

Optimización lineal como estrategia de aprendizaje desarrollador de la investigación operativa en administración de empresas

Linear optimization as a learning strategy developer of operational research in business administration

Yoandry Rivero Padrón (yriverop@uisrael.edu.ec)
Ernesto Fernández Rivero (efernandez@uisrael.edu.ec)

Universidad Tecnológica Israel
Ecuador

Resumen

La preocupación por la falta de conocimiento, por parte de los estudiantes de la Universidad Tecnológica Israel (UTI) en base a la optimización lineal, motivó a los docentes de la institución en buscar metodologías apropiadas para fomentar un aprendizaje significativo de los contenidos matemáticos y estadísticos relacionados a la optimización lineal como estrategia de aprendizaje desarrollador de la investigación operativa en administración de empresas. La metodología del estudio fue aplicada mediante un análisis cualitativo documental, como informantes clave de la investigación, participaron cinco (5) docentes y diez (10) estudiantes. Los datos fueron recolectados mediante una entrevista de tipo semi-estructurada y analizados de forma interpretativa por los investigadores. Como resultados se logró definir que los procesos de optimización lineal permiten metodológicamente desarrollar estrategias de aprendizaje significativo y optimizar su aplicación en cursos de estadística y matemática universitaria.

Palabras y frases clave: Aprendizaje significativo, educación universitaria, aprendizaje desarrollador, optimización lineal.

Abstract

The concern about the lack of knowledge, on the part of the students of the Israel Technological University (ITU) based on linear optimization, motivated the teachers of the institution to look for appropriate methodologies to promote a significant learning of mathematical and statistical contents related to linear optimization as a learning strategy to develop operational research in business administration. The methodology of the study was applied by means of a qualitative documentary analysis. Five (5) teachers and ten (10) students participated as key informants of the research. The data were collected through a semi-structured interview and analyzed in an interpretative way by the researchers. As results, it was defined that linear optimization processes allow methodologically to develop significant learning strategies and optimize their application in courses of statistics and university mathematics.

Key words and phrases: Meaningful learning, university education, developer learning, linear optimisation.

1 Introducción

La *investigación operativa* en la carrera administración de empresas de la UTI es considerada como Matemática aplicada y, a la vez, como disciplina sustantiva donde se practica la forma sencilla de razonar en la aplicación de modelos de desarrollo profesional. La comprensión y uso de: programación lineal continua, programación lineal entera y el análisis de decisiones; permiten resolver problemas que se presentan en situaciones de la profesión y la vida real.

La investigación operativa tiene sus orígenes en la segunda guerra mundial, debido a la necesidad urgente de asignación de recursos escasos en las operaciones militares, en problemas tácticos y estratégicos. Estas mismas técnicas se han extendido con posterioridad a las empresas. Disciplinas típicas de la investigación operativa son la optimización con sus múltiples sabores (lineal, no lineal, entera, estocástica, multiobjetivo), teoría de la decisión y de juegos, teoría de colas y simulación, teoría de grafos o flujos de redes. Según Santos [21] otras disciplinas como algoritmos metaheurísticos y lógica borrosa, redes neuronales artificiales, reconocimiento de patrones y otras técnicas de inteligencia artificial, aunque conceptualmente se encuadran dentro de la investigación operativa, habitualmente se estudian dentro de otras disciplinas ligadas a la ingeniería informática como la inteligencia artificial. Los contenidos de algunas de estas últimas disciplinas también están muy ligados a la estadística.

La temática de optimización lineal en la carrera Administración de Empresas en la UTI centra su atención en la resolución de problemas de optimización de recursos en situaciones reales mediante procedimientos cuantitativos orientados a la toma de decisiones. Esto se logra, específicamente, a partir de la evaluación de modelos matemáticos de programación lineal para la resolución de problemas de optimización, así como la realización del análisis de sensibilidad y modelos de transporte al resolver dichos problemas.

1.1 Hacia un aprendizaje significativo y desarrollador

La relación entre enseñanza, aprendizaje y desarrollo ha sido estudiada por diferentes concepciones pedagógicas y, desde hace varios años, se ha enfatizado en el carácter socializador, formativo y desarrollador del proceso de enseñanza-aprendizaje. Pozo en [20] expone en esta perspectiva integradora y desarrolladora, que se corresponde con el significado que se ha dado a una nueva cultura del aprendizaje, que no solo exige nuevos tipos de aprendizajes, sino también nuevas formas de aprender dado que aprender puede significar o requerir cosas distintas según las demandas culturales que lo motiven y el enfoque teórico que adopte el docente como afirman Ballesteros, Gamboa y Calvo en [2].

