

ILUMNO

TEORÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

ASPECTOS RELEVANTES SOBRE LA TEORÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Para comenzar, es importante destacar algunos aspectos relevantes sobre la génesis de la teoría de la Investigación de Operaciones. Además, aclaramos que, de ahora en adelante, en este texto identificaremos investigación de operaciones con las siglas IO. De acuerdo con Leiva (s.f):

El origen de la investigación de operaciones (IO) se atribuye a los servicios prestados a principios de la II Guerra Mundial (1939-1945). Otra versión indica que su origen

EL ORIGEN DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES SE ATRIBUYE A LOS SERVICIOS PRESTADOS A PRINCIPIOS DE LA II GUERRA MUNDIAL (1939-1945).

se remonta al advenimiento de la Revolución Industrial en Inglaterra (1760-1820). En la actualidad, la IO es aplicada en diversas áreas, entre las que se destacan: ingeniería, administración y negocios, producción y servicios, calidad total y reingeniería, entre otras (pág. 5):

En los últimos tiempos, hemos podido ver un acelerado crecimiento de las empresas, de su complejidad y de su tamaño. Estos cambios repercuten fuertemente en sus intereses y en sus objetivos.

Por tal motivo, las buenas decisiones son cruciales: influyen en ellas por años y hasta por décadas.

Dado el contexto anteriormente explicado, hoy más que nunca, con el avance la ciencia y la tecnología, las empresas toman decisiones más rápidamente que nunca y, por ello, se abocan a la búsqueda de herramientas que les permitan tomar las mejores decisiones de acuerdo con los recursos disponibles y el logro de sus objetivos. Una de estas herramientas recibió el nombre de investigación de operaciones.

Así pues, conozcamos algunas definiciones sobre el término de IO. En primer lugar, Leiva (s.f) la define como:

Esta disciplina comprende un conjunto de procedimientos científicos (determinísticos y estocásticos) que persiguen determinar el mejor curso de acción que conduzca a una decisión óptima. Así, la IO propone modelos cuyo objetivo es optimizar un proceso, esto es, minimizar o maximizar, bajo la restricción de recursos limitados. Es decir, la IO conduce a decisiones óptimas que se originan a partir de los fenómenos reales que se estudian en diversas áreas, tales como las que se mencionaron (pág. 6).

Mientras tanto, Sánchez-M (2004) la define como:

La investigación de operaciones es la aplicación por grupos interdisciplinarios del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización (pág. 2).

Por su parte, Quintín (s.f) explica que la "aplicación del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización". (Quintín, s.f, pág 10).



En resumen, estas y otras definiciones que encontramos destacan los siguientes puntos:

- a) La IO es aplicada en sistemas dentro de las organizaciones y se usa para tomar decisiones dentro de esos sistemas.
- b) Utiliza modelos como su esencia y para tomar las decisiones es necesario modelar el sistema.
- c) Uno de los propósitos es propiciar la toma de acción con un enfoque científico y con análisis cuantitativo.
- d) Su amplitud de aplicaciones es sin límites: en negocios, industrias, gobierno y defensa.
- e) El mejor curso de acción que conduzca a una decisión óptima minimizando o maximizando recursos condicionados a restricciones limitadas.

Ya que hablamos de modelos, revisemos esta definición. En primer lugar, según Pidd (1996), "un modelo es una representación explícita y externa de parte de la realidad como la ven las personas que desean usar el modelo para entender, cambiar, gestionar y controlar dicha parte de la realidad (Pidd, 1996, 3).

Además, podemos destacar de esta definición que los modelos son representaciones, no son la realidad aunque se asume que existe.

Entonces, en pocas palabras, la investigación de operaciones contribuye a decisiones óptimas en situaciones reales que ocurren en diversas áreas de la vida real. Eso sí, de acuerdo con Gallegos (2013):

Una situación de la vida real se estructura como un modelo matemático, para que pueda buscarse una solución que concuerde con los objetivos del tomador de decisiones se requiere obtener una abstracción de los elementos esenciales. Para ello se necesita tomar en cuenta el problema dentro del contexto del sistema completo (pág. 19).



Asimismo, Gallegos (2013) indica que “Es necesario analizar la estructura de tales soluciones y desarrollar procedimientos sistemáticos en dirección a esas soluciones” (pág. 19).

Es aquí donde el modelo matemático trata de responder al problema de elegir los valores de las variables de decisión de manera que se optimice la función objetivo, sujeta a las restricciones dadas.

