

## MATEMÁTICA APLICADA

### ARTÍCULO ORIGINAL



<https://eqrcode.co/a/WXqCFT>

# Optimización de la producción de recursos para el aprendizaje electrónico a través de herramientas matemáticas

## *Optimization of the Production of Resources for E-Elearning through Mathematical Tools*

MSc. Misleydis Quintero-León\* Dr.C. Alexis Torres-Alonso, Dr.C. Boris Pérez-Hernández, MSc. Miguel Ángel Zaldívar, Ing. Darielis Vizcay-Villafranca

Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**RESUMEN.** El presente trabajo se realizó en la Universidad Agraria de La Habana en la carrera Ingeniería en Procesos Agroindustriales en su modalidad a distancia, como resultado de un Proyecto asociado a un Programa Nacional, al empleo de modelos económico matemáticos en la fundamentación de la planificación Institucional, y tiene como objetivo la aplicación de los métodos de optimización (programación lineal) para la selección científicamente argumentada de la variante de plan de producción de cursos para la Plataforma Moodle. En el desarrollo se aplican una serie de métodos generales y específicos de investigación, entre los que se destacan los métodos económicos matemáticos y el análisis de documentos. Como resultado principal el trabajo aporta, a partir de la formulación teórico general del modelo de programación lineal, la formulación teórico específico para este tipo de aplicación en la planificación Institucional y su validación práctica en el caso de estudio.

**Palabras clave:** investigación de operaciones, modelo matemático, optimización

**ABSTRACT.** The present work was carried out in the Agrarian University of the Havana in the career IPAI in its modality at distance as a result of a Project associated to a National Program to the mathematical economic employment of models in the foundation of the Institutional planning, and he/she has as objective the application of the methods of optimization (lineal programming) for the scientifically argued selection of the variant of plan of production of courses for the Platform Moodle. In the development they are applied a series of general and specific methods of investigation, among those that stand out the mathematical economic methods and the analysis of documents. As a result, main the work contributes, starting from the formulation theoretical general of the pattern of lineal programming, the specific theoretical formulation for this application type in the Institutional planning and its practical validation in the case of study.

**Keywords:** Mathematical Model, Optimization, Research of Operations.

## INTRODUCCIÓN

Desde que, a comienzos del siglo XX, Frederick Taylor, Henry Gantt, Frank y Lilian Gilbreth, entre otros, realizaron las primeras aplicaciones del método científico a los problemas de las organizaciones, a la vez que Henry Fayol postuló los principios generales de la administración, podría decirse que la administración de organizaciones dejó de ser una actividad

intuitiva. (Hillier *et al.*, 1997; Eppen y Gould, 2000; Devoto, 2003; Prawda, 2004; Ramos *et al.*, 2010; López *et al.*, 2017).

Mientras más complejas y especializadas se hicieron las organizaciones industriales, los problemas a resolver por los administradores fueron alcanzando una complejidad que no sólo era inherente a la situación bajo análisis, sino también a

\*Autora para correspondencia: Misleydis Quintero León, e-mail: mquintero@unah.edu.cu

Recibido: 04/12/2019.

Aprobado: 12/06/2020.

su interrelación con otros componentes de la organización, lo que reforzó la necesidad de adoptar un punto de vista científico y sistemático para interpretar, analizar y resolver los problemas de empresas e instituciones. (Devoto, 2003; Bustos y Chacón, 2012; Caicedo y Ortiz, 2014; Abril *et al.*, 2015; Castillo y Aguirre, 2018).

Las raíces de la investigación de operaciones se remontan a muchas décadas, cuando se hicieron los primeros intentos para emplear el enfoque científico en la administración de empresas. Sin embargo, el inicio de la actividad llamada investigación de operaciones (IO), se atribuye a los servicios militares prestados a principio de la segunda Guerra Mundial. Estimulados por el evidente éxito de la IO en lo militar, los industriales comenzaron a interesarse en este nuevo campo. Como la explosión industrial seguía su curso al terminar la guerra, los problemas causados por el aumento de la complejidad y la especialización dentro de las organizaciones pasaron a un primer plano, comenzó a ser evidente que estos problemas eran básicamente los mismos presentados en la guerra, pero en un contexto diferente. Así se introdujo en la industria, los negocios y el gobierno (Moskowitz y Wright, 1982; Ramos *et al.*, 2010; Colectivo de autores, 2013; López *et al.*, 2017; Castillo y Aguirre, 2018).

