

EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO DE LA HABILIDAD MODELACIÓN DESDE LA ASIGNATURA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

USE OF TECHNOLOGIES TO CONTRIBUTE TO MODELING SKILLS DEVELOPMENT FROM THE SUBJECT *RESEARCH OF OPERATIONS*

Lester González López, Valentina Badía Albanés
Universidad de las Ciencias Informáticas, Universidad de La Habana. (Cuba)
lester@uci.cu, valia@matcom.uh.cu

Resumen

La sociedad del conocimiento demanda de nuevas formas para desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje, haciendo énfasis en la tecnología educativa. A partir de deficiencias identificadas en la habilidad de modelación en la asignatura de Investigación de Operaciones de la Universidad de Ciencias Informáticas, se propone el empleo de las tecnologías. En la propuesta se emplea un entorno virtual, un software de creación propia para la resolución de los modelos, varias herramientas para la creación de objetos de aprendizajes, y finalmente se hace una valoración de la propuesta a través de un pre-experimento y el test de satisfacción de Iadov.

Palabras clave: habilidad modelación, tecnología educativa, entorno virtual de aprendizaje

Abstract

Knowledge society demands for new ways to develop the teaching-learning process, emphasizing educational technology. From some inadequacies identified in modeling skill in the subject “Research of Operations” at Computer Science University, the use of technologies is proposed. This proposal involves the use of a virtual environment; an own creation software for the solution of models, and various tools to create learning objects. Finally, the proposal is assessed through a pre-experiment and “Yadov” satisfaction test.

Key words: modeling skill, educational technology, virtual learning environment

■ Introducción

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), fue creada en el año XXI, para responder a los retos que el logro de la informatización de la sociedad cubana demandaba. Los graduados de la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas (ICI) deben ser profesionales integrales capaces de contribuir al “desarrollo de la industria de software nacional, a las transformaciones de procesos en las entidades, para asumir su informatización y garantizar el soporte necesario para su mantenimiento” (Universidad de las Ciencias Informáticas, 2014).

Es por eso que los estudiantes deben incorporar durante la carrera un sistema de conocimientos y habilidades para que una vez egresados, puedan desempeñarse bien en su profesión. Una de las disciplinas que contribuye significativamente a esto es la Matemática Aplicada, que, según el modelo del profesional, tiene entre uno de sus objetivos: modelar matemáticamente la estructura de un problema y las relaciones de los datos para descubrir la información útil, llegar al conocimiento del problema y representar problemas de toma de decisión. En el Programa se declara que dentro de las habilidades a desarrollar está “modelar y aplicar métodos de solución a problemas de Sistemas de Servicio”.

La asignatura Investigación de Operaciones (IO) forma parte de esta disciplina y tiene entre sus objetivos generales el de “formular modelos matemáticos asociados a problemas de Programación Lineal y Programación Discreta, y a problemas de redes”. Luego la modelación matemática, entendida como la forma de describir o representar la interrelación entre el mundo real y las matemáticas, es una de las principales habilidades a dominar por los educandos para la solución de los problemas de la asignatura y de la vida real.

■ Problemática y contexto

El análisis de los informes semestrales de la asignatura Investigación de Operaciones de los últimos cinco años (cursos 2013 - 2014, 2014 - 2015, 2015 - 2016, 2016 – 2017 y 2017-2018), los resultados de las encuestas realizadas a profesores y estudiantes que han trabajado la asignatura, así como las percepciones de los autores de esta investigación permitieron identificar determinados problemas en el proceso de enseñanza aprendizaje (PEA) de la IO en la UCI, entre los que se encuentran: limitaciones para poder traducir del lenguaje natural en que se describen los problemas, al lenguaje matemático; dificultades para identificar los diferentes elementos del modelo matemático; baja comprensión de los enunciados de los problemas, deficiencias en la selección de la información que puede ser relevante y necesaria para modelar el problema y limitaciones para verificar e interpretar los resultados obtenidos en el contexto del problema.

Las deficiencias encontradas permiten corroborar la existencia de una contradicción entre el insuficiente desarrollo de la habilidad modelación de problemas de los estudiantes y la necesidad del dominio de esta habilidad, para que estén preparados para solucionar los problemas reales de su actividad como futuro profesional.

Esta contradicción conlleva al problema científico: ¿Cómo contribuir al desarrollo de la habilidad modelación de problemas desde la asignatura Investigación de Operaciones en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas?

Para dar respuesta al problema enunciado se realizó una investigación que se planteó como objetivo general: elaborar una estrategia didáctica que haciendo uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, contribuya al desarrollo de la habilidad modelación de problemas desde la asignatura Investigación de Operaciones en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas. En el presente artículo no nos centraremos en la construcción y descripción de la estrategia didáctica, que puede encontrarse en Sánchez (2017) y González

(2018), sino en los elementos de la misma que están vinculados a la caracterización general y contextualización de la habilidad modelación, así como en las acciones que, desde el uso de las tecnologías, contribuyen a su desarrollo.