Ahora, revisemos algunos otros conceptos relacionados con la IO. Por ejemplo, en relación con el propósito de la IO, Quintín (s.f) explica que:

LA INVESTIGACIÓN OPERATIVA INTENTA ENCONTRAR LA MEJOR SOLUCIÓN, O LA SOLUCIÓN ÓPTIMA, AL PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO.

La Investigación Operativa intenta encontrar la mejor solución, o la solución óptima, al problema objeto de estudio. En lugar de contentarse con solo mejorar el estado de las cosas, la meta es identificar el mejor curso de acción posible. Aun cuando debe interpretarse con todo cuidado,

esta “búsqueda del óptimo” es un aspecto muy importante dentro de la Investigación Operativa (pág 12).

Además, Quintín (s.f) también menciona que:

(...) optimizar es la acción de llevar una cierta magnitud a su óptimo, o sea, a su máximo o a su mínimo, según se trate de algo que se considera beneficioso o perjudicial, en cuyos casos respectivos se utilizan también los nombres de maximizar o minimizar. Se optimiza todo tipo de magnitudes para las que se estima o valora que tienen estados preferibles a otros y se quiere alcanzar el de mayor utilidad o satisfacción.

Una clasificación de modelos especialmente importante es el modelo de programación lineal, en el que las funciones matemáticas que aparecen tanto en la función objetivo como en las restricciones, son funciones lineales. Es posible construir modelos específicos de programación lineal que se ajustan a diversos tipos de problemas.

Los modelos matemáticos tienen muchas ventajas sobre una descripción verbal del problema. Una ventaja obvia es que el modelo matemático describe un problema en forma mucho más concisa. Esto tiende a hacer que toda la estructura del problema sea más comprensible y ayuda a revelar las relaciones importantes entre causa y efecto. De esta manera indica con más claridad que datos adicionales son importantes para el análisis. También facilita el manejo del problema en su totalidad y el estudio de todas sus interrelaciones simultáneamente. Por último, un modelo matemático forma un puente para poder emplear técnicas matemáticas poderosas, además de los ordenadores, en el análisis del problema. (Pág. 9.) el subrayado es nuestro.



LA OPTIMIZACIÓN COMO UNA DEPENDENCIA DE LAS MATEMÁTICAS

Por su naturaleza, la teoría de la optimización es matemática, pues involucra la maximización o minimización de una función (desconocida a veces) representando el desempeño de algún sistema. Además, se resuelve al encontrar los valores de las variables (cuantificables y controlables) que hacen que la función alcance su mejor valor.

Ejemplo de la optimización adaptada a un contexto más cercano

A continuación, presentamos un ejemplo de optimización, tomado de Introducción a la investigación de operaciones (s.f), pero adaptado a una realidad más cercana:

El problema es:

Maximizar: $f(x_1, x_2)$ (a)

Sujeto a: $h_1(x_1, x_2) \leq 0$ (b)

$x_1 \geq 0$ (c)

$x_2 \geq 0$ (d)

Así es como representamos normalmente la teoría de optimización: la maximización (o minimización) de una función real de variables reales (a veces una sola variable) sujeta a un número de restricciones (a veces este número es cero).

Llamamos la función f , la función objetivo, x_1 y x_2 se le llaman variables independientes o variables decisionales. Tenemos entonces que el problema es encontrar valores reales para x_1 y x_2 , que satisfagan las restricciones (b), (c) y (d), los cuales introducidos en (a) hagan que $f(x_1, x_2)$ tome un valor no menor que para cualquier otro par x_1, x_2 . (Págl2)

En la figura siguiente se muestran tres contornos de la función objetivo.

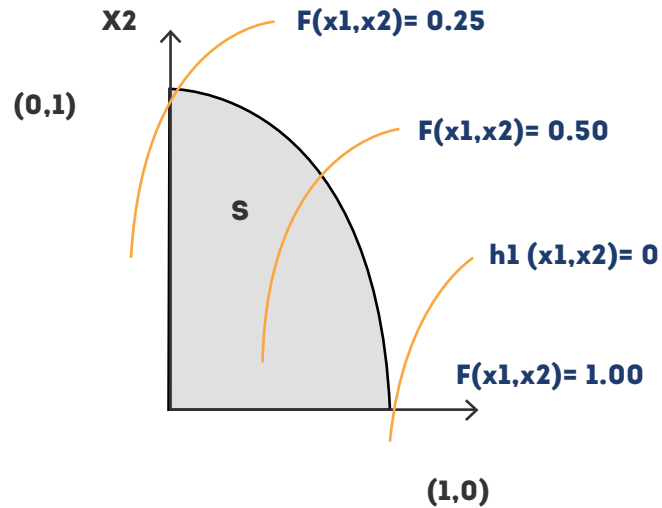


FIGURA 1: Contornos de la función objetivo. Tomada de Introducción a la investigación de operaciones (s.f). Pág 12.