Los procesos del aprendizaje desarrollador han sido concebidos como el resultado de la interacción dialéctica entre tres dimensiones básicas: la activación-regulación, la significatividad de los procesos y la motivación para aprender. Para Castellanos en [5] los resultados obtenidos en el campo de la Matemática en el trabajo con estrategias metacognitivas y estrategias para la resolución de problemas, así como la estructuración de una colección básica de ejercicios utilizada para la fijación de los conocimientos y el desarrollo de las habilidades, han evidenciado el efecto

positivo que estas estrategias producen en el desarrollo de formas de aprender, que perduran al pasar el tiempo.

El estudiante, al intentar resolver las tareas matemáticas que se le plantean, debe atender al dominio del conocimiento, pero también al empleo de estrategias cognitivas y metacognitivas según Biggs en [3] y Monereo en [18].

Este trabajo centra la atención en las *estrategias de aprendizaje*, que constituyen procedimientos internos, no observables, de carácter generalmente cognitivo, que ponen en juego los sujetos cuando aprenden y que tienen como fin lograr un plan, un objetivo o una meta en base a las teorías cognitivas de Pozo en [20]. Delgado en [9] expone que las estrategias de aprendizaje se distinguen de las estrategias de enseñanza, ya que las primeras son ejecutadas intencionalmente por un aprendiz (estudiante) siempre que se le demande aprender, recordar o resolver problemas sobre un contenido de aprendizaje.

En la literatura especializada para Cevallos en [7] se distinguen diferentes *tipos de estrategias de aprendizaje: cognitivas, metacognitivas y de apoyo*. Las estrategias cognitivas son procesos por medio de los cuales se obtiene conocimiento. Las estrategias metacognitivas son conocimientos sobre los procesos de cognición o auto-administración del aprendizaje por medio de planeamiento, monitoreo y evaluación. Mientras, las estrategias de apoyo permiten al estudiante exponerse a sí mismo la asignatura que estudia, practicarla, explicarse y explicar a los demás, intercambiar ideas (Santos en [22], Schoenfeld en [23] y Matemática en [16]).

Fariñas en [10], resalta que el aprendizaje es un proceso complejo, que ha sido objeto de estudio de diferentes concepciones (conductistas, cognitivistas, constructivistas y humanistas), cada una de las cuales ha realizado sus aportes a una mejor comprensión de dicho proceso, con diferencias esenciales y limitaciones al igual que para el Colectivo de docentes Universidad de Matanzas en [8].

Hillier en [11] resalta que la concepción desarrolladora e integradora del aprendizaje que se asume para el estudio de las estrategias se sustentan en posiciones de la *escuela Histórico-Cultural*, porque su naturaleza dialéctica le permite considerar los mejores aportes de otros enfoques, con el ánimo de asimilarlos y crear una estructura teórica general más completa y profunda.

Un *aprendizaje desarrollador* es aquel que garantiza en el individuo la apropiación activa y creadora de la cultura, propiciando el desarrollo de su auto-perfeccionamiento constante, de su autonomía y auto-determinación, en íntima conexión con los necesarios procesos de socialización, compromiso y responsabilidad social.

Por tanto, según Jiménez en [13] para ser desarrollador, el aprendizaje tendría que cumplir con tres criterios básicos:

1. Promover el desarrollo integral de la personalidad del educando, es decir, activar la apropiación de conocimientos, destrezas y capacidades intelectuales en estrecha armonía con la formación de motivaciones, sentimientos, cualidades, valores, convicciones e ideales. En otras palabras, garantizar la unidad de lo afectivo-valorativo en el desarrollo y crecimiento personal de los aprendices.
2. Potenciar el tránsito progresivo de la dependencia a la independencia y a la auto-regulación, así como el desarrollo en el sujeto de la capacidad de conocer, controlar y transformar creadoramente su propia persona y su medio.
3. Desarrollar la capacidad para realizar aprendizajes a lo largo de la vida, a partir del dominio

de las habilidades y estrategias para aprender a aprender, y de la necesidad de una auto-educación constante según Castellanos, et al. en [6].