Un factor, en otros, que dio gran ímpetu en la IO fue el advenimiento de las computadoras. Para manejar de manera más efectiva los complejos problemas inherentes a esta disciplina, por lo general se requiere de un gran número de cálculos; llevarlos a cabo a mano puede resultar casi imposible, entonces el desarrollo de la computadora digital, con su capacidad para realizar cálculos aritméticos, miles o tal vez millones de veces que los seres humanos, fue una gran ayuda para la IO.

Existen un conjunto de autores clásicos que han aportado significativamente al desarrollo de la IO como uno de los avances científicos más significativos del siglo XX, entre ellos Leonid Vitalievich Kantorovitch, Tjalling C. Koopmans y George Dantzig (Moskowitz y Wright, 1982; Prawda, 2004; Ramos *et al.*, 2010; Bustos y Chacón, 2012; Colectivo de autores, 2013; López *et al.*, 2017; Castillo y Aguirre, 2018).

La IO se define como conjunto de métodos matemáticos que se utilizan para argumentar la toma de decisiones en todas las esferas de la actividad humana, orientado hacia una finalidad, a través de la representación abstracta de los sistemas por medio de los modelos matemáticos (Ramos *et al.*, 2010; Colectivo de autores, 2013; Ríos *et al.*, 2013; Ortiz y Caicedo, 2014).

Como técnica para la solución de problemas como una ciencia y como un arte. El aspecto de la ciencia radica en favorecer técnicas y algoritmos matemáticos para resolver problemas de decisión adecuados. Es un arte porque el éxito se alcanza en todas las fases anteriores y posteriores a la solución de un modelo matemático depende de la forma apreciable de la creatividad y la habilidad personal de los analistas encargados de tomar las decisiones; por lo tanto; la obtención de los datos para la construcción del modelo, la validación de este y la implantación de la solución obtenida dependerán de la habilidad del equipo (o analista)

de IO, para establecer líneas comunicación óptima con las fuentes de información y también con los individuos responsables de implantar las soluciones recomendadas (Bustos y Chacón, 2012; Colectivo de autores, 2013; Abril *et al.*, 2015; Ortiz, 2015).

La programación lineal es uno de los métodos de cálculo de la programación matemática; por su utilidad y posibilidades constituye una de las técnicas de cómputo matemático automatizado más desarrolladas en la actualidad, su teoría y método se refiere a la solución de problemas de optimización, en lo que se busca el valor máximo o mínimo de una función sujeta a determinadas restricciones con un número definido de variables. Los problemas de optimización se componen generalmente de tres elementos: función objetivo, variables y restricciones (Prawda, 2000; Ramos *et al.*, 2010; Gómez, 2011; Jijón, 2013; Ríos *et al.*, 2013; Castillo y Aguirre, 2017; Colectivo de autores, 2018). Su forma teórica general o estándar puede plantearse de la siguiente manera:

Estas situaciones se pueden obtener un conocimiento profundo del problema a partir del análisis científico que proporciona esta ciencia cuya contribución proviene principalmente de:

1. La estructuración de una situación de la vida real como un modelo matemático, logrando a abstracción de los elementos esenciales para que pueda buscarse una solución que concuerde con los objetivos del decisor. Esto implica tomar en cuenta el problema dentro del contexto del sistema completo.
2. El análisis de la estructura de tales soluciones y el desarrollo de procedimientos sistemáticos, métodos matemáticos, para obtenerlos.
3. El desarrollo de una solución, que permita optimizar, mejorar o analizar la eficiencia y/o efectividad de un sistema dentro del marco de referencia que fija los objetivos establecidos por el decisor.
4. Se define el modelo matemático la representación abstracta del sistema mediante variables y relaciones lógico-matemática. Mientras que el método matemático es la técnica de solución del modelo matemático. (Prawda, 2000; Colectivo de autores, 2013; Jijón, 2013; Ríos *et al.*, 2013; Castillo y Aguirre, 2018).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto los beneficios que reporta la aplicación de la IO son:

- Incrementa la posibilidad de tomar mejores decisiones ante la presencia de varias alternativas.
- Mejora la coordinación entre múltiples componentes de una organización, o sea, genera un mayor nivel de ordenación.
- Mejora el control del sistema al instituir procedimientos sistemáticos que supervisan, por un lado, las operaciones que se llevan a cabo en la organización y, por otro, evita el regreso a un sistema peor.
- Lograr un mejor sistema al hacer que este opere con una mejor eficiencia económica, con interacciones más fluidas, eliminado cuellos de botella, etc.

