

## EVENTO PROVINCIAL UNIVERSIDAD 2024

### TÍTULO: “LA ENSEÑANZA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”

#### **Autores:**

MSc. Neydalis Piloto Fleitas. Decana de la Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad de Matanzas. Cuba. Email: [neydalis.piloto@umcc.cu](mailto:neydalis.piloto@umcc.cu)

MSv. Rayner Manuel Sánchez Reyes. Segundo jefe del Departamento de Matemática-Física Aplicada. Universidad de Matanzas. Cuba. Email: [rayner.sanchez@umcc.cu](mailto:rayner.sanchez@umcc.cu)

#### **Resumen**

Con la concepción de perfil amplio que ha caracterizado siempre al Ingeniero Industrial, se requiere profesionales capaces de garantizar sistémicamente la gestión de los procesos de producción y servicios en todos los sectores de la sociedad. La asignatura Investigación de operaciones en la carrera de Ingeniería Industrial, dota al estudiante de modelos y métodos matemáticos, que contribuyen a analizar, diseñar, operar, mejorar y dirigir procesos de producción y servicios, posibilitando la toma de decisiones fundamentadas científicamente. Aunque estas técnicas aportadas por la Investigación de Operaciones son de vital importancia para su desempeño como profesionales; es evidente que los estudiantes lo ven como algo sin importancia y poco aplicable y que les resulta difícil su estudio. Para dar respuesta a la tarea de introducir nuevos cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la misma, es que se propone este trabajo, cuyo objetivo fundamental es mostrar como un aprendizaje basado en proyecto, hace más factible y útil la enseñanza de técnicas importantes dentro de la Investigación de Operaciones como la Programación lineal.

**Palabras clave:** Investigación de operaciones, enseñanza basada en proyecto.

#### **Abstract**

With the broad profile conception that has always characterized the Industrial Engineer, professionals capable of systemically guaranteeing the management of production processes and services in all sectors of society are required. The Operations Research subject in the Industrial Engineering career provides the student with mathematical models and methods that contribute to analyzing, designing, operating, improving and directing production and service processes, enabling scientifically based decision-making. Although these techniques provided by Operations Research are of vital importance for their performance as professionals; it is evident that students see it as something unimportant and not very applicable and that it is difficult for them to study it. In order to respond to the task of introducing new changes in the teaching-learning process of the same, this work is proposed, whose main objective is to show how project-based learning makes the teaching of important techniques more feasible and useful. within Operations Research such as Linear Programming.

**Keyword:** Operations research, project-based teaching.

## **Introducción**

Con la concepción de perfil amplio que ha caracterizado siempre al Ingeniero Industrial, se requiere profesionales capaces de garantizar sistémicamente la gestión de los procesos de producción y servicios en todos los sectores de la sociedad. En el contexto dinámico y desarrollador que imponen los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, el Modelo Económico y Social Cubano de desarrollo socialista y el Plan Nacional de desarrollo económico y social hasta el 2030, este profesional debe jugar un papel protagónico.

El Ingeniero Industrial es entrenado de la misma manera básica que otros ingenieros; toman los mismos cursos fundamentales en matemáticas, física, química, humanidades y ciencias sociales.; pero debido a su perfil profundizan más, que otras ramas de las ingenierías, en los contenidos de Estadística e Investigación de Operaciones, ya que estas lo dotan de herramientas de análisis, control y toma de decisiones.