Los criterios básicos 2. y 3. en la concepción de una enseñanza, en pos de un aprendizaje desarrollador, presuponen asumir la enseñanza de estrategias no sólo cognitivas sino metacognitivas, en particular las referidas a la resolución de problemas y el desarrollo de la creatividad, convirtiéndolas en contenido de enseñanza. Otro elemento presente en este sentido lo constituye la elaboración, por parte del estudiante, de la orientación para la aplicación de procedimientos la cual es dada o elaborada, generalmente, por los docentes.

La educación matemática, tiene que ser una educación creativa, es decir, una educación que promueva un aprendizaje productivo y creador que fomente en los estudiantes una actividad científica y creativa ante la vida. Jiménez en [12] destaca que es imposible mejorar la educación matemática, desarrollar el pensamiento matemático de los alumnos en la resolución de problemas al margen de la creatividad.

Las clases de Matemática abordan una parte teórica donde se presentan conceptos (mediante definiciones o descripciones), teoremas (que enuncian propiedades o leyes demostrando dentro de un sistema de conocimientos) y procedimientos para actuar (de tipo algorítmicos o heurísticos), pero una buena parte del tiempo se dedica a la práctica, es decir, a la fijación y aplicación del contenido matemático acorde con Plata en [19].

En los textos sobre *metodología de la enseñanza de la Matemática*, Ballester, Gamboa y Calvo en [1] precisan que “un ejercicio (en sentido amplio) es una exigencia para actuar que se caracteriza por:

1. El *objetivo de las acciones*: transformar una situación inicial (lo dado) en una situación final (lo buscado).
2. El *contenido de las acciones*: objeto (elementos de materia matemática, su correspondencia con situaciones extramatemática y los elementos heurísticos a emplear) y tipos de acciones (identificar, realizar, comparar, ordenar, clasificar, reconocer, describir, aplicar, fundamentar, buscar, planificar, controlar).
3. Las *condiciones para las acciones* (exigencias que el ejercicio plantea al estudiante por su grado de dificultad).

El problema es un ejercicio que se caracteriza por tener una situación inicial conocida y una situación final desconocida, en que la vía de solución también es desconocida, pero que puede obtenerse con ayuda de procedimientos heurísticos.”

Precisamente, la búsqueda de la vía de solución es la que resulta de mayor dificultad en los estudiantes. Para que un estudiante desarrolle estrategias cognitivas y metacognitivas en la resolución de ejercicios y problemas, se debe conducir un proceso que transcurre por diferentes etapas o momentos:

1. Primer momento (tiene como objetivo final lograr una comprensión del ejercicio o problema planteado)
 - La *creación de una motivación* (para una clase de ejercicios y que puede estar en el propio ejercicio y en las potencialidades de este para contribuir al desarrollo intelectual o la educación de los alumnos).

- El *planteamiento del problema* (mediante las posibilidades o formas siguientes: encontrar el problema relacionado con la determinación de ciertas cantidades de magnitudes que surgen durante una discusión de clase; plantear una situación problemática que conlleva al planteamiento del ejercicio; entre otras).
 - La *comprensión del problema* (con el empleo de impulsos como: lee el problema detenidamente; ¿De qué trata el problema?; formula el texto con tus propias palabras; observa figuras, tablas o esquemas dados en el problema o elabóralos, si fuera necesario; interpreta palabras claves o busca aclaración de términos desconocidos)
2. Segundo momento (cuyo objetivo final es hallar la vía de solución)
- La *precisión del problema* (a partir de la comprensión del problema se precisan los datos y lo buscado, comprende la formulación precisa del problema)
 - El *análisis del problema* (orientado a una comprensión más profunda del problema en cuestión, a través de la interpretación y la traducción al lenguaje matemático de palabras claves se extraen relaciones y dependencias entre las magnitudes, posibles operaciones a realizar, posibilidad de relacionar magnitudes con ecuaciones o fórmulas conocidas; también es posible el empleo de medios heurísticos auxiliares y de procedimientos heurísticos)
 - La *búsqueda de la idea de solución* (dirigido a la reflexión sobre los métodos que conducen al establecimiento de relaciones entre los datos y las incógnitas, que generalmente llevan al planteamiento de una ecuación o la aplicación de una fórmula; lo anterior permite la elaboración de un plan de solución en que están presentes las determinaciones de los medios matemáticos concretos y la aplicación de las estrategias de trabajo heurísticas)
3. Tercer momento (orientado a resolver el ejercicio o problema planteado)
- La *ejecución del plan de solución* (encaminado a la determinación del orden de realización de los cálculos, el análisis de realización del cálculo aproximado, análisis de las unidades de medidas, la utilización de magnitudes auxiliares. Debe tenerse presente los procedimientos heurísticos, en particular las reglas heurísticas)
4. Cuarto momento (reflexión de lo aprendido en la resolución del ejercicio o problema)
- El proceso concluye con *reflexiones sobre la vía empleada para obtener la solución al problema*, así como la *comprobación de los resultados obtenidos*.

