el autoaprendizaje.

El estudiante debería iniciar el proceso de diseño en ingeniería con la observación, caracterización y recolección de datos del problema. El uso de estrategias didácticas hacia el diseño es un factor clave porque facilita identificar, comprender y realizar analogías de contextos, lo cual permite agrupar los primeros conocimientos de cada dupla. El autoaprendizaje posterior a la didáctica facilitaría la explicación lógica del sistema que contribuya a la proyección matemática de un modelo y su solución, para agrupar los segundos conocimientos de cada dupla. Finalmente, se conectaron los primeros conocimientos de la dupla en un contexto para la didáctica y los segundos conocimientos para el autoaprendizaje de modelos y solución, como lo muestra la figura 1.

Figura 1. Relación entre didáctica y autoaprendizaje.



Específicamente se diseñaría una didáctica de contexto de cadenas de Markov que le permitiera al estudiante analizar, comprender y realizar analogías con otros sistemas estocásticos. Por su parte, el autoaprendizaje de

modelos y solución persigue la identificación de variables estocásticas asociada a datos de entrada (probabilidades de transición) para la formulación matemática de lógica explicativa de los fenómenos observados.

## Diseño de la didáctica de contexto

El estudio de los sistemas complejos que evolucionan y se desarrollan a través del tiempo son de vital importancia para la educación en ingeniería (Pineda L., 2013). Las cadenas de Markov discretas son un tipo de proceso estocástico (colección de variables aleatorias indexadas  $X_i$ ) que evoluciona en el tiempo ( $t=0,1,2,\dots$ ), donde  $X_i$  representa una característica de interés cuantificable (Hillier et al., 2010). Un proceso estocástico llamado cadenas de Markov aparece tanto en la matemática pura como en la aplicada, con diversos usos en la ciencia, la ingeniería y la tecnología (Modica & Poggiolini, 2013). La enseñanza-aprendizaje de las cadenas de Markov se realiza frecuentemente con clases magistrales y la explicación verbal del sistema enfocada hacia el modelamiento y la solución. Aunque las fases de diseño en cadenas de Markov son importantes, se hace poco énfasis en el contexto y se ahonda más en el modelo y la solución debido al enfoque de enseñanza en la bibliografía. Un juego fue diseñado para contextualizar un proceso estocástico para cadenas de Markov absorbentes que consiste en definir un conjunto de estados finitos ( $i$  o  $j=0, 1, 2, \dots, n$ ) en el que por lo menos uno de los estados es absorbente ( $k$ ). El sistema evoluciona a través del tiempo ( $t=0,1,2,\dots$ ) de manera que una vez llega a un estado  $k$ , permanece ahí para siempre (Hillier, et al., 2010). La estrategia didáctica incide en la motivación del estudiante (Sánchez, 2010). Sin embargo, las simbologías y definiciones probabilísticas en cadenas de Markov no motivan ni generan contextos reales en los estudiantes, por lo que se utilizó un juego como introducción al autoaprendizaje de cadenas de Markov absorbentes.

La docencia universitaria está ligada a un conjunto de competencias didácticas en cuya génesis juegan un papel importante el conocimiento teórico-práctico y la actividad reflexiva sobre la práctica (Barrón, 2009). El diseño del juego se enfocó en un contexto real, sin utilizar representación matemática de variables estocásticas ni de datos. La estrategia didáctica se diseñó innovando metodológicamente la enseñanza mediante la evolución estocástica del estado de los jugadores de fútbol dentro un equipo, en la medida en que avanzan de un torneo hacia otro. Es decir, se contextualizaron torneos de fútbol que se dan cada seis meses, como ocurre en Colombia. Se consideraron