El presente trabajo tiene como objetivo aplicar el método de optimización (programación lineal) para la selección científicamente argumentada de la variante de plan de producción

de cursos para la Plataforma Moodle. Se hace un análisis en cuanto si es posible o no lograr los niveles requeridos de las variables de decisión, que recurso quedan disponibles y cuales se consumen, cual es el valor que se obtiene de ganancia, costo por la política de decisión adoptada y otros resultados más, son la razón de ser del uso del Programa Lineal aplicada a la toma de disecciones del proceso de administración y producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas en el marco de la carrera Ingeniería en Procesos Agroindustriales (IPAI), en la modalidad de estudio a distancia donde se diseñan los cursos para la Plataforma Moodle que desarrolla la interactividad y se lleva a cabo el Proceso de Enseña-Aprendizaje, donde se analizará la producción de los mismos, teniendo en cuenta la IO mediante el Modelo de Programación Lineal en un plan de producción.

Se ha solicitado en el mes una producción de cinco cursos, estos necesitan que los objetos de aprendizaje producidos necesiten operaciones de clasificación, catalogación e indexación. El Laboratorio de Tecnología Educativa (LATED) donde está el Repositorio de Objetos de Aprendizaje de la UNAH (RUNAH) ha informado su disponibilidad en fondo de tiempo para el próximo mes el cual se muestra en la Tabla 1.

**TABLA 1. Disponibilidad de tiempo en las operaciones (h)**

Operación	Fondo de tiempo (h)
Catalogación	2000
Indexación	1500
Clasificación	800

El tiempo en horas que demora cada operación en el tipo de curso a producir aparece en la Tabla 2.

**TABLA 2. Consumo de tiempo de cada curso en cada operación (h)**

Operación	Tipo de cursos				
	1	2	3	4	5
Catalogación	8	7	5	0	7
Indexación	0	5	2	5	4
Clasificación	4	0	2	3	0

La Facultad de Ciencias Técnicas no debe producir más de 500, 700, 800, 900 y 600 cursos para las operaciones 1, 2 y 3 respectivamente, pero si se debe cumplir que el total de cursos entregados que debe ser como mínimo 300 y además se debe producir como mínimo al menos un curso de cada tipo para lograr la optimalidad del modelo a plantear.

El precio de venta de cada curso es de \$10.00, \$20.00, \$35.00, \$15.00 y \$25.00. El costo de producción \$5.00, \$7.00, \$15.00, \$8.00 y \$6.00

Por lo que se desea conocer cuál debe ser el plan de producción de la Facultad de Ciencias Técnicas para lograr maximizar las ganancias

La ventaja fundamental del uso de la IO es que constituye un instrumento seguro para el aval "cuantitativo" de los fenómenos y procesos económicos, permitiendo representar

múltiples alternativas del desarrollo y distribución de la producción y los servicios, y escoger la mejor de acuerdo con el criterio establecido.

Se tuvo en cuenta las etapas para la aplicación de la IO:

1. Formulación del problema: Diagnostico e identificación de los factores que influyen en problemas datos.
2. Construcción del modelo matemático que representa el sistema: grado de dificultad.
3. Solución del modelo (Aplicación del método): Aplicación del software
4. Prueba del modelo y evaluación e la solución: Prueba y evolución. Discusión y enriquecimiento.
5. Implementación y mantenimiento de la solución: Implementación, evaluación final y mantenimiento.

Además, los elementos y componentes del modelo de Programación Lineal (PL)

**Variables de decisión** ( $X_j$ ): representa las actividades que compiten por los recursos.

**Coficiente económico:** representa el objetivo que se deberá optimizar.

**Función objetivo (FO):** función lineal que representa en la variable Z el valor óptimo, el cual puede ser maximizar o minimizar.

**Restricciones:** relaciones lógico-matemáticas lineales que representan limitaciones que se oponen al objetivo que se quiere alcanzar.