La actualidad de la investigación viene dada por la creciente demanda en la formación de profesionales que sean capaces de llevar los problemas de la realidad a un modelo, con el fin de aplicar métodos matemáticos para la búsqueda de soluciones.

■ Marco teórico

La investigación usa como marco teórico referencial los postulados del enfoque histórico cultural de Vigotsky y sus seguidores, pues se concibe al estudiante como protagonista del proceso de enseñanza aprendizaje, guiado por el maestro y bajo la influencia del entorno social en condiciones históricas concretas, lo que garantiza no solo la asimilación de los conocimientos por parte del individuo, sino su desarrollo y crecimiento como ente histórico y social. Se fundamenta en la necesidad de transformar el estilo de aprendizaje de los estudiantes en el contexto universitario actual, de desarrollar habilidades de manera progresiva con un uso intensivo de las tecnologías.

La modelación matemática está siendo fuertemente defendida, en el ámbito de la educación matemática, como método de enseñanza en diversos países y en todos los niveles educativos, debido a que permite no solamente aprender las matemáticas de manera aplicada a las otras áreas del conocimiento, sino también mejorar la capacidad para leer, interpretar, formular y solucionar situaciones de otras ciencias y del mundo real.

La modelación permite enriquecer la comprensión de fenómenos *extramatemáticos*, pues proporciona diversas representaciones de dichos fenómenos y por otra parte, dota de sentido las diferentes actividades matemáticas.

Para Bassanezi (1994) el uso de la modelación en la enseñanza conduce al aprendizaje de contenidos matemáticos que están conectados a otras formas de conocimiento. El trabajo con la modelación matemática no intenta simplemente ampliar el conocimiento, sino desarrollar una forma particular de pensar y actuar: produciendo conocimiento, interconectando fenómenos, aunando abstracciones, procesos empíricos y formalizaciones, considerados como situaciones problemáticas.

Según Blomhøj (2004) las actividades de modelación pueden motivar el proceso de aprendizaje y ayudar a establecer raíces cognitivas sobre las cuáles construir conceptos matemáticos. Así mismo, la modelación tiene como finalidad describir y analizar algún fenómeno de la vida real con el fin de motivar el trabajo con las matemáticas y experimentar la matemática como medio para describir, analizar y ampliar la comprensión de situaciones de la vida diaria.

Gabardo (2006) afirma que la modelación en la enseñanza contribuye a transitar desde un enfoque de la matemática ya construida y acabada, cuyo funcionamiento se debe aprender por medio de la práctica de ejercicios, a una matemática que puede ser utilizada, identificada, reconstruida, o inclusive construida, cuando se quiere conocer, comprender y actuar sobre la realidad de la cual se forma parte.

Sadovsky (2005) por su parte propone que, desde un punto de vista didáctico, se debe pensar el trabajo de modelación en la clase como vía para que los alumnos tengan una experiencia de producción de conocimientos en el marco de cierto dominio matemático, experiencia que permita además enriquecer la conceptualización teórica en dicho dominio.

Otros argumentos a favor de la modelación matemática, como elemento central en la enseñanza general de la Matemática, son:

- Existencia de un nexo bien fuerte entre la experiencia de la vida diaria de los estudiantes y la Matemática, lo cual motiva al aprendizaje de la misma, contribuye al desarrollo cognitivo de las conceptualizaciones de los estudiantes y recrea la cultura matemática.
- Las competencias de establecer, analizar y criticar modelos matemáticos son de vital importancia para el desarrollo de sociedades altamente tecnológicas.
- La modelación contribuye a la formación de una actitud crítica, a la construcción de significados y conceptos matemáticos por los estudiantes a partir de la creación de raíces cognitivas sólidas, lo cual resulta motivador y relevante en el proceso de aprendizaje.

■ Metodología

La investigación desarrollada se acoge a un paradigma de investigación mixto, que combina el enfoque cuantitativo y el cualitativo. Es educativa, pues se caracteriza y se actúa sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura. También es aplicada, pues se proponen y se ponen a disposición del claustro y los estudiantes, métodos y herramientas para la solución de dificultades existentes en el desarrollo de la habilidad modelación en el contexto de la asignatura IO.

Para el desarrollo de la investigación se emplearon métodos teóricos, como el análisis – síntesis, para analizar el objeto de la investigación y realizar una síntesis de aquello que constituya medular para la definición e implementación de la estrategia; el histórico-lógico, para analizar la evolución de las concepciones teóricas sobre la habilidad-modelación de problemas; el enfoque de sistema, la inducción-deducción, y la modelación.