cuatro estados posibles para denotar el estado de un jugador de acuerdo con el campeonato: estado (0), jugador de bajo rendimiento; estado (1), jugador de alto rendimiento; estado (2), jugador vendido a otro club, y estado (3), jugador botado del equipo. En el juego, los estudiantes deberían iniciar el proceso de diseño en ingeniería conectando los primeros conocimientos de la dupla en el contexto de cadenas de Markov absorbentes en el que se identificaran datos y estructura, comprender la evolución estocástica y realizar analogías con otros sistemas. Los estudiantes del curso se organizarían en grupos de cuatro estudiantes (A y B), que además deberían identificarse con colores rojo, azul, blanco, verde, amarillo, es decir, dos grupos rojos (A y B), dos grupos blancos (A y B), y así sucesivamente para todos. En cada grupo, independientemente del color y la letra, deberían asumirse los papeles para denotar los cuatro estados de un jugador de fútbol de acuerdo con el campeonato.

Cada grupo de jugadores, independientemente del color y la letra, identifica los estados que puede tomar un jugador de fútbol de acuerdo con un campeonato, y dibuja círculos en una cartulina para representar cada uno de ellos. Seguidamente, el docente les pregunta si es posible pasar de un estado a otro y les pide que representen con flechas las posibles transiciones en que avanza un jugador de un campeonato hacia otro. De esta manera identifican estados de modo que cuando se llegue a ellos no se puede salir: estado (2) jugador vendido a otro club y estado (3) jugador botado del equipo. Luego, el grupo comprende que el proceso será absorbido finalmente en uno de esos estados. Posteriormente, el docente indaga sobre la necesidad de datos para el juego en el que no hay certeza sobre hacia dónde evoluciona un jugador cuando avanza de un torneo a otro, y le suministra las probabilidades de transición (que son dependientes del estado actual). Consecuentemente, el docente los cuestiona en cuanto a cómo hacer las transiciones en el juego, y los ayuda a construir la distribución de probabilidad y simular la aleatoriedad con tablas de números aleatorios. Los grupos A analizan la evolución estocástica de un jugador de fútbol de alto rendimiento (1) y los grupos B la evolución de un jugador de bajo rendimiento (0). La vivencia lo lleva a hacer analogías con sistemas estocásticos similares, lo que le da a la didáctica un contexto general.

## Aplicación de la estrategia didáctica y autoaprendizaje

La estrategia didáctica se aplicó a los estudiantes del curso de Investigación de Operaciones II del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico. El juego se dinamizó en los dos semestres de 2013, debido a que se quiso mejorar la didáctica con respecto al primer periodo de ese año, cuando los números aleatorios utilizados los generó una calculadora, mientras que en el segundo periodo de 2013 se utilizaron números aleatorios con generadores especiales que el docente entregó. Antes de aplicar

la didáctica, se les solicitó a los estudiantes no leer sobre la temática, para asegurar que no tuvieran conocimientos previos y poder medir de manera efectiva el impacto de la estrategia de contexto en el autoaprendizaje.

Los estudiantes del curso se organizaron en grupos de cuatro (A y B), en los que, además, deberían identificarse con los colores rojo, azul, blanco, verde, amarillo, es decir, dos grupos rojos (A y B), dos blancos (A y B), y así sucesivamente para los grupos de acuerdo con el diseño. En la figura 2 se ilustra la distribución de algunos grupos de estudiantes.