## Modelo de PL

Dado:

$X_j$ : variable de decisión para cada actividad competitiva j. ( $j = 1, \dots, n$ )

MAX/MIN  $Z = \sum C_j X_j$  Función objetivo

Sujeto las restricciones:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad (i = 1, \dots, m)$$

$$X_j \geq d_j \quad \text{min} \quad (j = 1, \dots, n)$$

$$X_j \leq d_j \quad \text{min} \quad (j = 1, \dots, n)$$

Condiciones de no negatividad

$$X_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n)$$

donde:

$C_j$  coeficiente económico de cada actividad j

$A_{ij}$  norma de consumo unitaria del recurso i para la actividad j

$b_i$  disponibilidad del recurso tipo i

$d_j$  demanda mínima y máxima para la actividad j

Se realizará una interpretación de la solución del Modelo de PL, a través del Programa Computacional QMWIN. Este tiene como propósito general resolver problemas de PL y de otros tipos de problemas. El mismo posee un ambiente amigable el cual posibilita su fácil comprensión.

Para poder trabajar con él, no es necesaria la instalación del mismo, ya que es portable, una vez abierto se utilizará el modulo que corresponda a la solución de cada problema.

En las Figuras 1 y 2 se plantea el procedimiento del software para la interpretación económica del problema teniendo en cuenta los valores de las variables, las restricciones y la FO para su sensibilidad y optimización.

	X1	X2	X3	X4	X5	RHS	Equation form
Maximize	5	13	20	7	19		Max $5X_1 + 13X_2 + 20X_3 + 7X_4 + 19X_5$
Constraint 1	8	7	5	0	5	$\leq$ 2000	$8X_1 + 7X_2 + 5X_3 + 5X_5 \leq 2000$
Constraint 2	0	5	2	5	4	$\leq$ 1500	$5X_2 + 2X_3 + 5X_4 + 4X_5 \leq 1500$
Constraint 3	4	0	2	3	0	$\leq$ 800	$4X_1 + 2X_3 + 3X_4 \leq 800$
Constraint 4	1	0	0	0	0	$\leq$ 500	$X_1 \leq 500$
Constraint 5	0	1	0	0	0	$\leq$ 700	$X_2 \leq 700$
Constraint 6	0	0	1	0	0	$\leq$ 800	$X_3 \leq 800$
Constraint 7	0	0	0	1	0	$\leq$ 900	$X_4 \leq 900$
Constraint 8	0	0	0	0	1	$\leq$ 600	$X_5 \leq 600$
Constraint 9	1	1	1	1	1	$\geq$ 300	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \geq 300$
Constraint 10	1	0	0	0	0	$\geq$ 1	$X_1 \geq 1$
Constraint 11	0	1	0	0	0	$\geq$ 1	$X_2 \geq 1$
Constraint 12	0	0	1	0	0	$\geq$ 1	$X_3 \geq 1$
Constraint 13	0	0	0	1	0	$\geq$ 1	$X_4 \geq 1$

FIGURA 1. Valor de las variables de decisión con sus restricciones asociadas para la solución óptima.

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	1	0	5	#¿NOMBRE?	30.75
X2	1	0	13	#¿NOMBRE?	26.19
X3	266.19	0	20	16.2	23.67
X4	87.88	0	7	1.5	39.5
X5	130.81	0	19	15.33	22.8
	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Constraint 1	3.25	0	2000	232.08	2868.75
Constraint 2	0.69	0	1500	807.67	2914.33
Constraint 3	1.19	0	800	105	1215.4
Constraint 4	0	499	500	1	Infinity
Constraint 5	0	699	700	1	Infinity
Constraint 6	0	533.81	800	266.19	Infinity
Constraint 7	0	812.13	900	87.88	Infinity
Constraint 8	0	469.19	600	130.81	Infinity
Constraint 9	0	186.88	300	#¿NOMBRE?	486.88
Constraint 10	-25.75	0	1	0	109.24
Constraint 11	-13.19	0	1	0	101.83
Constraint 12	0	265.19	1	#¿NOMBRE?	266.19
Constraint 13	0	86.88	1	#¿NOMBRE?	87.88
Constraint 14	0	129.81	1	#¿NOMBRE?	130.81

FIGURA 2. Análisis de sensibilidad de la FO.

Las variables de decisión serán en este caso las operaciones 1, 2, 3, 4 y 5 que son las actividades competitivas, correspondiendo los diversos valores de X al nivel de cada actividad competitiva (Tabla 3).