La disciplina Estadística e Investigación de operaciones estudia la modelación probabilística y estadística de los procesos de los que se ocupa la ingeniería industrial para caracterizarlos a través de su variabilidad, así como modelos y métodos matemáticos de investigación de operaciones, que contribuyen a analizar, diseñar, operar, mejorar y dirigir procesos de producción y servicios, posibilitando la toma de decisiones fundamentadas científicamente. Sus métodos permiten la extracción de información útil y la formación de conocimiento a partir de los datos generados en los procesos, y permiten la asignación óptima de recursos, el empleo racional de medios de transporte y distribución eficiente de productos, el análisis de sistemas de producción y servicios y la toma de decisiones en presencia de riesgos, con un amplio soporte de las tecnologías de la información y el conocimiento. En correspondencia con ello la disciplina proporciona los conocimientos y habilidades necesarias para la utilización de paquetes de programas para computadoras que permiten elevar la efectividad del trabajo del Ingeniero Industrial y lo prepara para la extracción automatizada de conocimientos o patrones interesantes, potencialmente útiles y predictivos de la información de grandes volúmenes de datos en este campo de aplicación.

Aunque estas técnicas aportadas por la Investigación de Operaciones son de vital importancia para su desempeño como profesionales; es evidente que los estudiantes lo ven como algo sin importancia y poco aplicable y que les resulta difícil su estudio.

Por eso se hace necesario un análisis de la enseñanza de la disciplina Estadística e Investigación de operaciones en la carrera de Ingeniería Industrial.

Para dar respuesta a la tarea de introducir nuevos cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la misma, es que se propone este trabajo, cuyo objetivo fundamental es mostrar como un aprendizaje basado en proyecto, hace más factible y útil la enseñanza de técnicas importantes dentro de la Investigación de Operaciones como la Programación lineal.

## **Desarrollo**

## Aprendizaje a través de Proyecto

Según Galeana (2020), “El Aprendizaje Basado en Proyectos es una metodología docente basado en el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje y donde el aprendizaje de conocimientos tiene la misma importancia que la adquisición de habilidades y actitudes”. Es considerado, además, una estrategia de aprendizaje, en la cual al estudiante se le asigna un proyecto que debe desarrollar. El Aprendizaje Basado en Proyectos es una excelente opción metodológica para la discusión de problemas que redunden en la generación de proyectos y que promueva el desarrollo profesional a través de metodologías didácticas innovadoras.

El Aprendizaje basado en Proyectos tiene diversos objetivos, sin embargo, entre los más representativos se encuentran:

- Formar personas capaces de interpretar los fenómenos y los acontecimientos que ocurren a su alrededor.
- Desarrollar motivación hacia la búsqueda y producción de conocimientos dado que a través de atractivas experiencias de aprendizaje que involucran a los estudiantes en proyectos complejos y del mundo real se desarrollan y aplican habilidades y conocimientos

Para comenzar con la exposición sobre un proyecto que resulte en *aprendizaje*, y que a través del mismo se genere *desarrollo* en el aprendiz o grupo de aprendices, se considera de importancia vital hacer referencia a todo el sistema conceptual teórico relacionado a las categorías anteriormente mencionadas.

El proceso de *aprendizaje* ha sido abordado por diversas teorías y cada una de ellas lo analiza desde una perspectiva particular del proceso. Basado en las concepciones teórico-metodológicas establecidas de acuerdo a cada teoría, se podría ver al *aprendizaje* entonces como una modificación más o menos estable de pautas de conducta, entendiendo por conducta todas las modificaciones del ser humano, sea cual fuere el área en que aparezcan.

Ahora se puede pasar a definir el concepto de *desarrollo*. En este trabajo se asumirá este concepto, pero visto desde el punto de vista del *aprendizaje*, que sería entonces un cambio relativamente permanente en el repertorio comportamental (conductual) de un sujeto producto de la experiencia y del cual podemos inferir cambios neurofisiológicos, todo esto generando el *desarrollo* del sujeto. Se puede asumir entonces al *desarrollo* como mejora de las capacidades a raíz de un buen *aprendizaje* y una cualidad que es reflejo de este *desarrollo* en el individuo es la *autorregulación*, que es una de las conquistas más importantes del desarrollo humano, porque le permite al hombre desempeñarse sin necesidad de lazarillos que lo acompañen.