Como métodos empíricos se utilizaron el análisis documental, la entrevista a profesores para constatar las características de los estudiantes en cuanto a sus habilidades para la modelación matemática, la encuesta, realizada a estudiantes y profesores, la prueba pedagógica, para determinar el nivel de desarrollo de la habilidad modelación de problemas en la asignatura IO; la observación pedagógica, enfocada a precisar las dificultades de los estudiantes durante las clases prácticas para desarrollar ejercicios de modelación de problemas de manera independiente; el pre-experimento, para constatar la validez de la estrategia didáctica presentada .

Además, se usó la estadística descriptiva, para mostrar los resultados obtenidos al aplicar los diferentes instrumentos. Como población se seleccionó a los 87 estudiantes del tercer año de la carrera ICI de la Facultad 2 de la UCI del curso 2017 – 2018, y como muestra los 19 estudiantes del grupo 2304. Esta muestra es no probabilística intencional, la cual fue seleccionada por ser el grupo al cual el investigador principal le impartió clases.

La habilidad modelación de problemas de Programación Lineal y sus indicadores

En la literatura se encuentran múltiples acepciones del término “modelación matemática”, que difieren en aspectos teóricos y epistemológicos. El punto de partida de la modelación debe ser una situación problemática real, la cual debe ser simplificada, idealizada, sujeta a condiciones y suposiciones que deben precisarse de acuerdo a los intereses del que resuelve el problema. Esto conduce a una formulación del modelo matemático que responda a la situación original, el cual debe ser resuelto a través de los métodos de solución para llegar a obtener ciertos resultados matemáticos. Estos deben ser validados, es decir, se deben volver a trasladar al mundo real, para ser interpretados en relación con la situación original. Cuando se valida el modelo pueden ocurrir discrepancias que conlleven a tener que cambiar o modificar el modelo. Si se consigue un modelo satisfactorio, el mismo serviría para la toma de decisiones. Ello significa que resulta importante la interpretación del modelo y las soluciones encontradas, para analizar si se ajusta o no a la situación original.

En la asignatura Investigación de Operaciones que se imparte en la UCI, la construcción de modelos de Programación Lineal constituye un eslabón fundamental del programa de la asignatura. La Programación Lineal (PL) utiliza un modelo matemático para describir el problema. En este contexto, un modelo es una representación simplificada de un sistema de la realidad. El adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo (función objetivo y restricciones) deben ser funciones lineales. La PL involucra la planeación de actividades para obtener un resultado óptimo; esto es, el resultado que mejor alcance la meta especificada, entre todas las alternativas factibles.

En un problema de PL se encuentran:

Variables de decisión: son las incógnitas (o decisiones) que deben determinarse resolviendo el modelo.

Parámetros del modelo: son los valores conocidos que relacionan las variables de decisión con las restricciones y función objetivo. Pueden ser determinísticos o probabilísticos.

Restricciones del problema: conjunto de ecuaciones o inecuaciones que restringen los valores de las variables de decisión a aquellos considerados como factibles.

Función objetivo: define la medida de efectividad del sistema como una función. La solución óptima será aquella que produzca el mejor valor de la función objetivo, sujeta a las restricciones. Es una función lineal a ser maximizada o minimizada.

El modelo de PL es entonces un modelo matemático que puede expresarse como el problema de elegir los valores de las variables de decisión de manera que se optimice la función objetivo, sujeta a las restricciones dadas.

Según la metodología utilizada en clases de IO, los pasos para la modelación de problemas de PL son (Hillier & Lieberman, 2010):

- Determinar las variables de decisión y expresarlas algebraicamente.
- Determinar las restricciones y expresarlas como ecuaciones o inecuaciones dependiendo de las variables de decisión.
- Expresar todas las condiciones implícitamente establecidas por la naturaleza de las variables.
- Determinar la función objetivo.

Luego la habilidad *modelación de problemas de PL*, será considerada como un sistema de habilidades, que según el programa analítico de la asignatura IO, son:

1. Interpretar los supuestos de la PL.
2. Reconocer las variables de decisión de un problema de PL.
3. Clasificar problemas de PL según el dominio de las variables de decisión.
4. Identificar los diferentes tipos de restricciones que se pueden presentar en un problema de PL.
5. Formular las restricciones de un problema de PL.
6. Determinar la función objetivo de un problema de PL.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la etapa de planificación de la estrategia didáctica se realizó la operacionalización de la habilidad modelación de problemas de PL: se definieron los indicadores para medir el nivel de desarrollo de la habilidad alcanzada por cada estudiante con la estrategia didáctica y se determinaron las escalas para medirlos.

Los nueve indicadores pueden apreciarse en la tabla 1. Los mismos se agruparon en tres dimensiones fundamentales: preparación del modelo, formulación del modelo y comprobación del modelo.