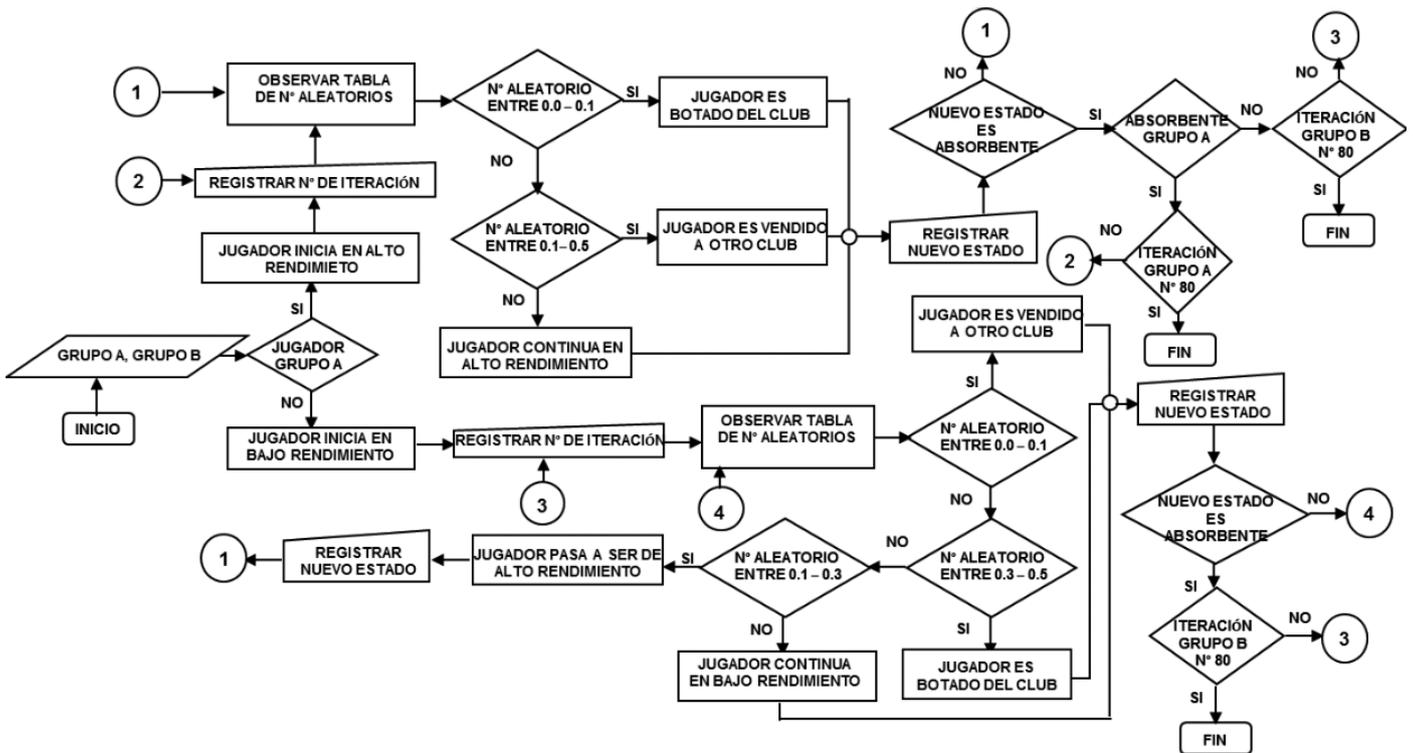
Figura 2. Distribución de grupos en el área del juego.



Cada grupo de jugadores, independientemente del color y la letra, contará con una cartelera para ilustrar el juego, un vaso plástico transparente y una bolita marcada con la letra y color del grupo. Esta pelota representa al jugador de fútbol y se ubicará dentro del vaso que tenga el estudiante del estado que corresponda. En cada grupo se creó un micromundo que simulaba el proceso estocástico discreto conformado por los cuatro estados de un jugador de fútbol de acuerdo con el campeonato: estado (0), jugador de bajo rendimiento; estado (1), jugador de alto rendimiento; estado (2), jugador vendido a otro club, y estado (3), jugador botado del equipo. Se procedió a abordar las fases de contextualización de una cadena de Markov absorbente mediante la comprensión del problema e identificación de datos de entrada donde hubo interrelación entre docentes y estudiantes para reconocer los estados

absorbentes, las probabilidades de transición, la forma en que se produciría la aleatoriedad, entre otros. Los grupos A analizan la evolución estocástica de un jugador de fútbol de alto rendimiento (1); y los grupos B, la de un jugador de bajo rendimiento (0). Los estudiantes de cada grupo deben ir registrando el número de iteraciones (conformada por varios campeonatos). Se entiende iteración para el grupo A como el ciclo que se da iniciando como un jugador de alto rendimiento (1), hasta que termina vendido a otro club (2) o botado del equipo (3). Se entiende iteración para el grupo B como el ciclo que se da iniciando como jugador de bajo rendimiento (0), hasta que termina vendido a otro club (2) o botado del equipo (3). Es decir, una iteración finaliza en estado absorbido. La figura 3 ilustra el algoritmo de la didáctica aplicada para cada iteración.