Viendo el concepto de *aprendizaje*, intrínsecamente relacionado a la *enseñanza*, ya que ambos procesos constituyen pasos dialécticos inseparables, integrantes de un proceso único en permanente movimiento, se podría decir que éste ocurre a través de una infinidad de complejos procesos mentales que se determinan por el grado de consecución de los objetivos de determinada acción o actividad desarrollada en cualquier contexto de enseñanza-aprendizaje. Por lo tanto el aprendizaje visto desde la perspectiva de la *Teoría de la formación por etapas de las acciones mentales*.

Esta teoría considera a la actividad de estudio como actividad fundamental en cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje, a la cual varios autores han denominado *enseñaje*, debido a la relación indisoluble entre ambos conceptos. El eslabón central de la teoría

asumida es la *acción* como unidad de la *actividad* del estudio, como unidad de cualquier actividad humana.

En este trabajo se asumirá la *acción* como *actividad*, asumiendo que el proyecto que se propone en este trabajo hará que el estudiante ejecute las tareas no de forma desinteresada, ni guiado sólo por el deber, o por la obligación de estudiar o comprendiendo la imposibilidad de resolver sin ellas otras tareas interesantes para el proceso de solución de cada una de estas tareas, sino más bien que el estudiante se motive en la resolución de las mismas y que como se estableció anteriormente, el *motivo* se sobreponga al *objetivo* de la tarea y coincida con él, por lo tanto, la *acción* pasará a ser *actividad*.

Cabe destacar que toda acción, en lo adelante actividad, se compone de tres partes fundamentales que son la *orientadora*, la *de ejecución* y la *de control*. La parte *orientadora* de la acción está relacionada con la utilización por el hombre del conjunto de condiciones concretas, necesarias para el exitoso cumplimiento de la acción dada, que entraron en el contenido de la *base orientadora de la acción*. La parte *ejecutora* asegura las transformaciones dadas en los objetos de la acción (ideales o materiales). La parte de *control* de la acción está dirigida a seguir la marcha de la acción, a confrontar los resultados obtenidos con los modelos dados. Con su ayuda se hace la corrección necesaria tanto en la parte orientadora como en la ejecutora de la acción.

Considerando estas tres partes de la actividad, el proyecto que se propone cumple con este esquema y en cada actividad que se propone dentro de dicho sistema, se consideran estas tres partes. Se presta especial interés a la parte orientadora de la acción, ya que en esta parte es donde más influye la base o bases orientadoras de la acción. Existen diversos tipos de bases orientadoras. En este trabajo se ha pretendido centrarse en actividades que demanden bases orientadoras eficaces desde el punto de vista del grado de generalización de los conocimientos que forman parte de ellas y de la plenitud del reflejo en ellos de las condiciones que determinan objetivamente el éxito de dichas actividades, que sean bases orientadoras completas y generalizadoras, más bien del tipo III, siendo éstas generalizadas, completas e independientes. Se tratará de que las actividades propuestas demanden bases orientadoras del tipo III, ya que a éstas les son inherentes no sólo la rapidez y el proceso carente de faltas de la formación, sino también una gran estabilidad en la resolución de la actividad, permitiendo a ésta tener un gran nivel de generalización.

### **¿Qué es la Investigación de Operaciones?**

Desde el inicio de la revolución industrial hasta nuestros días, la diversificación y tamaño de las organizaciones aumentó de manera sorprendente y arrolladora. Debido a este proceso se hizo cada vez más difícil y complejo la asignación de recursos a las diferentes actividades de una organización y que a la vez estas no funcionaran como entes separados.

La búsqueda de una manera para resolver este tipo de problemas en las organizaciones llevó al surgimiento de lo que hoy día se conoce como Investigación de Operaciones.

El inicio de la Investigación de Operaciones se remonta unas décadas atrás, cuando se comenzó a intentar aplicar el método científico para la resolución de problemas en las empresas, pero la aplicación de la Investigación de Operaciones, como una herramienta, se le atribuye a su uso para la asignación de recursos escasos a las

distintas operaciones militares y a las actividades dentro de cada operación en la segunda Guerra Mundial.