La comprobación que se realiza con las relaciones que se establecen en el enunciado del ejercicio o mediante comparación de la posible solución con la estimación, el cálculo aproximado y la práctica, si resulta conveniente. Esto es lo que comúnmente realizan estudiantes y profesores y dan paso a nuevos ejercicios. Sin embargo, para el desarrollo de estrategias metacognitivas resulta de suma importancia la vía empleada para obtener la solución al problema. Se evalúa la vía de solución mediante consideraciones retrospectivas sobre procedimientos y métodos utilizados para el plan de solución, se reflexiona sobre otras vías de solución.

En los procesos de resolución de ejercicios y problemas en que está presente el docente es importante que éste ofrezca impulsos heurísticos en los pasos de búsqueda de una solución, así como en la reflexión final para la evaluación de la vía empleada que permite llegar a una situación final deseada (la solución). Lopez en [14] plantea el siguiente modelo de presentación:

Ejemplo 1. *presenta: Ante una exigencia:*

- *¿Qué me piden?*
- *¿Qué se de ello?*
- *¿Qué necesito utilizar para responder?, ¿una definición?, ¿un teorema?, ¿un principio?, ¿una ley?, ¿una propiedad?...*
- *¿Cómo se relaciona lo que me piden con lo que determiné utilizar? ¿Estoy haciéndolo bien? Debo chequearlo, no me da y no tengo errores, debo cambiar.*

Para encontrar una vía de solución debes:

- *Interpretar lo buscado en todas las formas posibles y relacionarlo con lo que sabes.*
- *Seleccionar de lo que sabes, lo que necesitas para inferir lo buscado (condición necesaria, condición suficiente, procedimiento).*
- *Determinar de lo que te dan, qué falta para inferir lo buscado según la condición necesaria o suficiente o el procedimiento que seleccionaste.*

Se debe, entonces, determinar el método para el proceso de enseñanza-aprendizaje significativo, desarrollador y creativo que mejor propicie:

- Desarrollo del pensamiento.
- Aprendizaje activo, cooperado y flexible.
- Formar o desarrollar valores (personales y sociales).
- Dominio de la Matemática (su estructura, invariantes, solidez de los conocimientos, habilidades desarrolladas, interdisciplinariedad).
- Investigar. Vincular, en lo posible, con la práctica.
- Desarrollar la capacidad comunicativa, reflexiva y auto-reflexiva, a partir de:
 - Escuchar críticamente en función de diálogos reflexivos.
 - Enseñar a interpretar.
 - Enseñar a fundamentar y refutar.
 - Buscar soluciones eficientes.
 - Reflexionar y criticar colectivamente.
 - Comprender cómo se piensa, qué se sabe, qué no, aciertos y deficiencias, causas.
 - Evaluar y calificar colectivamente.
 - Enseñar a aprender.

A modo de ilustración de cómo debe conducirse el proceso para el desarrollo de estrategias cognitivas y metacognitivas se ha seleccionado un problema de la colección que se utiliza en las clases de *investigación operativa* para modelar una situación mediante el empleo de procedimientos de *optimización lineal*.