Tal como indica Introducción a la investigación de operaciones (s.f):

Como podemos ver la función objetivo tiene el mismo valor en todos los puntos de cada línea, así que los contornos pueden asimilarse a las isobaras (o isotermas) de un mapa climático.

Tenemos entonces que la solución del problema es:

$$\hat{X} = (\hat{x}_1, \hat{x}_2) = (1, 0)$$

Esto significa que

$$f(\hat{X}) \geq f(X), \forall X \in S \text{ (e)}$$



Cuando una solución $\hat{X} \in S$ satisface (e) se llama solución óptima, y en este caso solución máxima (también solución optimal o maximal). Si el símbolo en (e) fuera " \leq ", X sería una solución mínima. Además, $f(\hat{X})$ se llama valor óptimo, y no debe ser confundido con solución óptima.

En la figura 1 se observa que se podrían obtener valores mayores de f eligiendo ciertos x_1, x_2 fuera de S .

Cualquier par ordenado de números reales se llama solución del problema y el valor correspondiente de f se llama valor de la solución. Una solución X tal que $X \in S$ se llama solución factible, en tanto que $S = \{(x_1, x_2) : h(x_1, x_2) \leq 0, x_1 \geq 0, x_2 \geq 0\}$, que generalmente es una región conexa, se llama región factible. (Pág. 13).



MODELOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

A lo largo de esta lectura, hemos aprendido que el enfoque de la Investigación de Operaciones como construcción de modelos constituye una herramienta que nos va a servir para lograr una visión bien estructurada de la realidad. Además, también aprendimos que el propósito del modelo es ofrecer un medio para analizar el comportamiento de las componentes de un sistema cuyo objetivo es optimizar su desempeño.

Una de las ventajas de un modelo que representa una situación real es que facilita el análisis de tal situación sin interferir en la operación que se realiza, ya que el modelo lo podríamos ejemplificar como si fuera "un espejo" de lo que ocurre.

De acuerdo con Quintín, M. (s.f.), los modelos simbólicos o matemáticos son los más importantes para la investigación de operaciones, pues estos emplean un conjunto de símbolos y funciones para representar las variables de decisión y sus relaciones para describir el comportamiento del sistema.

Para representar el modelo, según Introducción a la investigación de operaciones (s.f):

“

El uso de las matemáticas es estratégico, porque permite una representación aproximada de la realidad, permite aprovechar las computadoras de alta velocidad y técnicas de solución con matemáticas avanzadas. (Quintín, M, s.f, pág.12).

”

Según Sánchez (2004), un modelo matemático comprende principalmente tres conjuntos básicos de elementos. Estos son:

- 1. Variables y parámetros de decisión.** Las variables de decisión son las incógnitas (o decisiones) que deben determinarse resolviendo el modelo. Los parámetros son los valores conocidos que relacionan las variables de decisión con las restricciones y función objetivo. Los parámetros del modelo pueden ser determinísticos o probabilísticos.
- 2. Restricciones.** Para tener en cuenta las limitaciones tecnológicas, económicas y otras del sistema, el modelo debe incluir restricciones (implícitas o explícitas) que restrinjan las variables de decisión a un rango de valores factibles.
- 3. Función objetivo.** La función objetivo define la medida de efectividad del sistema como una función matemática de las variables de decisión.

La solución óptima es aquella que producirá el mejor valor de la función objetivo, sujeta a las restricciones. (Pág. 3-4)

SOLUCIÓN DEL MODELO DE IO

En la investigación de operaciones, no se cuenta con una técnica general única para resolver todos los modelos que puedan surgir en la práctica de las organizaciones (empresas). Es aquí donde el tipo y complejidad del modelo matemático determina la naturaleza del método de solución.

Según Taha (2012):

La técnica de IO más importante es la programación lineal. Está diseñada para modelos con funciones objetivo y restricciones lineales. Otras técnicas incluyen la programación entera (en la cual las variables asumen valores enteros), la programación dinámica (en la cual el modelo original puede descomponerse en subproblemas más pequeños y manejables), la programación de red (en la cual el problema puede modelarse como una red), y la programación no lineal (en la cual las funciones del modelo son no lineales). Estas son solo algunas de las muchas herramientas de IO con que se cuenta.