Tabla 1. Indicadores para evaluar el nivel de desarrollo de la habilidad de modelación

| Dimensiones | Indicadores | |
|-------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparación del modelo | 1. | Interpretar los supuestos de la Programación Lineal |
| | 2. | Definir las variables de decisión del problema de PL |
| | 3. | Establecer las dimensiones de cada variable de decisión |
| Formulación del modelo | 4. | Identificar las restricciones del problema de PL |
| | 5. | Expresar todas las condiciones implícitamente establecidas por la naturaleza de las variables |
| | 6. | Expresar en lenguaje matemático las restricciones básicas del problema de PL |
| | 7. | Expresar en lenguaje matemático restricciones con la introducción de variables binarias |
| Comprobación del modelo | 8. | Determinar la función objetivo del problema de PL |
| | 9. | Verificar si el modelo escrito corresponde con la situación práctica del problema |

Las escalas utilizadas para medir cada indicador quedaron establecidas como sigue:

Bajo: el nivel de desarrollo del indicador es casi nulo, presentando errores graves en los ejercicios que impiden la solución al problema.

Medio: el nivel de desarrollo del indicador es aceptable, aunque persisten errores que, aunque menos graves impiden la correcta modelación del problema.

Alto: el nivel de desarrollo alcanzado es muy bueno, demostrando el estudiante que domina la habilidad específica para la solución del problema.

Tareas docentes para el PEA de IO con empleo de las TIC

Las tareas elaboradas tienen diferentes niveles de complejidad, lo que permite el tránsito de los estudiantes desde las más sencillas (informativas, pasivas, reproductivas y simples) hasta las más difíciles para comprender y cumplimentar (productivas, de desarrollo y análisis de los modelos).

A partir de identificar los recursos del entorno virtual (foro, video, láminas, evaluación y otros) que tienen mayor aceptación por parte de los estudiantes, además de que sean mejor dominados por ellos, se asocia cada tarea a los diferentes recursos.

La tecnología mayormente empleada fue el audiovisual. Cada problema fue dividido en partes según las diferentes situaciones a modelar, y para cada una se realizó un video de cómo el profesor ejecuta la modelación. Por último, se utilizó el entorno virtual de enseñanza aprendizaje (EVEA), como plataforma para colocar todos los recursos educativos abiertos (REA) de la asignatura. El entorno utilizado es Zera en su versión 2.0 que se encuentra instalado en la Universidad, y los estudiantes están familiarizados con este ambiente de trabajo colaborativo en la red.

Además, se elaboró una colección de problemas de modelación para ser resueltos en el EVEA, teniendo en cuenta diferentes grados de complejidad, y que el contexto de los ejercicios tuviese relación con la problemática socioeconómica del país y los planes de desarrollo de la economía. Esta colección está incluida en González (2018),

la cual contiene problemáticas diferentes a las trabajadas en años anteriores, contextualizados a la situación nacional y de la profesión, son nuevos, y no aparecen en libros de textos. Otro aporte significativo es la creación del software *SimplexSoft* para facilitar la resolución de los modelos de programación lineal, así como el empleo de la herramienta *ScreenRecorder* para la creación de los audiovisuales.

Descripción de una secuencia de actividades con la utilización de las tecnologías para el desarrollo de la habilidad de modelación

En este epígrafe se describe una secuencia de actividades con el empleo de recursos educativos abiertos para que los estudiantes desarrollen la habilidad de modelación.

Primeramente, se abre un *foro de discusión* con el objetivo de motivar y estimular en los estudiantes el interés por el estudio de la modelación. Este permanece abierto hasta que las actividades no sean evaluadas y discutidas en clase con el profesor.

Después se ponen a disposición en el EVEA láminas y audiovisuales donde se explican diferentes situaciones de la vida real, las cuales pueden presentarse en un problema de modelación a realizar en clase. A estas situaciones las llamaremos *Casos de estudio*. En esta ocasión se subieron dos escenarios diferentes de modelación, los cuales responden a habilidades diferentes que el estudiante debe adquirir: varios valores en la parte derecha de las restricciones, y restricciones alternativas. Notar que, se les presenta el modelo con las restricciones elementales, pues resulta de interés en esta tarea que el estudiante avance en la comprensión y asimilación de otro tipo de situaciones, donde para modelar sea necesario la introducción de variables binarias.