Problema a resolver. *Es muy frecuente en el Ecuador que los extranjeros nacionales e internacionales visiten la Ciudad Mitad del Mundo y lleven a sus casas diferentes tipos de recuerdos. La microempresa Doña Rosita produce dos clases de recuerdos: llaveros y carteras pequeñas de cuero. Cada llavero producirá una ganancia de \$1, mientras que cada cartera generará una ganancia de \$1,20. Para fabricar un llavero se necesitan 2 minutos en la máquina I y 1 minuto en la máquina II. Una cartera requiere 1 minuto en la máquina I y 3 minutos en la máquina II. Hay 3 horas disponibles en la máquina I y 5 horas disponibles en la máquina II para procesar todo el pedido de la semana. ¿Cuántos recuerdos de cada tipo deben producirse para maximizar la ganancia en Doña Rosita?*

En un primer momento el docente centra su atención en el texto del problema y lo relaciona con la labor de emprendimiento que realizan sectores de la población, aprovechando las oportunidades que ofrece el turismo nacional e internacional durante la visita a la Mitad del Mundo y el deseo de adquirir recuerdos de esas vivencias. Se crea así la motivación por ocuparse del problema planteado. Se pasa entonces a precisar que se trata de maximizar ganancia, por lo que la situación conduce a un problema de optimización y se plantea la interrogante, qué se conoce sobre procedimientos para determinar la ganancia óptima. Se concluye que en la optimización lineal se aprenden herramientas que permiten optimizar problemas de la realidad.

En un segundo momento el docente se ocupa de precisar y comprender mejor el problema como punto de partida para hallar una solución al problema. Se centra la atención en lo dado (datos) y lo buscado. Mediante las preguntas: ¿Qué datos me dan? ¿Qué me piden? ¿Qué se de ello? ¿Qué necesito utilizar? ¿una definición?, ¿un teorema?, ¿un principio?, ¿una ley?, ¿una propiedad?... ¿Cómo se relaciona lo que me piden con la determinación de lo que voy a utilizar? ¿En qué recursos auxiliar me pudiera apoyar para observar mejor la relación entre lo dado y lo buscado? Con final de las respuestas realizadas se propone elaborar una tabla que resuma el problema:

	Máquina I	Máquina II	Ganancia
Llaveros	2 min	1 min	1.00
Carteras pequeñas	1 min	3 min	1.20
Disponibilidad	3 horas = 180 min	5 horas = 300 min	

El análisis de la tabla se realiza en base a respuestas de las siguientes preguntas:

- ¿Qué desea producir Doña Rosita?
- ¿Qué necesita Doña Rosita para producir estos suvenires?
- ¿Cuál es el tiempo disponible de las máquinas?
- ¿Es este tiempo disponible una limitación para la producción que debo hacer?
- ¿Podemos plantear un modelo de programación lineal para resolveré esta situación?
- ¿Cómo expresar las respuestas a las preguntas anteriores en el lenguaje de la Programación Lineal?

Como resultado de lo anterior se resume en el lenguaje propio de la asignatura:

- *Variables de decisión:*
 $X :=$ Cantidad de llaveros a producir
 $Y :=$ Cantidad de carteras pequeñas a producir

- *Función objetivo:*

Maximizar:

$$Z = X + \frac{6}{5}Y$$

Restricciones:

$$2X + Y \leq 180$$

$$X + 3Y \leq 300$$

$$X \geq 0$$

$$Y \geq 0$$

En el tercer momento se procede a ejecutar las acciones del procedimiento elegido, prestando atención a los resultados que se van obteniendo en el trabajo algebraico, con los sistemas de ecuaciones/inecuaciones o con las matrices. Después de resolver el problema la solución óptima del mismo sería producir 48 llaveros y 84 carteras obteniendo los ingresos máximos que serían de 148,80 dólares. De esta forma logramos obtener también la ganancia máxima.

El proceso de trabajo con el problema planteado concluye con reflexiones sobre la vía empleada para obtener la solución al problema, la que se conduce con preguntas a los estudiantes, como:

- ¿De cuántas maneras podemos resolver el problema planteado?
- ¿Cuál resultaría más fácil para usted?
- ¿Llegaremos de ambas formas a la misma conclusión?

Finalmente, se realiza comentarios relativos a la comprobación de los resultados obtenidos.

1.2 Los problemas de optimización

La optimización consiste en la selección de una alternativa mejor, en algún sentido, que las demás alternativas posibles. Es un concepto inherente a toda la investigación operativa. Sin embargo, determinadas técnicas propias de la investigación operativa se recogen bajo el nombre de optimización o programación matemática. Los problemas de optimización se componen generalmente de tres componentes:

- **La función objetivo:** es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar (maximizar o minimizar). Como ejemplo de funciones objetivas en la administración de empresas se pueden mencionar: la minimización de los costes variables de operación de un sistema eléctrico, la maximización de los beneficios netos de venta de ciertos productos, la minimización del cuadrado de las desviaciones con respecto a unos valores observados o la minimización del material utilizado en la fabricación de un producto.
- **Variable:** representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Desde un punto de vista funcional se pueden clasificar en variables independientes o principales o de control y variables dependientes o auxiliares o de estado, aunque matemáticamente todas son iguales. En el caso de una empresa serán los valores de producción de los grupos de generación o los flujos por las líneas. En el caso de la venta, la cantidad de cada producto fabricado y vendido. En el caso de la fabricación de un producto, sus dimensiones físicas.