Una peculiaridad de la mayoría de las técnicas de IO es que por lo general las soluciones no se obtienen en formas cerradas (como si fueran fórmulas), sino que más bien se determinan mediante algoritmos.

Un algoritmo proporciona reglas fijas de cálculo que se aplican en forma repetitiva al problema, y cada repetición (llamada iteración) acerca la solución a lo óptimo. Como

los cálculos asociados con cada iteración suelen ser tediosos y voluminosos, es recomendable que estos algoritmos se ejecuten con la computadora.

EN LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES, NO SE CUENTA CON UNA TÉCNICA GENERAL ÚNICA PARA RESOLVER TODOS LOS MODELOS QUE PUEDAN SURGIR EN LA PRÁCTICA DE LAS ORGANIZACIONES.

Algunos modelos matemáticos pueden ser tan complejos que es imposible resolverlos con cualquiera de los algoritmos de optimización disponibles. En

esos casos quizá sea necesario abandonar la búsqueda de la solución óptima y simplemente buscar una buena solución aplicando la heurística, y la metaheurística, o bien reglas empíricas. (Pág. 5).

MODELOS DE COLAS Y SIMULACIÓN

En relación con este tema, Taha (2012) explica que:

Las colas y la simulación estudian las líneas de espera. No son técnicas de optimización; más bien determinan medidas de desempeño de las líneas de espera, como tiempo de espera promedio en la cola, tiempo de espera promedio para el servicio, y el uso de las instalaciones de servicio.

Los modelos de colas utilizan modelos probabilísticos y estocásticos para analizar líneas de espera, y la simulación estima las medidas de desempeño al imitar el comportamiento del sistema real. De cierto modo, la simulación tiene ventajas para observar un sistema real, ya que la diferencia principal entre las colas y la simulación es que los modelos de colas son puramente matemáticos y, en consecuencia, están sujetos a hipótesis específicas que limitan el alcance de su aplicación. La simulación, por otra parte, es flexible y puede utilizarse para analizar prácticamente cualquier situación de colas.

El uso de la simulación no está exento de inconvenientes. El proceso de desarrollar modelos de simulación es costoso, tanto en tiempo como en recursos; además la ejecución de los modelos de simulación suele ser lenta, aun con la computadora más rápida. (Pág. 6 .El resaltado es nuestro).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Introducción a la investigación de operaciones. (s.f). Uruguay: Universidad de la República Oriental de Uruguay. Recuperado de <<http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/io/archivos/teorico/todo.pdf>>.[Consulta 23 abril, 2014].

Leiva, Víctor. (s.f). *Notas de clase de investigación de operaciones.* Recuperado de [Consulta 23 abril, 2014].

Pidd, Michael. (1996). *Tools for thinking. Modeling in Managment Science. Editorial: John Wiley.* ISBN: 0-471-96455-7.

Quintín, M. (s.f). *Investigación operativa I.* Recuperado de [http://ocw.usal.es/edu-Commons/enseanzas-tecnicas/investigacion-operativa-i/contenidos/TemasIO-I_PDF/Cap01\(IntodIO\)_IO-I.pdf](http://ocw.usal.es/edu-Commons/enseanzas-tecnicas/investigacion-operativa-i/contenidos/TemasIO-I_PDF/Cap01(IntodIO)_IO-I.pdf). [Consulta 23 abril, 2014].

Sánchez M, Claudio. (2004). *Investigación de operaciones I.* Recuperado de <http://ing.sanchez.tripod.com/documentos/folleto.pdf>. [Consulta 23 abril, 2014].

Gallegos S, Heral F. (2013). Método Simplex como herramienta de toma de decisiones. recuperado de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/34433/1/gallegozsotofernando.pdf>. [Consulta 23 abril, 2014].

Taha, Hamdy. (2012). *Investigación de operaciones* (novena ed). México: Pearson. Recuperado de <http://jrvargas.files.wordpress.com/2009/01/investigacion-de-operaciones-9na-edicion-hamdy-a-taha-fl.pdf>. [Consulta 23 abril, 2014].



The logo for ILUMNO, featuring the word "ILUMNO" in white, uppercase, sans-serif font. The letter "O" is replaced by a white circle with a small gap at the top. The logo is positioned on the left side of the page, centered vertically, and is set against a solid orange rectangular background. The overall background of the page is a dark blue geometric pattern of overlapping triangles and polygons, with a large, semi-transparent dark blue circle in the center.