2do Taller LAtino Iberoamericano de Investigación de Operaciones
"La IO aplicada a la solución de problemas regionales"

El problema de balancear un plan de estudios: Un modelo matemático

José Antonio Aguilar Solís(1), José Luis Martínez Flores(2), Mauricio Cabrera Ríos(3), José Pablo Nuño de la Parra(2)

(1) Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Puebla, Puebla, México
(2) Centro Interdisciplinario de Posgrados, Investigación y Consultoría
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Puebla, Puebla, México
(3) Posgrado en Ingeniería de Sistemas, FIME
Universidad Autónoma de Nuevo León
Monterrey, Nuevo León, México

Resumen: El problema de balancear un plan de estudios, conocido por sus siglas en inglés como BACP, surge como parte – y es un producto final – del proceso de un diseño curricular. Este problema puede ser considerado como un problema de optimización, ya que se desea que la carga de asignaturas del plan de estudios esté distribuida lo más uniformemente posible, dentro de restricciones de carga, así como de prerrequisitos y ubicaciones de cursos. En este artículo se describe el ámbito del problema, se explora un modelo básico de programación lineal entera desarrollado previamente, se estudian sus principales componentes, y se propone un modelo. El modelo propuesto incluye aspectos adicionales que se presentan en un problema real, tales como preferencias de ubicación de asignaturas y periodos con distinta carga deseada. Asimismo, se aplicó este modelo a un plan de estudios existente en una carrera de licenciatura, y se comparó la solución del modelo con la distribución actual del plan en cuestión.

Abstract: The Balanced Academic Curriculum Problem, known as BACP, arises like part – and as final product – of a curricular design process. This problem can be considered as an optimization problem, since the courses load distribution of the curricula should be near to uniform as possible, subject to load restrictions, as well as of prerequisites and locations. This article describes the framework of the problem, a basic integer lineal programming model for this problem in previous works, analyze its main components, and an alternative model is proposed. This model includes additional aspects that are presented in real problems. Later, this model was applied to existent curriculum in a university, and the solution of the model was compared with the current distribution of the referred curriculum. Finally, possible extensions and additional aspects were suggested to study in the future.

Keywords: Integer linear programming, Modeling, Application, Balanced Academic Curriculum Problem.

Introducción

En el sector educativo, una de las principales preocupaciones de las instituciones es el proporcionar las herramientas y los procesos necesarios para que el egresado pueda desempeñarse con éxito dentro de la sociedad, o en el nivel superior de educación al que se dirija. Así, y de acuerdo a las necesidades estratégicas de las universidades, es necesario establecer revisiones periódicas de los planes y programas de estudio, a fin de que éstos sean actuales y respondan a la dinámica de los cambios sociales. Si bien hay ocasiones en que se puede realizar la revisión de la currícula de algún o algunos programas académicos en particular, también hay veces en que la necesidad es la de llevar a cabo revisiones periódicas de grandes grupos de – o todos los – planes de estudio de una institución.

El proceso de diseño curricular consta básicamente de: i) un estudio de la realidad social y educativa, ii) el establecimiento de un diagnóstico y un pronóstico con respecto a las necesidades sociales, iii) la elaboración de una propuesta curricular como posibilidad de solución de las necesidades advertidas, y iv) una evaluación interna y externa de la propuesta. Así, para poder llevar a cabo una revisión – o rediseño – de un plan de estudios de un programa de una manera armónica, es necesario que los departamentos y entidades involucradas realicen una gran cantidad de actividades conjuntas. Estas actividades se realizan, además, de acuerdo a las normativas proporcionadas por los gobiernos regionales, estatales y del país, que regulan la actividad educativa [1].

Sin embargo, una actividad que, aún cuando se identifica como responsabilidad de los administradores de los planes de estudio pero que tiene impacto en varios departamentos o unidades académicas, es la del diseño del plan de materias. Esta actividad ilustra el periodo, o ciclo, en que se impartirán cada una de las diferentes asignaturas o unidades de estudio.

Con respecto a esta actividad, algunos autores solamente indican que un plan debe tener una secuencia y organización tal que se facilite aprender lo complejo a partir de lo simple, así como integrar en un todo coherente, sistemático, el conjunto de aprendizajes que se adquiera [2] . Otros proponen que esta estructura debe ser específica, e identifica formas de organización básicas: plan lineal, plan modular y plan mixto [3]. Así, a pesar de que se reconoce que un plan de materias debe ser específico, autores en pedagogía no abordan el asunto de cómo hacerlo específico.

Por tanto, el ubicar cada asignatura en el lugar indicado en cada nuevo – o rediseñado – plan de materias, llamado aquí problema de balance curricular, es un problema que puede abordarse mediante un enfoque de optimización. Esto es posible dado que se puede identificar la existencia de restricciones de ubicación de asignaturas así como criterios para elegir las mejores configuraciones. Estos elementos pueden ser expresados en términos cuantitativos.