- Restricciones: representan el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer. Por ejemplo, las potencias máxima y mínima de operación de un grupo de generación, la capacidad de producción de la fábrica para los diferentes productos o las dimensiones del material bruto del producto.

Finalmente para concluir el sustento teórico de la investigación se puede expresar que resolver un problema, a través de la optimización lineal consiste en encontrar el valor que deben tomar las variables para hacer óptima la función objetivo, satisfaciendo el conjunto de restricciones.

1.3 La optimización como una asignatura matemática

Prácticamente y educativamente, se puede hacer énfasis en que la técnica de la optimización es matemática por naturaleza. Típicamente involucra los procesos funcionales de maximización o minimización de una función que representa el desempeño de algún sistema. Esto se resuelve encontrando los valores de las variables (cuantificables y controlables) que hacen que la función alcance su mejor valor. A fin de entender como operan los algoritmos se requieren conocimientos de álgebra lineal y cálculo diferencial con varias variables. Algunos de los problemas de la teoría de optimización se pueden resolver por las técnicas clásicas del cálculo avanzado (tales como métodos Jacobianos y el uso de multiplicadores de Lagrange).

Sin embargo, la mayoría de los problemas de optimización no satisfacen las condiciones necesarias para ser resueltos de esta manera. Muchos de los otros problemas, pese a poder ser tratados con las técnicas clásicas, se resuelven más eficazmente si se utilizan métodos diseñados para cada caso particular. A través de la historia de las matemáticas se ha construido una colección de tales técnicas. Algunas han sido olvidadas y reinventadas, otras recibieron poca atención hasta que las computadoras las hicieron utilizables. El grueso de material al respecto es de origen reciente debido a que muchos de los problemas, tales como el flujo de tráfico, recién ahora cobran interés y también debido al gran número de investigadores disponibles actualmente para analizar tales problemas. Cuando ese material es catalogado dentro de un cuerpo autocontenido de conocimientos el resultado es una nueva rama de las matemáticas aplicadas.

2 Metodología

La presente investigación se fundamenta en la investigación cualitativa con paradigma interpretativo, o también llamado por autores como Yuni y Urbano en [25] quienes señalan que este paradigma obedece a la concepción filosófica de la que se nutre y que le provee los fundamentos acerca de lo real y las posibilidades de conocerlo. En este sentido, los investigadores realizaron la recolección de datos en el propio ambiente laboral universitario donde los sujetos desempeñan sus funciones educativas, esto se realizó con la intención de poder observar la situación directamente y sin la presencia e influencia de otros elementos que pudiesen desvirtuar la información facilitada.

Por el carácter propio de la investigación cualitativa, se realizaron entrevistas de tipo estructuradas a los docentes y estudiantes, método recomendado por Caldach en [4] para obtener información de los informantes al instante de expresar sus opiniones sobre los tópicos que se plantean en la investigación. Así, cada sujeto respondió de manera amena y mesurada cada ítem recurriendo a los conocimientos que poseen de acuerdo a su área de preparación académica, de manera que una vez recolectada la información requerida, los autores procedieron a plantear sus propias interpretaciones tomando en consideración las opiniones obtenidas.

2.1 Informantes

En virtud de que la presente investigación se encuentra en el paradigma cualitativo, debido a que el estudio, se enfoca en fomentar el proceso matemático de la optimización lineal como estrategia de enseñanza significativa. Según Martínez en [15], para la selección de la muestra en un estudio cualitativo, es de considerarse como informantes y se requiere que el investigador especifique con precisión cuál es la población relevante o el fenómeno de investigación, usando criterios (que justificará) que pueden basarse en consideraciones teóricas o conceptuales, intereses personales, circunstancias situacionales u otras consideraciones. Para la selección de los informantes en la investigación, los investigadores se sustentaron en los criterios recomendados por Mendieta en [17] donde el citado autor indaga en que no existe la necesidad de una selección estadística por ser un estudio de enfoque cualitativo. Seleccionándose cinco (5) docentes que poseen formación andragógica con grado académico igual o superior a Magister, debido a su formación académica y experiencia laboral relacionada con el tema en estudio, también se contó con la participación diez (10) estudiantes de la UTI todos de distintos niveles de estudio y carreras.