Figura 3. Algoritmo de la didáctica.



Cada grupo registró el número de la iteración, los estados sucesivos empezando por el estado indicado. Cabe anotar que los grupos A comienzan en el estado (1), es decir, como jugadores de alto rendimiento; y los grupos B comienzan en el estado (0), como jugadores de bajo rendimiento. Así mismo, en el formato se

registra el estado absorbente en el que finalizó la iteración del jugador: vendido (2) o botado (3) del equipo, como también un conteo de la cantidad de campeonatos en que actuó como jugador de bajo (0) y alto rendimiento (1). La tabla 1 ilustra el formato utilizado.

Tabla 1. Formato para registro de datos.

ITERACIÓN N°	ESTADOS SUCESIVOS EMPEZANDO COMO JUGADOR DE FUTBOL EN EL ESTADO ( )	JUGADOR ABSORBIDO AL ESTADO: (2) VENDIDO O (3) BOTADO	NÚMERO ESPERADO DE CAMPEONATOS QUE PERMANECE COMO JUGADOR DE	
			BAJO RENDIMIENTO (0)	ALTO RENDIMIENTO (1)
1				
2				
...				
80				

Cada grupo realizó 80 iteraciones. Se les pidió a los grupos A que con los datos obtenidos hallaran la probabilidad que tiene un jugador de alto rendimiento (1) de terminar vendido o botado del club (2), al igual que el número esperado de campeonatos que permaneciera como jugador de alto rendimiento (1),

antes de ser absorbido. Se les pidió a los grupos B que con los datos obtenidos hallaran la probabilidad de que un jugador de bajo rendimiento (0) terminara vendido o botado del club (2), al igual que el número esperado de campeonatos que permaneciera como jugador de bajo rendimiento (0) y de alto rendimiento

(1), antes de ser absorbido. Los grupos A y B de cada color pudieron ver cómo sus respuestas se complementaron. Se les informa que a esos cálculos se les llama probabilidades de absorción y número esperado de pasos antes de la absorción en cadenas de Markov absorbentes.

Finalmente, se les solicitó a los estudiantes que asociar los segundos conocimientos de la dupla para un autoaprendizaje. De esta forma deberían explicar la lógica de un sistema Markoviano absorbente que contribuyera a la proyección matemática de un modelo y su solución, enfocándose en la determinación analítica de las probabilidades de absorción y número esperado de pasos antes de la absorción. Además, se realizó un taller para explorar avances en el autoaprendizaje y un examen final para evaluar los conocimientos adquiridos mediante autoaprendizaje.

## Resultados

Los resultados del taller para explorar los avances de los estudiantes a los que se les aplicó la didáctica de contexto y que continuaron con el autoaprendizaje, mostraron conocimientos en la identificación de variables estocásticas, aclaración del diseño del modelo matemático mediante una lógica explicativa de los fenómenos observados. Los estudiantes pudieron representar el proceso estocástico a través de la matriz de transición para cadenas de Markov absorbentes y su diagrama de estado. Además, pudieron explicar la forma de determinar la probabilidad de absorción desde un estado  $i$  no absorbente (jugadores de bajo y alto rendimiento) hasta un estado  $k$  absorbente (jugadores vendidos o botados del club) que se denota por  $f_{ik}$ , como también la forma de hallar analíticamente el número esperado de pasos antes de la absorción, denotado con  $\mu_{ik}$ . Las expresiones resultantes se presentan en el cuadro 1.