TABLA 3. Variables de decisión del Modelo

No	Descripción
$X_1$	Número de unidades del curso 1 que se debe producir en el mes
$X_2$	Número de unidades del curso 2 que se debe producir en el mes
$X_3$	Número de unidades del curso 3 que se debe producir en el mes
$X_4$	Número de unidades de la curso 4 que se debe producir en el mes
$X_5$	Número de unidades de la curso 5 que se debe producir en el mes

El máximo de ganancia se obtiene cuando la suma de las ganancias producidas por cada operación es máxima, lo que expresado en forma de ecuación es:

$$\text{MAX Ganancia } \sum_{i=1}^3 \dots = (\text{precio} - \text{costo}) X_i$$

$$\text{MAX} = (10-5) X_1 + (20-7) X_2 + (35-15) X_3 + (15-8) X_4 + (25-6) X_5$$

$$\text{MAZ} = 5 X_1 + 13 X_2 + 20 X_3 + 7 X_4 + 19 X_5$$

Las restricciones serán las ecuaciones limitantes del problema y serán de la forma general

$$\sum_{j=1}^5 a_{ij} X_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

### Sistema de Restricciones

Fondo de tiempo de cada operación respectivamente

$$8 X_1 + 7 X_2 + 5 X_3 + 5 X_4 \leq 2000 \quad (1)$$

$$5 X_2 + 2 X_3 + 5 X_4 + 4 X_5 \leq 1500 \quad (2)$$

$$4 X_1 + 2 X_3 + 3 X_4 \leq 800 \quad (3)$$

Cantidad de cursos a producir (4, 5, 6, 7 y 8)

$$X_1 \leq 500, X_2 \leq 700, X_3 \leq 800, X_4 \leq 900 \text{ y } X_5 \leq 600$$

Cantidad total de los cursos a producir que debe ser como mínimo de 300

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \leq 300 \quad (9)$$

Mínimo de cursos de tipo j (10, 11, 12, 13 y 14)

$$X_1 \geq 1, X_2 \geq 1, X_3 \geq 1, X_4 \geq 1, X_5 \geq 1$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0$$

Ya que el número de unidades de un producto no puede, en ningún momento, ser negativo

Realizando la interpretación económica y un análisis de sensibilidad referido a los parámetros de la FO del problema, es decir, mostrara los rangos de variación de los coeficientes  $C_j$  de las variables, estos rangos los valores dentro de los cuales se puede mover los  $C_j$  sin que se afecte la optimalidad del problema podemos decir que:

### Solución óptima

$$\left. \begin{array}{l} X_1 = 1 \\ X_2 = 1 \\ X_3 = 266,19 \\ X_4 = 87,88 \\ X_5 = 130,81 \end{array} \right\} \text{Valor óptimo (F O) } Z = 8442,31 \text{ plan de producción de la Facultad de Ciencias Técnicas.}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se muestra el análisis de las variantes de producción, donde se aprecian las horas disponibles que se solicitan para la operación para todos los cursos y los resultados correspondientes.

TABLA 4. Análisis de las variantes de producción

Restricción	Valor real	Valor óptimo	Necesidad
El fondo de tiempo de la operación catalogación slack 1	2000	0	-
El fondo de tiempo de la operación indexación slack 2	1500	0	-
El fondo de tiempo de la operación clasificación slack 3	800	0	-
Cantidad de t(h) que demorara cada operación en el curso 1 slack 4	500	499	-
Cantidad de t(h) que demorara cada operación en el curso 2 slack 5	700	699	-
Cantidad de t(h) que demorara cada operación en el curso 3 slack 6	800	533,81	+266,19
Cantidad de t(h) que demorara cada operación en el curso 4 slack 7	900	812,13	+87,87
Cantidad de t(h) que demorara cada operación en el curso 5 slack 8	600	469,19	+130,81
Cantidad total de cursos que se deben producir surplus 9	300	186,88	-113,12
Cantidad mínima de curso 1 a producir surplus 10	1	0	1
Cantidad mínima de curso 2 a producir surplus 11	1	0	1
Cantidad mínima de curso 3 a producir surplus 12	1	265,19	+264,19
Cantidad mínima de curso 4 a producir surplus 13	1	86,88	+85,88
Cantidad mínima de curso 5 a producir surplus 14	1	129,81	+128,81

Por lo tanto, se necesitan las horas disponibles de 2000 que se solicitan para la operación catalogación para todos los cursos, mientras tanto el curso 4 no necesitan las horas disponibles.

Para la operación indexación se solicitan como mínimo 1500 horas disponibles, sin embargo, todos los cursos se completan, pero solo el curso 1 no se necesitan las horas disponibles.