Una vez que culminó la guerra, los científicos que utilizaron la investigación de operaciones en el área militar, comenzaron a interesarse por los problemas que presentaban las empresas, de nuevo con un gran crecimiento terminada la guerra, pues observaron que eran los mismos problemas, pero bajo otro concepto. De esta manera pronto se encontraron utilizando la investigación de operaciones en los negocios, empresas y gobiernos.

Para el año 1951 su aplicación completa se había introducido en Gran Bretaña y comenzaba su auge en los Estados Unidos.

Dado el interés de los investigadores, se lograron desarrollar antes del año 1950 herramientas características de la investigación de operaciones como programación lineal, programación no lineal, programación dinámica, líneas de espera y teoría de inventarios, además, el surgimiento de las computadoras representó un instrumento de vital importancia en la investigación de operaciones ya que en su aplicación se requiere de una gran cantidad de cálculos que resulta casi imposible realizarlos de manera manual.

De una manera muy general se puede decir que la investigación de operaciones se describe como, según Hillier y Lieberman( 2004), "un enfoque científico de la teoría de decisiones que la operación de sistemas organizacionales requiere".

Otra de las muchas definiciones que se encuentran es la siguiente: "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 organización." (Ackoff y Sasieni,1968)

### **Importancia de la Investigación de Operaciones para el Ingeniero Industrial**

Teniendo en cuenta el perfil del Ingeniero Industrial se plantea que para su desempeño exitoso como profesional debe conocer las técnicas aportadas por la Investigación de Operaciones ya que: La programación lineal se ha usado con éxito en la solución de problemas referentes a la asignación de personal, la distribución y el transporte y las carteras de inversión. La programación dinámica se ha aplicado con buenos resultados en áreas tales como la planeación de los gastos de comercialización, la estrategia de ventas y la planeación de la producción. La teoría de colas ha tenido aplicaciones en la solución de problemas referentes al congestionamiento del tráfico, a la determinación del nivel de la mano de obra, a la programación de la producción y a la administración de hospitales. Otras técnicas de Investigación de Operaciones, como la teoría de inventarios, la teoría de juegos y la simulación, han tenido exitosas aplicaciones en una gran variedad de contextos.

### **Asignatura Investigación de Operaciones**

El plan de estudio E para Ingeniería Industrial dentro de su currículo base define la disciplina Estadística e Investigación de operaciones. Esta disciplina tiene sus orígenes en las asignaturas de Probabilidades, Estadística y Modelos Económico Matemáticos que se han impartido en los planes de estudios anteriores de la carrera de Ingeniería Industrial y que se han mantenido con variaciones en sus nombres y alcances. La disciplina estudia la modelación probabilística y estadística de los procesos de los que

se ocupa la ingeniería industrial para caracterizarlos a través de su variabilidad, así como modelos y métodos matemáticos de investigación de operaciones, que contribuyen a analizar, diseñar, operar, mejorar y dirigir procesos de producción y servicios, posibilitando la toma de decisiones fundamentadas científicamente.

Dentro de esta disciplina se define como Conocimientos esenciales a adquirir: el papel de la Investigación de Operaciones en la Ingeniería Industrial. Modelación matemática y métodos de solución. Análisis post-optimal. Problemas de redes lineales. Análisis de decisiones. Programación Dinámica. Teoría de Colas. Simulación. Lenguaje de Simulación. Análisis estadístico de los resultados.

El presente trabajo se enfocará, por su importancia, en la Modelación matemática y métodos de solución donde se establece como habilidades principales a dominar por los estudiantes:

1. Modelar linealmente los problemas de la producción y los servicios, que sean afines a la esfera de actuación del Ingeniero Industrial.
2. Seleccionar y aplicar los métodos de solución más idóneos según las características de la modelación realizada e interpretar los resultados obtenidos.

### **Programación Lineal**

La Programación Lineal es uno de los modelos matemáticos más utilizado dentro de la Investigación de Operaciones y el mismo se compone de un conjunto de funciones lineales que representan un sistema bajo estudio.