En la Figura 1 se muestra un modelo, publicado en una lámina en el EVEA:

Caso de estudio para problema de empresa de cosméticos
 Dado el siguiente modelo de programación lineal:

x_j : cantidad de piezas tipo "j", donde $j = 1, 2, 3$. $x_j \in \mathbb{Z}$

Función objetivo: $Max z = 20x_1 + 18x_2 + 22x_3$

Sujeto a:

| | |
|------------------------------|-------------------|
| $2x_1 + 6x_2 + x_3 \leq 200$ | → Materia Prima A |
| $x_1 + 3x_2 + 4x_3 \leq 350$ | → Materia Prima B |
| $x_j \geq 0$ | → No negatividad |

Ejemplo de varios valores en la parte derecha
 Añadir la posibilidad de adquirir un lote de 200 Kg adicionales de la materia prima A, a un costo de \$500.

Ejemplo de restricciones alternativas
 Posible sustitución de materia prima B, con un nuevo consumo por piezas de 2Kg, 4Kg y 6Kg respectivamente. Esto posibilitaría un ahorro de \$200 por día para un lote de 500 Kg de la materia prima sustituida.

Figura 1. Caso de estudio para problema “Empresa de cosméticos”

Los nuevos escenarios de modelación del ejemplo son explicados por el profesor a través de un video, donde se muestra detalladamente cómo llegar a la solución. Estos videos son subidos también al EVEA.

En un tercer momento se orienta la *actividad* a realizar, consistente en el problema de modelación, la cual debe corresponderse con escenarios similares del ejemplo anterior, teniendo cada actividad un ejemplo que sirva de guía

y referencia para que de forma autodidacta el estudiante avance a la zona de desarrollo próximo e incorpore la habilidad. Para esto se utiliza el recurso educativo “Tarea” del EVEA (Figura 2), lo que permite que cada estudiante pueda subir la solución que dio a la modelación del ejercicio, en el tiempo establecido por el profesor, siendo el mismo ejercicio para todos, pues existen muchas maneras para la modelación, aunque en ocasiones pudiera diferenciarse ejercicios para subgrupos de estudiantes.



Empresa de cosméticos

Modele el problema “Empresa de cosméticos” que se le brinda a continuación. La solución debe ser subida aquí en los próximos dos días, tiempo en el que podrá utilizar el foro para realizar cualquier pregunta al profesor.

Figura 2. Orientación del problema con el REA “Tarea”

Un ejemplo de enunciado del problema es:

Una empresa productora de cosméticos desea abrir una nueva línea de producción de perfumes para hombres, los cuales se envasarían en frascos según su gama: baja, media y alta, y que se comercializarán a 5, 9 y 15 pesos, respectivamente. Para la elaboración de los perfumes se necesitan esencias, alcohol etílico (como disolvente), agua y envases de 100ml. El consumo de estas materias primas para cada frasco y para cada tipo de perfume, así como la disponibilidad de los recursos cada mes, se resumen en la siguiente tabla:

| Materia Prima | Baja | Media | Alta | Disponibilidad (L) |
|---------------|------|-------|------|--------------------|
| Esencia | 5 | 15 | 20 | 15 |
| Alcohol | 60 | 70 | 75 | 120 |
| Agua | 35 | 15 | 5 | Ilimitada |

Se tiene una disponibilidad suficiente de frascos para cumplir el plan de producción mensual. El perfume, una vez envasado, se debe dejar en reposo en sus respectivos envases por un tiempo determinado en refrigeración, según gama. Por esta razón en el mes se pueden producir 1650 de gama baja ó 1500 de gama media ó 1200 de gama alta o cualquier combinación factible. Debido a razones comerciales, se deben producir al menos 2000 frascos en total en dicho periodo.

a) Obtenga el modelo de programación lineal que permita representar la situación anterior, con el objetivo de obtener el máximo ingreso cada mes para la empresa.

b) A partir del modelo anterior, realice las transformaciones necesarias al mismo, teniendo en cuenta las situaciones siguientes:

i. Existe la posibilidad de adquirir 20 litros más de alcohol con un costo adicional de \$350.00

ii. Por razones financieras se deberá adquirir la misma cantidad de otro tipo de esencia como materia prima, pero esto implica un cambio en los consumos unitarios de la misma en cada tipo de perfume. Ahora cada frasco de perfume de gama baja, media y alta requerirá 8ml, 12ml y 18ml de la nueva esencia, respectivamente.

Como se puede observar el inciso b) es el que corresponde con las diferentes situaciones de modelación donde se deben introducir variables binarias, pues el primer inciso ya debe ser de dominio de los estudiantes, pues fueron situaciones abordadas con anterioridad en otras tareas docentes desde la clase.

Durante el tiempo que tienen los estudiantes para cumplimentar la tarea, pueden utilizar bibliografía y otros materiales de los que dispone la plataforma. También pueden solicitar ayuda al profesor o a otros estudiantes a través del foro, donde se garantiza la atención diferenciada del profesor.