Para la operación clasificación se solicitan como mínimo 800 horas disponibles que con los cursos 1, 3 y 4 se cubre dicha disponibilidad porque con los restantes no se necesitan las horas disponibles.

Se debe producir los cursos del tipo 1 y 2 exactamente el valor solicitado porque concuerda con su valor óptimo.

Se debe producir cursos del tipo 3 como mínimo 533,81 de los 800 solicitados por lo que sobran 266,19

Se debe producir cursos del tipo 4 como mínimo 812,13 de los 900 solicitados por lo que sobran 87,87

Se debe producir cursos del tipo 5 como mínimo 469,19 de los 600 solicitados por lo que sobran 130,81

El total de cursos entregados debe ser como mínimo 186,88 de lo solicitado por lo que sobran 113,12

La cantidad mínima a producir del curso 1 y 2 no es necesaria su producción

La cantidad mínima a producir del curso 3 es de 265,19

La cantidad mínima a producir del curso 4 es de 86,88

La cantidad mínima a producir del curso 5 es de 129,81

Varios autores han planteado como Colectivo de autores (2013); Abril *et al.* (2015); Camero *et al.* (2016); Castillo y Aguirre (2017), demuestran que varias herramientas de optimización,

son utilizadas para resolver problemas de programación lineal o cualquier tipo de problemas, como este software que posee algoritmos que facilitan solucionar un modelo matemático a través de su interpretación económica realizando un análisis de sensibilidad referido a los parámetros de la Función Objetivo (FO) del problema, es decir, mostraran los rangos de variación dentro de los cuales se puede mover los  $C_j$  sin que se afecte la optimalidad del problema.

Una herramienta para la optimización de operaciones es la programación lineal, ya que es de gran ayuda para la toma de decisiones, puesto que se ajustan a la realidad del problema y brindan soluciones óptimas de acuerdo al objetivo planteado, permitiendo minimizar o maximizar el mismo (Caicedo y Ortiz, 2014).

## CONCLUSIONES

- La aplicación de los métodos de optimización permite la selección científicamente argumentada de la variante de producción de la Facultad de Ciencias Técnicas.
- Las cinco variables son factibles y de 14 restricciones solo hay necesidad en nueve para aumentar su valor teniendo en cuenta sus rangos
- El plan de producción óptimo de la Facultad de Ciencias Técnicas debe ser de 186,88 cursos, pero puede llegar como máximo 486,88 cursos para la carrera IPAI en la Plataforma Moodle y así maximizar las ganancias sin que se afecte la solución óptima del problema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIL, M.C.; RUIZ, G.M.; MANTILLA, L.M.; MOYOLEMA, M.M.: "Procesos de producción y productividad en la industria de calzado ecuatoriana: caso empresa Mabelyz", *ECA Sinergia*, 6(2): 88-100, 2015, ISSN: 2528-7869.
- BUSTOS, F.C.E.; CHACÓN, P.G.B.: "Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente: Un estudio en Venezuela", *Contaduría y administración*, 57(3): 239-258, 2012.
- CAICEDO, A.J.; ORTIZ, V.K.: "Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado", *Scientia et Technica*, 19(4), 2014.
- CAMERO, R.Y.; MARTÍNEZ, C.L.; PÉREZ, P.V.B.: "El desarrollo de la Matemática y su relación con la tecnología y la sociedad. Caso típico.", *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1): 97-105, 2016.
- CASTILLO, E.B.R.; AGUIRRE, M.Z.: "Selección de funciones de densidad de probabilidad para plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* (Pinaceae) en Pinar del Río (Cuba).", *Arnaldoa*, 24(1): 301-310, 2017.
- CASTILLO, E.B.R.; AGUIRRE, M.Z.: "Modelación del raleo mediante el uso de la Programación Lineal en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet de la Empresa Agroforestal Pinar del Río, Cuba", *Arnaldoa*, 25(2): 597-614, 2018.
- COLECTIVO DE AUTORES: *Investigación de Operaciones. Modelos y Métodos determinísticos*, Ed. Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 2013, ISBN: 978-959-07-1783-3.
- COLECTIVO DE AUTORES: "Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Innova index", *revistas.uide*, 3(2), 2018, ISSN: 2477-9024, DOI: <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.1.2018.670>, Disponible en: <http://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/index>.
- DEVOTO, R.: *Programación Lineal para Administración*, Ed. Ediciones Universitarias de Valparaíso Pontificia, Valparaíso, Chile, 2003, ISBN: 956-17-0343-2.
- EPPEN, G.D.; GOULD, F.J.: *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa: construcción de modelos para la toma de decisiones con hojas de cálculo electrónicas*, Ed. Pearson educación, 2000, ISBN: 970-17-0270-0.
- GÓMEZ, N.O.: "Los costos y procesos de producción, opción estratégica de productividad y competitividad en la industria de confecciones infantiles de Bucaramanga", *Revista EAN*, 70: 167-180, 2011.
- HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J.; GONZÁLEZ, O.M.A.: *Introducción a la Investigación de Operaciones*, Ed. McGraw-Hill, vol. 3, México D. F., 1997.
- JIJÓN, B.K.A.: *Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la empresa calzado Gabriel*, Uni-

versidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, Bachelor's thesis, Ecuador, 2013.

LÓPEZ, C.G.A.; CASTRO, P.N.A.; GUERRA, O.: "Optimización del plan de producción. Estudio de caso Carpintería de Aluminio", *Revista Universidad y Sociedad*, 9(1): 178-186, 2017.

MOSKOWITZ, H.; WRIGHT, G.P.: *Investigación de operaciones*, Ed. Prentice hall, 1982, ISBN: 968-880-041-4.

ORTIZ, T.V.K.: "Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa", *Ingeniería Industrial*, 14(1), 2015, ISSN: 1815-5936, *Disponible en: www.rii.cujae.edu.cu*.

ORTIZ, T.V.K.; CAICEDO, R.A.J.: "Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado", *Scientia et technica*, 19(4): 377-384, 2014.

PRAWDA, J.: "Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones: Volumen 1 Modelos Determinísticos", *México: Editorial Limusa*, 2004.

PRAWDA, W.J.: *Métodos y modelos de investigación de operaciones*, Ed. Editorial Limusa, vol. 1, 2000, ISBN: 968-18-0590-9.

RAMOS, A.; SÁNCHEZ, P.; FERRER, J.M.; BARQUÍN, J.; LINARES, P.: "Modelos matemáticos de optimización", *Publicación Técnica*, 1, 2010, *Disponible en: https://www.gams.com/docs/contributed/modelado\_en\_gams.pdf*.

RÍOS, G.R.C.; VERGARA, P.I.G.; VALLE, A.B.M.: *Modelos y métodos determinísticos: investigación de operaciones*, Ed. Editorial Universitaria Félix Varela, 2013, ISBN: 959-07-1783-7.

Misleydis Quintero León, profesora, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [mquintero@unah.edu.cu](mailto:mquintero@unah.edu.cu)

Alexis Torres Alonso, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Laboratorio de Tecnología Educativa (LATED), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [alexist@unah.edu.cu](mailto:alexist@unah.edu.cu)

Boris Pérez Hernández, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Laboratorio de Tecnología Educativa (LATED), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [boris-perez@unah.edu.cu](mailto:boris-perez@unah.edu.cu)

Miguel Ángel Zaldívar, profesor, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [mzaldivar@unah.edu.cu](mailto:mzaldivar@unah.edu.cu)

Darielis Vizcay Villafranca, profesora, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [darielisv@unah.edu.cu](mailto:darielisv@unah.edu.cu)

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

**Programa de Asociación de País**  
**Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los sistemas de Monitoreo/MST en Áreas con problemas de manejo de los Recursos Hídricos**

El "Programa de asociación de País" (CPP OP-15) en "Apoyo a la implementación del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía de la República de Cuba", recoge los fundamentos que propician el Manejo Sostenible de Tierras (MST). Para ello, propone fortalecer la coordinación entre las entidades nacionales, ofrece las alternativas para prevenir la degradación de tierras, así como recuperar y rehabilitar las funciones, resiliencia y productividad de los ecosistemas e incrementar la seguridad alimentaria.

Sus acciones se centran en la eliminación de las barreras que se oponen al logro del MST, mediante la aplicación de modelos que mejoren la integración entre los actores a todos los niveles, mediante acciones en el terreno, en el contexto de las políticas, el planeamiento, las regulaciones y en la toma de conciencia ciudadana en el manejo de los recursos naturales sobre bases científicamente argumentadas. En particular, el Proyecto 2 tiene como objetivo fortalecer la coordinación de la información y los sistemas de Monitoreo en la gestión de los recursos hídricos en función del MST".

*Todos por nuestra tierra*