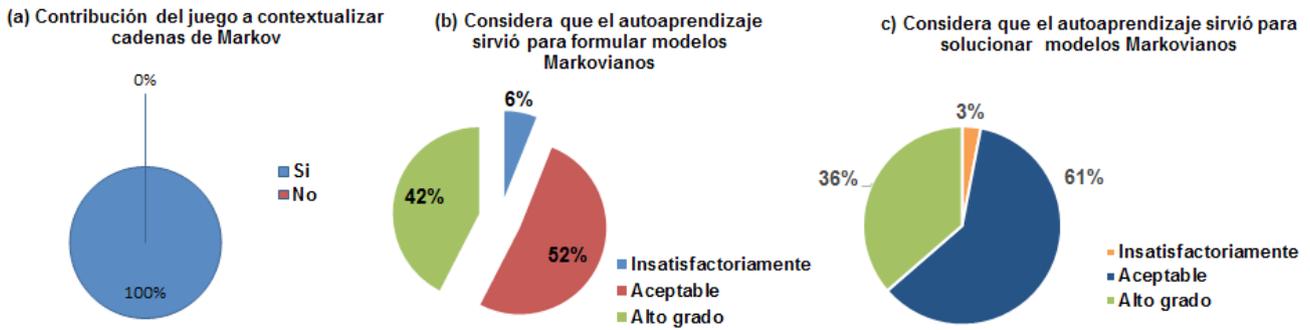
Cuadro 1. Matriz de transición, formulación para probabilidades de absorción y número de pasos.

a) Matriz de transición	b) Formulaci3n probabilidades de absorci3n	c) Formulaci3n n3meros de pasos antes de absorci3n
$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,5 & 0,2 & 0,1 & 0,2 \\ 0 & 0,5 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$	$f_{ik} = \sum_{j=0}^3 p_{ij} f_{jk}$ <p>para <math>i = 0,1</math> y <math>k = 2,3</math>  <math>f_{kk} = 1, f_{ik} = 0</math>  <i>si <math>i</math> es recurrente e <math>i \neq k</math></i></p>	$\mu_{ik} = 1 + \sum_{m \neq k} p_{im} \mu_{mk}$ <p><math>i = 0,1</math> y <math>k = 2,3</math></p>

Tambi3n se pretendi3 conocer la percepci3n de los estudiantes de acuerdo con la estrategia pedag3gica. Despu3s del juego, un 74 % de los estudiantes del primer periodo de 2013 manifest3 que la did3ctica se podr3a mejorar utilizando n3meros aleatorios distintos a la calculadora. A los estudiantes del segundo periodo de 2013 se les entregaron n3meros aleatorios obtenidos por un m3todo llamado congruencial lineal y se les realiz3 una encuesta cuyos resultados se presentan en la figura 4. La

parte (a) muestra que el 100 % de los jugadores coincide al afirmar que la did3ctica contribuy3 a la contextualizaci3n de las cadenas de Markov. La parte (b) muestra que un 52 % considera que el autoaprendizaje sirvi3 para la formulaci3n del modelo de la cadena de Markov absorbente. Adem3s, en la parte (c) un 61 % de los jugadores manifest3 que el autoaprendizaje fue aceptable para hallar las probabilidades de absorci3n y tiempos antes de la absorci3n de la cadena de Markov.

Figura 4. Resultado de la encuesta realizada a los jugadores del segundo periodo de 2013.



Estos resultados preliminares indican que podría procederse con la evaluación final realizando un examen, en el que se hizo el comparativo para medir el autoaprendizaje. El desempeño académico de los alumnos de los periodos primero y segundo de 2013 se comparó con el de los estudiantes del segundo

periodo de 2012, quienes recibieron clase magistral más un taller. Esta recopilación de datos permitió el análisis comparativo utilizando la prueba LSD, conocida como diferencia mínima significativa (Díaz, 2009). Los resultados de las tablas 2 y 3 se obtuvieron utilizando el *software* StatGraphics Centurion XVI.

Tabla 2. Características por grupo para la comparación.