Su nombre se debe esencialmente a que es un modelo que permite programar o planear a qué nivel deben operar distintas actividades competitivas (variables de decisión), para lograr optimizar una función objetivo, considerando que deben cumplirse un conjunto de restricciones que tiene el sistema. Tanto la función objetivo como las restricciones se representan por igualdades o desigualdades lineales. Es un modelo de tipo determinístico, o sea todos los valores de los coeficientes del sistema de ecuaciones son valores fijos o determinados.

Se aplica a un amplio campo de actividades de la producción, los servicios y la sociedad, como pueden ser, la confección de planes de producción óptimos, optimizar sistemas de transportación, minimizar impactos medio ambientales, etc.

Su amplio uso se debe esencialmente a la relativa facilidad para la construcción del modelo y a la existencia de herramientas poderosas para la rápida solución y análisis del modelo planteado. En la actualidad con el desarrollo de la computación se han desarrollado un conjunto de paquetes informáticos que permite además de la rápida solución, la interactividad para analizar posibles cambios en los parámetros del sistema.

El modelo de P.L.se compone de los siguientes elementos:

- Un conjunto de variables de decisión asociadas a los niveles de las actividades competitivas sobre las que se quiere determinar su nivel óptimo.
- Una función objetivo que sintetiza el objetivo que se quiere alcanzar, generalmente asociada a alguna función económica (minimizar costos, maximizar ganancias, etc.).
- Un conjunto de restricciones que están presentes en el sistema bajo estudio y que pueden ser de carácter de cumplimiento de las demandas, de recursos limitantes, de normas tecnológicas, etc.

- Las condiciones de no negatividad de las variables, esto es el planteamiento que todas deben ser mayores o iguales a cero.

Matemáticamente el modelo de Programación Lineal. se representa de la siguiente manera:

$$\text{Minimizar (ó Maximizar) } Z = C_1 x_1 + C_2 x_2 + \dots + C_n x_n$$

Donde:

$x_j$  (  $j = 1, 2, \dots, n$ ) son las variables de decisión del problema, asociado al nivel de las actividades competitivas que se quieren estudiar.

$C_j$  (  $j=1, 2, \dots, n$ ) es la efectividad unitaria asociada a cada actividad o variable de decisión.

Sujeto a:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n (\leq, =, \geq) b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n (\leq, =, \geq) b_2$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n (\leq, =, \geq) b_m$$

Que constituye el conjunto de restricciones al modelo, donde:

$b_i$  : Cantidad o nivel del “recurso”  $i$  (  $i=1, 2, \dots, m$ )

$a_{ij}$ : Consumo unitario del “recurso”  $i$  (  $i=1, 2, 3, \dots, m$ ) asociado a la actividad  $j$  (  $j=1, 2, 3, \dots, n$ ).

Y debe cumplirse la condición de no negatividad de las variables de decisión:

$$X_j \geq 0 \text{ para } j=1, 2, \dots, n$$

### **El nuevo diseño basado en el aprendizaje por proyecto.**

Por todo lo antes expuesto y basándonos fundamentalmente en la importancia que tiene la Investigación de Operaciones para la formación integral del Ingeniero Industrial se propone la enseñanza de este tema usando el aprendizaje basado en proyectos donde los estudiantes sean capaces de desarrollar un problema real a través del uso de la Programación lineal asistida por computadora.

Los estudiantes en su proyecto modelan una problemática real que puede determinarse a partir de los bancos de problemas detectados por ellos en las Práctica Laborales.

Las características del proyecto son las siguientes:

- Los equipos que se conformarán para llevar a cabo los proyectos están organizados en grupos de 3 o 5 alumnos que realizarán el rol de expertos.
- El proyecto debe ser una problemática real.
- Se debe hacer un seguimiento y control del trabajo del alumno mediante la evaluación continua del trabajo.