Cuando el tiempo se termina, una vez que los estudiantes suben la solución al EVEA, comienza la *evaluación de la Tarea*: el profesor revisa todas las respuestas, y publica en el EVEA otros audiovisuales con la solución del problema para que los mismos estudiantes puedan revisar lo que hicieron y proponerse una evaluación. También se orienta la revisión de cada tarea a otro estudiante, de manera que se pueda practicar la coevaluación. Finalmente, en el aula se realiza una *discusión grupal* conducida por el profesor que realiza un análisis del ejercicio, viendo diferentes variantes de modelación que pudieron emplear los estudiantes, escucha de cada estudiante su autoevaluación, la corrobora con el otro estudiante que le correspondió evaluarlo, y finalmente emite la calificación final, que tiene en cuenta lo anterior, además de la revisión hecha por el profesor. En algunas ocasiones también se realiza una pregunta escrita para constatar que el estudiante logró independencia a la hora de realizar la tarea. A los estudiantes con mayor dificultad se les orienta realizar otro ejercicio con similar escenario a modelar.

■ Análisis de resultados

A partir de las orientaciones ofrecidas por el profesor, los estudiantes fueron realizando las tareas en el EVEA de forma sistemática, durante la impartición de la asignatura. Al principio se observaron dificultades de los alumnos para cumplir con las tareas que les fueron orientadas, en lo fundamental por las insuficiencias que presentaban en aspectos relacionados con los contenidos matemáticos precedentes y en ocasiones por desconocimiento de cómo interactuar con la plataforma.

Se propició en todo momento un ambiente de discusión bueno ante determinadas situaciones en cuanto a los diferentes criterios de los estudiantes para la modelación de un mismo problema, así como la coevaluación y la autoevaluación. Para cada tarea, se empleó un tiempo en el análisis de la respuesta, además, con los audiovisuales los estudiantes comprobaban la solución de los problemas de modelación, y para brindar diferentes niveles de ayuda se utilizaba el foro. Incluso, cuando se necesitaba una atención más personalizada se concertaba una videoconferencia o consulta.

De manera general, se observó un cambio de actitud en los estudiantes frente a la modelación de problemas de programación lineal, sintiéndose más motivados por las actividades de la asignatura.

En todo momento primaron las reflexiones, partiendo de criterios cualitativos hasta llegar a lo cuantitativo, pero de manera que cada cual aceptara sus dificultades y las asumiera como un reto para vencerlas. Se propició el respeto por los criterios que emitían los demás estudiantes, lo que determinó la presencia de la crítica y la autocrítica. Se tuvieron en cuenta las evaluaciones emitidas por otros estudiantes, y la autoevaluación de cada uno. También se realizaron evaluaciones frecuentes en clases, con el fin de medir el nivel de desarrollo que iban alcanzando los estudiantes. Se hizo una prueba parcial sobre el tema de modelación.

En la figura 3, se muestra una gráfica comparativa de los resultados alcanzados por los distintos grupos en la prueba parcial en la cual se evaluó la modelación de problemas de PL. Se aprecia que los resultados en el grupo del pre-experimento (2304) fueron muy superiores.

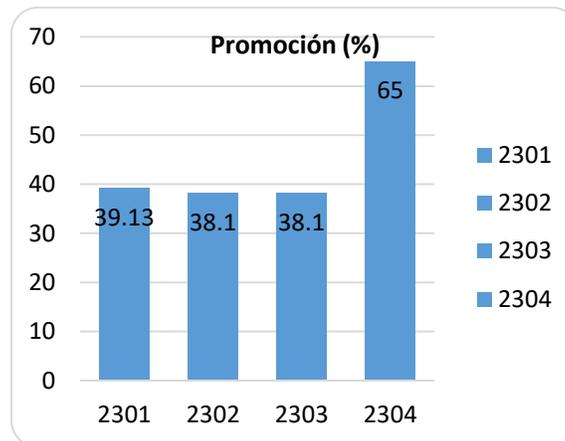


Figura 3: Comparación de los resultados de la prueba parcial entre los grupos docentes

En el examen final el desarrollo de la habilidad se pudo medir a través de la pregunta correspondiente al tema de la modelación de problemas de PL. Para la obtención de la información se compararon los resultados del grupo del pre-experimento (2304) con otro elegido al azar (2303). Fueron evaluados para cada estudiante de cada grupo, los indicadores que tributan a la habilidad modelación de problemas según la escala de alto, medio y bajo definida en la etapa de planificación de la estrategia. En la figura 4 la gráfica de barras brindada indica para cada grupo (siempre aparece en segundo lugar el grupo en que fue aplicada la estrategia) la proporción de estudiantes en grados porcentuales que son ubicados en las diferentes escalas para cada indicador. Puede apreciarse que en todos los indicadores hay más estudiantes que alcanzaron el nivel alto en el grupo del pre-experimento, con amplio margen porcentual, en la mayoría de los indicadores. Además, que el tercero, cuarto, séptimo y noveno fueron los indicadores en que se alcanzó comparativamente más desarrollo. Todos los elementos discutidos anteriormente tributan a que en el grupo 2304 se alcanzó un mayor desarrollo de la habilidad modelación de problemas de PL, lo que se justifica plenamente con la aplicación de la estrategia. Luego se concluye que la estrategia propuesta contribuye al desarrollo de la habilidad modelación de problemas de PL en estudiantes de ICI de la UCI.