Características comparativas de los grupos				
Grupo	Número de datos	Grupos Homogéneos	Media	
			Formulación del modelo	Obtención de las probabilidades y tiempos esperados.
2012-2	35	Sí	1,92	2,06
2013-1	42	Sí	1,94048	2,2119
2013-2	33	No	2,85152	3,1303

Tabla 3. Resultados de la comparación de los grupos.

Comparación estadística entre grupos			
Contraste	Significativa	Diferencia	
		Formulación del modelo	Obtención de las probabilidades y tiempos esperados.
2012-2 - 2013-1		-0,151905	-0,0204762
2012-2 - 2013-2	*	<b>-1,0703</b>	<b>-0,931515</b>
2013-1 - 2013-2	*	<b>-0,918398</b>	<b>-0,911039</b>

La tabla 2 contiene grupos, número de datos, homogeneidad de los grupos y medias obtenidas de las notas tanto para la formulación del modelo como para la obtención de las probabilidades de absorción y tiempos

esperados antes de la absorción. La tabla 3 presenta el contraste entre los grupos evaluados, y la diferencia que existe entre ellos. Se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias

que son significativamente diferentes de otras. Los asteriscos que se muestran en la tabla indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0 % de confianza. Además, se han identificado dos

grupos homogéneos (2012-2 y 2013-1), los cuales no representan diferencia significativa. Para un análisis más general se muestran los gráficos 1 y 2 de medias para los dos niveles en consideración.

Gráfico 1. Relación entre medias de los grupos experimentados en la formulación del modelo.

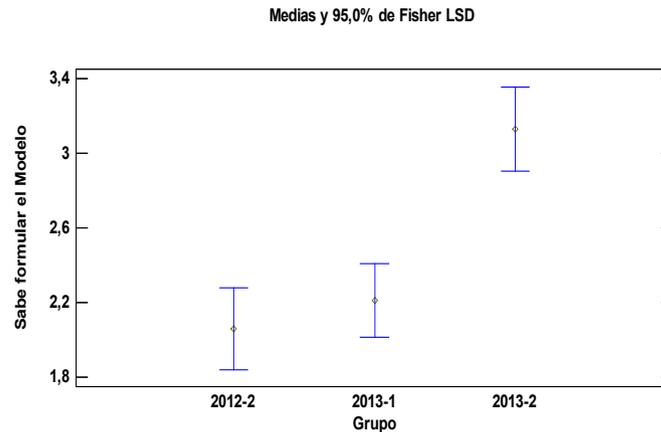
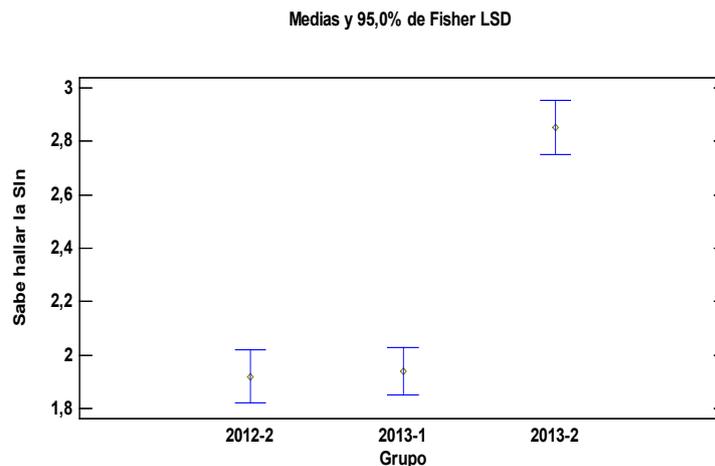


Gráfico 2. Relación entre medias de los grupos experimentados en la solución de la probabilidad y tiempos de absorción.



## Discusión y análisis de resultados

El juego aplicado antes del autoaprendizaje facilitó la explicación lógica de la formulación de cadenas de Markov absorbentes. Los estudiantes de los dos periodos de 2013, a quienes se les aplicó la didáctica, fueron capaces de formular la matriz de transición y hallar la solución analítica de las probabilidades de absorción y número esperado de pasos antes de

la absorción. El aporte de los estudiantes del primer semestre de 2013 fue esencial para realizar mejoras en la didáctica, permitiendo retroalimentar su diseño.