3 Análisis de los resultados

Después de aplicarse las entrevistas semi-estructuradas tanto a los docentes como a los estudiantes que cursan optimización lineal, área adscrita al syllabus académico de La Universidad Tecnológica Israel se logró evidenciar en los estudiantes, la poca durabilidad en el aprendizaje de los contenidos adquiridos relacionados con esta materia que, no pocas veces, es argumento por los docentes en sus resultados diagnósticos. Con el fin de interpretar los principales aportes emitidos por los docentes se logró evidenciar que:

- Los estudiantes esperan que el profesor oriente los pasos para resolver la tarea y ejecutan estos sin elaborar, previamente, un plan de solución.
- Los estudiantes no reflexionan acerca de los conocimientos que poseen, además de conocimientos que les permiten resolver la tarea propuesta.
- Igualmente entre los enunciados expuestos por los estudiantes, indagaron en no ser apreciado hacer uso de estrategias cognitivas y meta-cognitivas que le faciliten llegar a encontrar una vía de solución a problemas matemáticos.
- Afirmaron que ante la propuesta de solución de un compañero, el resto de los estudiantes la asumen como propia y dejan de buscar alternativas propias de solución.
- Los estudiantes no acostumbran a buscar alternativas y reorganizar los pasos seguidos, de forma que puedan dar solución a los deberes solicitados por los docentes.
- Los estudiantes no expresaron sus respuestas a partir de determinar lo esencial y necesario.
- En relación a los docentes entrevistados, demostraron no prestar atención al desarrollo de distintas estrategias de aprendizajes efectivas.

En base a las opiniones descritas, los métodos de optimización no son apreciados por el estudiantado, tanto los métodos clásicos (que son los algoritmos que habitualmente se explican en los syllabus de optimización) como los métodos meta-heurísticos (que se encuentran ligados a lo

que se denomina inteligencia artificial e imitan fenómenos sencillos observados en la naturaleza). Por lo tanto, la optimización lineal, es presentada por la UTI en la etapa inicial de cada semestre. De forma muy general y aproximada se puede interpretar que los métodos clásicos desarrollados en la institución buscan y garantizan un óptimo local mientras que los métodos meta-heurísticos tienen mecanismos específicos para alcanzar un óptimo global aunque no garantizan su alcance según los testimonios de los estudiantes.

4 Conclusiones

Los contenidos declarados en el sílabo de *investigación operativa y optimización lineal* para la carrera administración de empresas es el punto de partida para el desarrollo de un aprendizaje significativo, desarrollador, creativo; pero se requiere además, conducir el proceso de aprendizaje de manera adecuada, por lo que se hace necesario renovar y perfeccionar las metodologías (estrategias de aprendizaje) empleadas, a la realidad actual de formación en la UTI.

Cabe resaltar, que existe una enorme variedad de actividades en el mundo cotidiano que pueden ser útilmente descritas como sistemas, desde sistemas físicos tales como una planta industrial hasta entidades teóricas tales como los modelos económicos. La operación eficiente de esos sistemas usualmente requiere de un proceso matemático para optimizar varios índices que miden el desempeño del sistema. Algunas veces, esos índices son cuantificados y representados como variables algebraicas. Entonces se deben encontrar valores para esas variables, que maximicen la ganancia o beneficio del sistema, o bien minimicen los gastos o pérdidas. Estos procesos no son bien descritos y aceptados por los estudiantes, por ser establecido mediante un conjunto procedimental matemático.

A modo de conclusión, se asume que las variables dependen de ciertos factores. Algunos de esos factores a veces están bajo el control (al menos parcialmente) del analista responsable del desempeño del sistema. Debido a que la teoría de la optimización brinda este eslabón en la cadena de la administración de sistemas o empresas se constituye un cuerpo importante del conocimiento matemático, pero si este cuerpo o asignatura de las ciencias matemáticas no es desarrollado de forma significativa a los estudiantes, no habrá una comprensión lógica y razonable del tema para desarrollar en la carrera de administración de empresas, así de esta manera se mantendrá como un tema teórico-abstracto sujeto al programa analítico del ente universitario.