El proceso de aprender basado en proyecto se organiza en diferentes fases:

Planificar ----- Ejecutar ----- Controlar ----- Mejorar.

Los pasos seguidos para *planear* el proyecto son:

1. Diseño de los proyectos: El profesor verifica el alcance del proyecto: duración, complejidad, orientación y autonomía del estudiante.
2. Define el objetivo del proyecto, analizando que se desea obtener, así como que se desea que aprendan los estudiantes.
3. Se elaboran los materiales de apoyo para guiar el aprendizaje de los alumnos y facilitar el éxito del proyecto.
4. Se identifican los recursos bibliográficos, las herramientas y el software a utilizar, en este caso WinQSB

Después de realizados los pasos anteriores, se orienta el proyecto a los estudiantes.

Se conforman los equipos y a cada uno se le entrega dos materiales: uno con las orientaciones generales del proyecto y otro con la problemática a solucionar.

En la plataforma Moodle 2 se les coloca a los estudiantes materiales que los apoyan en su trabajo como:

1. Estudio de casos
2. Orientaciones para la ejecución del proyecto
3. Lectura por referencia (Temas, tópicos, libro de referencia, URLs).
4. Documentación sobre técnicas del trabajo en equipo.
5. Glosario de términos.

Se comienza a *ejecutar y controlar* el proyecto. El profesor asumirá el rol de revisor y su función será el de asesorar al equipo de trabajo en sus reuniones periódicas (laboratorios) Es responsabilidad del estudiante como estudio independiente, conocer qué actividades debe hacer y cómo realizarlas.

El profesor entrega el proyecto en la Conferencia #1 del tema. A partir de ese momento, por una parte, el estudiante realiza los laboratorios sistemáticamente, es válido aclarar que esta actividad no necesita de la presencia física del profesor, y por otra parte, el profesor evalúa las acciones realizadas en los mismos.

Para la discusión de los proyectos el equipo de estudiantes evalúa el trabajo de sus compañeros con una oponentencia que le entrega al profesor y además defiende la solución dada a su proyecto frente al grupo y comienza el debate.

Por su parte el profesor evalúa la calidad del trabajo y la defensa del mismo. Al terminar, el profesor realiza una valoración integral del equipo y del trabajo, desarrolla las conclusiones

El estudiante después tiene una semana para entregar el informe haciendo énfasis en la interpretación de los resultados obtenidos del caso, expresando sus recomendaciones.

Al final se realiza un análisis de post mortem para *la mejora continua* del curso próximo donde participan estudiantes y profesores.

Como se ha visto con este diseño es posible que los estudiantes sean capaces de analizar problemas que anteriormente habían detectado en sus prácticas laborales y proponer en muchos de los casos soluciones factibles y aplicables a la realidad; y no ver esta importante herramienta de trabajo como algo abstracto. Permite además la gestión del conocimiento, a través de un flujo constante de retroalimentación con los profesores de la asignatura y de la carrera.

## **Conclusiones**

El aprendizaje basado en proyecto, hace más factible y útil la enseñanza de técnicas, dentro de la Investigación de Operaciones importantes, como la Programación lineal y



entera.

La Programación Lineal es uno de los modelos matemáticos más utilizado dentro de la Investigación de Operaciones y el mismo se compone de un conjunto de funciones lineales que representan un sistema bajo estudio

El diseño propuesto posibilita que los estudiantes sean capaces de analizar problemas que anteriormente habían detectado en sus prácticas laborales y proponer en muchos de los casos soluciones.

### **Referencias bibliográficas**

Ackoff, R. L. y Sasieni M. W.(1968). *Fundamentals of Operations Research*. Editorial John Wiley & Sons.

Galeana, L(2020). Aprendizaje basado en Proyectos. [Archivo PDF].<http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf>.

Hiller, F. y Lieberman, G. (2004). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Editorial Prentice Hall.

Ministerio de Educación Superior (2016). *Plan de Estudio E Ingeniería Industrial Presencial*.