De acuerdo con la prueba LSD (diferencia mínima significativa), se evidenció que no existen diferencias estadísticas relevantes entre la comparación de los grupos 2012-2 y 2013-1 en cuanto a los niveles evaluados. Es decir, para estos estudiantes del 2013-1

la didáctica no aportó diferencia significativa en el autoaprendizaje de modelos y soluciones estocásticas. De acuerdo con la prueba LSD, sí hubo diferencia significativa en el aprendizaje cuando se comparan los estudiantes de 2013-2 con respecto a los de 2012-2 y 2013-1. Es decir, al comparar 2012-2 con 2013-2 y 2013-1 con 2013-2, respectivamente, sí hubo evidencia de que la aplicación de la didáctica podría funcionar como un medio para contextualizar procesos estocásticos, debido a que hubo diferencia significativa en el aprendizaje. Así mismo, el juego puede promover el autoaprendizaje en estudiantes de ingeniería estimulando la formación de jóvenes competitivos. Estos mejores resultados podrían atribuirse al mejoramiento de la didáctica que se aplicó en 2013-2 y que ayudó a mejorar el contexto.

En cuanto a las encuestas realizadas, la mayoría de los estudiantes consideró que el proceso de autoaprendizaje llevado a cabo en el transcurso del segundo periodo de 2013, les ayudó a formular los modelos markovianos y a solucionarlos, atribuyendo a la didáctica gran valor debido a que les permitió contextualizar la temática cadenas de Markov desde una vivencia propia.

## Conclusiones

El proceso de enseñanza-aprendizaje en ingeniería podría iniciarse con estrategias didácticas que ayuden a contextualizar las vivencias de sistemas, especialmente de aquellos que evolucionan probabilísticamente como las cadenas de Markov absorbentes. Estas estrategias le permiten al estudiante identificar, comprender y realizar analogías de contextos e iniciar procesos de autoaprendizaje para adquirir y apropiarse su conocimiento en su formación. El autoaprendizaje posterior a la didáctica facilitó en

los estudiantes la explicación lógica del sistema que contribuyó a la construcción de un modelo y a su solución. La naturaleza de un sistema de cadena de Markov permitió la adaptación del juego en un contexto cotidiano, como la evolución del estado de un jugador a medida que avanzan los campeonatos de fútbol. Las encuestas mostraron que el contexto del juego ayudó al autoaprendizaje de modelos de la cadena de Markov y a su solución.

Las evaluaciones que se realizaron para medir el rendimiento académico en cada grupo mostraron que la aplicación de una estrategia didáctica más el autoaprendizaje tuvo un impacto significativo en los estudiantes del segundo periodo de 2013, dado que fueron capaces de formular la matriz de transición y hallar la solución analítica de las probabilidades de absorción y número esperado de pasos antes de la absorción después de que se mejorara la estrategia didáctica. La utilización de metodologías de diseño en las que se involucren contextos que motiven a los estudiantes de ingeniería a alcanzar habilidades, enfocadas especialmente hacia el autoaprendizaje, pueden convertirse en herramientas pedagógicas del proceso educativo docente para las clases en ingeniería.

## Agradecimientos

Los autores les agradecen a los estudiantes de Ingeniería Industrial del curso de Investigación de Operaciones II (primer y segundo periodo 2013) de la Universidad del Atlántico, quienes aceptaron participar como jugadores de la didáctica y el autoaprendizaje, y asumieron el riesgo de presentar al final una evaluación que podría afectar sus calificaciones. Además, les hacen un reconocimiento a su motivación y cumplimiento al no leer sobre la temática antes del juego para poder medir el impacto de la investigación.