Referencias

- [1] Ballesteros, S. Gamboa, A. y Calvo M. *Metodología de la enseñanza de la Matemática* (Tomo I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 1992.
- [2] Ballesteros, S. Gamboa, A. y Calvo M. *Metodología de la enseñanza de la Matemática* (Tomo II). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 2000
- [3] Biggs, J. *Approaches to learning and to essay writing*. (R. S. (Ed.), Ed.) Learning strategies and learning styles. 1988.
- [4] Calduch, R. *Métodos y técnicas de investigación internacional*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. 2014.

- [5] Castellanos, D. *Teorías actuales del aprendizaje*. Caracas, Venezuela: Imprenta Universitaria UBV. 2007.
- [6] Castellanos, D., Castellanos, B., Llivina Lavigne, M. J., & colectivo, S. M. *Aprender y enseñar en la escuela: una concepción desarrolladora*. La Habana: Pueblo y Educación. 2002. Disponible en: <http://esdocs.org/docs/index-16868.html>
- [7] Cevallos, W. A. DSPACE ESPOL, (22 de Octubre de 2010). Disponible en http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13388/1/Resumen_Tesis_CICYT-ESPOL_Antonio_Cevallos%5B1%5DULTIMA.pdf
- [8] Colectivo de docentes Universidad de Matanzas. (2000). *Técnicas Creativas*. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- [9] Delgado, T. (2013). *DSPACE ESPOL*. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24826>.
- [10] Fariñas, G. *Psicología Educativa*. Selección de lecturas. La Habana, Cuba: Félix Varela. 2001.
- [11] Hillier, F. *Introducción a la Investigación de Operaciones*. 9ª edición. McGraw Hill. 2010
- [12] Jiménez, H. M. *Estrategias para resolver problemas en Análisis Matemático*. Memorias de la X Reunión Centroamericana y del Caribe sobre Formación de Profesores e Investigación en Matemática Educativa. Ponencia. 1996.
- [13] Jiménez, H. M. *Metodología para la instrumentación del enfoque desarrollador en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática en la Educación Superior*. ADMES. La Habana: Informe sobre resultado de investigación. Universidad de Ciencias Pedagógicas “E. J. Varona”. 2010.
- [14] Lopez, D. *Buenosaires*, (1 de Octubre de 2009). Disponible en http://www.buenosaires.gov.ar/areas/educacion/niveles/especial/documentos.php?menu_id=32092
- [15] Martínez, M. *La investigación cualitativa etnográfica en educación*. México: Trillas. 2004
- [16] Matemática, M. (Ed.). (s.f.). *Blog de Formación Inicial Docente*. Disponible en <http://www2.minedu.gob.pe/digesutp/formacioninicial/>
- [17] Mendieta, G. Informantes y muestreo en investigación cualitativa. *Investigaciones Andina*, 17, 1148-1150. 2015
- [18] Monereo, C. *Estrategias de aprendizaje y enseñanza*. (Colección de aprendizaje ed.). (U. d. Girona, Ed.) Catalunya, España: Eds. Universitat. 1984.
- [19] Plata, W. *DSPACE ESPOL*. 2009. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8104>
- [20] Pozo, J. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. 10ª Edición. Madrid, España: Ediciones Morata. 1985. Disponible en <http://www.edmorata.es/libros/teorias-cognitiva-del-aprendizaje>
- [21] Pozo, J. *Aprendices de maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial. 1998.

- [22] Santos, L. *El trabajo de Alan Schoenfeld: Una propuesta a considerar en el aprendizaje de las Matemáticas*. Educación Matemática, Vol. 4 (No. 2). 1992.
- [23] Schoenfeld, A. *Ideas y tendencias en la resolución de problemas. La enseñanza de la Matemática a debat*. Madrid, España: Ministerio de Educación y Ciencia. 1985.
- [24] Universitat. (14 de Noviembre de 2014). Disponible en <http://fci.uib.es/Servicios/libros/veracruz/nasso/Proceso-de-Ensenanza-Aprendizaje-en-Educacion.cid210315>
- [25] Yuni, J y Urbano, C. *Investigación Etnográfica. Investigación acción*. Argentina: Brujas. 2005