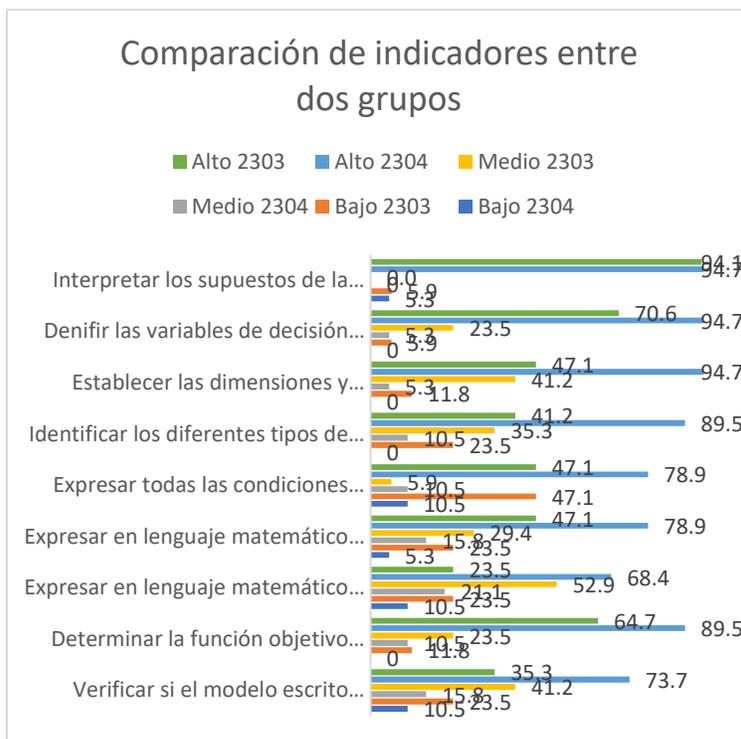


Figura 4. Comparación del nivel de desarrollo de la habilidad de modelación por cada indicador entre dos grupos (2304 y 2303).

Para saber el grado de satisfacción de los estudiantes del grupo donde se realizó el pre-experimento con la estrategia didáctica, se aplicó el test de satisfacción de Iadov.

El cuadro lógico de Iadov referente a los 19 encuestados mostró: 13 estudiantes con el máximo de satisfacción; 4 más satisfechos que insatisfechos, 2 no definidos, ningún estudiante más insatisfecho que satisfecho y ninguno con la máxima insatisfacción.

Teniendo en cuenta este resultado, se calcula el índice de satisfacción grupal que resultó ser de 0,789, lo que evidencia que existe una alta satisfacción.

En la encuesta aplicada para conocer la satisfacción había preguntas que aportaron consideraciones sobre el PEA de la asignatura IO, tales como: los estudiantes consideran el audiovisual como el recurso utilizado que más les motivó y ayudó en el desarrollo de habilidades para la modelación de problemas; corroboran que los ejercicios de modelación tenían relación con la práctica, y que su descripción precisa, así como la desagregación de los mismos de pequeña a alta complejidad, les ayudó a ejecutar un plan de solución.

Entre los principales elementos que justifican el gusto de los estudiantes por el empleo de las tecnologías en el aprendizaje están: se sienten motivados y atraídos, pueden estudiar en cualquier momento y desde cualquier lugar, tienen respuesta inmediata a sus inquietudes y dudas, logran mayor concentración y pueden escuchar la explicación del profesor tantas veces como lo necesiten.

En resumen, la validación de la estrategia didáctica mediante la técnica de Iadov, arrojó resultados que evidencian la factibilidad de su aplicación, expresado cuantitativamente en el alto índice de satisfacción grupal y cualitativamente en los criterios emitidos.

■ Conclusiones

Los referentes teóricos-metodológicos de la investigación, fundamentan la importancia del desarrollo de la habilidad modelación de problemas con el empleo de las tecnologías. De manera general se cumplió el objetivo del trabajo, pues con la concepción y aplicación de la estrategia didáctica haciendo uso de las tecnologías, se consiguió el desarrollo de la habilidad modelación, lo cual se demostró con el pre-experimento realizado y el test de satisfacción de Iadov. Durante la realización de la investigación se generó un conjunto de recursos educativos para la asignatura, como tareas y audiovisuales, así como un software de resolución de problemas de Programación Lineal para comprobar los modelos, los cuales quedan a disposición del claustro como recursos y medios de enseñanza.