## Referencias

- Barrón, C. (2009). Redalyc sistema de información científica. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 31 (125), pp. 76-87.
- Díaz, A. (2009). *Diseño estadístico de experimentos*. (2.<sup>a</sup> Ed.). Universidad de Antioquia.
- Farías A. & Salinas, G. (2006). Resultados de la aplicación de la metodología de autoaprendizaje del método de los elementos finitos a casos de transferencia de calor. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Tarapacá*, 14 (1), pp. 26-35.
- Graham, R. (2012). *Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change*. Britain: The Royal Academy of Engineering, pp. 39.
- Hillier, F. & Lieberman, G. (2010). *Investigación de operaciones*. (9.<sup>a</sup> Ed.). Mc Graw Hill, pp. 2-3.

- Manual Oslo. (2005). Guidelines for collecting and interpreting innovation data. (3.ª Ed.). OECD.
- Mendoza, D., Barros, D., Maurello, M., Castillo, V. & Díaz, W. (2013). *Estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de una heurística en investigación de operaciones*. Acofi. Ifees. WEEF, pp. 242.
- Modica, G. & Poggiolini, L. (2013). *A first course in probability and Markov*. University of Firenze, Italy Wiley, pp. 168-174.
- Mondeja, D., Zumalacárregui, B., Martín, M. & Ferrer, C. (2010). Juegos didácticos: ¿útiles en la educación superior?, *Pedagogía Universitaria*, 6 (3).
- Monereo, C. (1990). *Las estrategias de aprendizaje en la educación formal: enseñar a pensar y sobre el pensar*. España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Montes, J., Hernández, H., López, J. & 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*, 9, pp. 37-48.
- Moreno, T. (2011). Didactics higher education: new challenges in the xxi century, 50 (2), pp. 26-34.
- Morin, E. (2006). *El método III*. (5.ª Ed.), Multiversidad del mundo real. pp. 152-226.
- Pineda, L. (2013). Management of engineering complex systems review of present and future research. Bogotá: Universidad del Rosario, WEEF.
- Sánchez, G. (2010). Las estrategias de aprendizaje a través del componente lúdico. *Didáctica español como lengua extranjera*.
- Taha, A. (2012). *Investigación de operaciones*. (9.ª Ed.). Pearson, pp. 9-10, 175-201.
- Ulloa, G. (2008).** *¿Qué pasa con la ingeniería en Colombia?* Recuperado el 15 de enero de 2014 de <http://www.eduteka.org/IngenieriaColombia.php>.

## Sobre los autores

---

### **Daniel Alfonso Mendoza Casseres**

Magíster en Ingeniería Industrial. Docente tiempo completo ocasional. Facultad de Ingeniería. Universidad del Atlántico. Km. 7 antigua vía a Puerto Colombia, Barranquilla. Grupo de Investigación 3i+d.  
danielmendoza@mail.uniatlantico.edu.co

Puerto Colombia, Barranquilla. Semillero Grupo de Investigación 3i+d.  
wdiaz@mail.uniatlantico.edu.co

### **Vanessa Castillo Salcedo**

Estudiante de X semestre de Ingeniería Industrial. Universidad del Atlántico. Km. 7 antigua vía a Puerto Colombia, Barranquilla. Semillero Grupo de Investigación 3i+d.  
vcastillos@mail.uniatlantico.edu.co

### **Daniris María Barros Sanguino**

Estudiante de X semestre de Ingeniería Industrial. Universidad del Atlántico. Km. 7 antigua vía a Puerto Colombia, Barranquilla. Semillero Grupo de Investigación 3i+d.  
dmbarros@mail.uniatlantico.edu.co

### **Wendy Díaz Donado**

Estudiante de X semestre de Ingeniería Industrial. Universidad del Atlántico. Km. 7 antigua vía a

### **Maria Del Pilar Maurello Moya**

Estudiante de X semestre de Ingeniería Industrial. Universidad del Atlántico. Km. 7 antigua vía a Puerto Colombia, Barranquilla. Semillero Grupo de Investigación 3i+d.  
mmaurello@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.