■ Referencias bibliográficas

- Cantoral, R. (2004). Desarrollo del Pensamiento y Lenguaje Variacional. Una mirada socioepistemológica. En L. Díaz (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. XVII, págs. 1-9. Mexico: CLAME.
- Cantoral, R., & Reséndiz, E. (2003). El papel de la variación en las explicaciones de los profesores: un estudio en situación escolar. *RELIME, Revista Oficial del Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A.C.*, VI(2), 133-154.
- Cantoral, R., Molina, J., & Sánchez, M. (s.f.). Socioepistemología de la Predicción. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. 18, págs. 463-468. Mexico: Cinvestav IPN, Cicata IPN.
- Carlson, M., Jacobs, S., Coe, E., Larsen, S., & Hsu, E. (2002). Applying covariational reasoning while modeling dynamic events: a framework and a study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 33(5), 352-378.
- Castiblanco, A., Urquina, H., & Acosta, E. (2004). *Pensamiento Variacional y Tecnologías Computacionales. Proyecto: Incorporación de Nuevas Tecnologías al Currículo de Matemáticas de la Educación Básica Secundaria y Media de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Educación Nacional.
- Ávila, J. (2005). Representaciones estudiantiles de la variación. Un estudio con bitácoras reflexivas. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Matemática Educativa. México: Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Ciencia. Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN.
- Araújo, J. d. (2009). Uma Abordagem Sócio-Crítica da Modelagem Matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*.
- Blomhøj, M. (2004). *Modelización Matemática - Una Teoría para la Práctica*. Suecia: National Center for Mathematics Education.
- Bassanezi. (1994). *Modelling as a Teaching - Learning Strategy. For the Learning of Mathematics*.
- Berrío, M. d. (2011). Elementos que intervienen en la construcción que hacen los estudiantes frente a los modelos matemáticos. El caso del cultivo del café. Medellín.
- Biembengut, M., & Hein, N. (2006). Modelaje matemático como método de investigación en clase de matemáticas. V Festival Internacional de Matemática. Costa Rica.
- Borromeo Ferri, R. (2010). On the Influence of Mathematical Thinking Styles on Learners's Modeling Behavior. *Journal für Mathematik - Didaktik*.
- Bossio, J. L. (2014). Un proceso de modelación matemática desde una situación en el contexto del cultivo de plátano con estudiantes de grado décimo al generar modelos lineales. Medellín.
- Díaz, L. (2005). Profundización en los entendimientos estudiantiles de variación. *RELIME, Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 8(002), 144-168.
- Gabardo, L. (2006). Modelación matemática y ontología. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, (págs. 317-323). México.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones (9na ed.)*. México: McGraw-Hill.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Lineamientos Curriculares Matemáticas*. Santafé de Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Santafé de Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional.
- Moreno, L. (2009). Construcción de la noción de variable asociada a la variación mediante el uso de simulaciones para estudiantes de grado octavo. Tesis de Licenciatura en Educación Matemática. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Nájera, V. (2009). Construcción de significados de variación y variable en ambientes dinámicos y entornos físicos. Tesis para obtener el grado de Doctor en matemática educativa, informática educativa y ciencias de la cognición educativa. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Posada, F., Gallo, G., Gutierrez, J., Jaramillo, C., Monsalve, O., Múnera, J., . . . Vanegas, M. (2006). Módulo 2. Pensamiento Variacional y Razonamiento Algebraico. Colombia: Secretaría de Educación para la Cultura de Antioquia. Ministerio de Educación Nacional.
- Rendon, P. (2009). Conceptualización de la razón de cambio en el marco de la Enseñanza para la Comprensión. Tesis para obtener el título de Magister en Educación. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Reséndiz, E. (2006). La variación y las explicaciones didácticas de los profesores en situación escolar. RELIME, Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa., 9(3), 435-458.
- Sadovsky, P. (2005). Enseñar matemática hoy: Miradas, sentidos y desafíos. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Serrano, C., García, G., & Salamanca, J. (2000). El estudio de la variación en la Educación Básica. XVII Coloquio Distrital de Matemáticas y Estadística (págs. 1 - 24). Santafé de Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Torres, A. (2004). La modelación y las gráficas en situaciones de movimiento con tecnología. Tesis para obtener el grado de: Maestro en Ciencias. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Universidad de las Ciencias Informáticas. (2014). Modelo del profesional del Ingeniero en Ciencias Informáticas. La Habana.
- Vasco, C. (2002). El pensamiento variacional, la modelación y las nuevas tecnologías. Congreso Internacional Tecnologías Computacionales en el Currículo de Matemáticas. Bogotá: República de Colombia, Ministerio de Educación Nacional.