El problema de balance curricular

El problema de balance curricular, denominado BACP por sus siglas en inglés (Balanced Academic Curriculum Problem) [4], tiene características que hacen que pueda ser considerado como un problema de optimización, donde el ubicar cada asignatura en un periodo determinado depende de varios factores, entre los cuales se pueden identificar:

a) Número de asignaturas y número de periodos: cada asignatura debe estar ubicada en uno y sólo un periodo.

b) Prerrequisitos: asignaturas que en el plan de materias se deben acreditar para poder tomar la(s) siguiente(s).

c) Número máximo/mínimo de asignaturas/carga por periodo: se puede definir un número mínimo o máximo tanto del número de asignaturas como de la cantidad de carga académica (medida en créditos, horas-clase, unidades, o cualquier otra que se defina) establecidos para cada periodo. Esto se establece con el propósito de evitar sobrecarga o subcarga de actividades (provenientes de las asignaturas) para los alumnos.

Es altamente deseable que la carga académica de un plan curricular esté lo más uniformemente distribuida, esto es, que plan sea balanceado. En la Figura 1 se muestra una representación conceptual de un plan curricular.

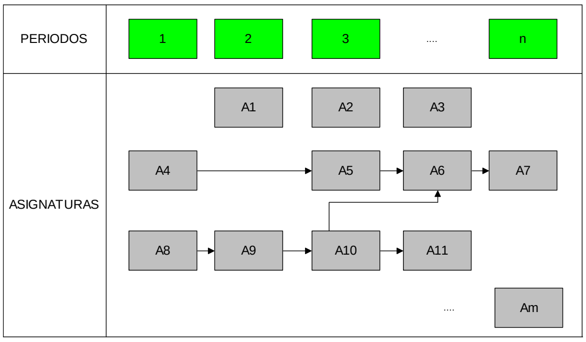

Fig. 1 Representación gráfica de un plan curricular.

El enfoque de optimización al problema de balance curricular

De acuerdo a las características generales dadas anteriormente para el BACP, éste puede conceptualizarse como un problema de programación lineal entera (ILP). Un modelo de ILP está definido genéricamente [5] como:

$$\max/\min\left\{f(x): x \in Z_+^n\right\}. \qquad (1)$$

Bajo este enfoque, hay dos maneras de establecer las variables de decisión:

- Si se conceptualiza como el asignar un solo periodo académico – valor entero – a cada asignatura, de la forma *asignatura*(i) = *periodo*.
- Si se considera la idea reflejada en la Figura 1, donde la asignación de una asignatura i a un periodo j se refleja como un valor de 1 en la posición (i,j). Así, el problema queda definido como de programación entera binaria, de la forma

$$\max/\min\{f(x): x \in \{0,1\}\}. \qquad (2)$$

Como ocurre con una gran cantidad de problemas típicos, tales como el problema del agente viajero (TSP) o el problema de la mochila (KP), donde existen modelos alternos que dependen del enfoque aplicado al problema, pueden plantearse varios modelos para representar al BACP. La utilidad o practicidad de un modelo con respecto a otro podrá ser evaluada en términos de las herramientas o recursos usados – tiempo, costo – para modelar y resolver el problema.

Un enfoque usado para estimar la posible dificultad de solución de un modelo se basa en la complejidad algorítmica de un problema, entendida ésta como una forma de clasificar los problemas de decisión/optimización. Bajo esta perspectiva, problemas combinatorios tales como el TSP son definidos como pertenecientes a la categoría NP-Completos [6]. En el caso de que sean problemas de optimización asociados como con problemas NP Completos decisionales – como el BACP – se conocen como problemas NP-duros [7]. En cualquier caso, estas categorías están reconocidas como de los problemas más difíciles de resolver de forma exacta, debido a la falta de algoritmos económicos – en términos de complejidad – para su solución.

Modelos de balance curricular

El problema de balance de plan curricular se define como un problema de asignación de cursos a periodos en los cuales la carga académica de cada periodo será balanceada [4]. Establece como función objetivo minimizar la carga máxima, sujeta a restricciones generales de carga máxima y mínima, y de requisitos previos para ciertos cursos. El trabajo se centra en definir este problema como uno de programación lineal entera y usar dos alternativas de software – lp_solve y Oz – para evaluar su eficiencia en un caso práctico.

Modelo básico: Corresponde al BACP definido en [4]:

Parámetros:

- m número de cursos.
- n número de periodos académicos.
- α_i número de créditos del curso $i = 1,\ldots,m$
- β mínima carga académica permitida por periodo.
- γ máxima carga académica permitida por periodo.
- δ mínimo número de cursos por periodo.
- ε máximo número de cursos por periodo.

Variables de decisión:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el curso } i \text{ es asignado al periodo } j \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

- c_j carga académica del periodo $j = 1,\ldots,n$
- c máxima carga académica

Función objetivo:

$$\text{Min } \{c\} \qquad (3)$$

$$\text{donde } c = \text{Max}\{c_1,\ldots,c_n\} \qquad (4)$$

Restricciones:

Carga académica.

$$c_j = \sum_{i=1}^{m} \alpha_i * x_{ij} \quad \forall j = 1,\ldots,n \qquad (5)$$

Relacionada con la función objetivo, c es la carga máxima.

$$c_j \le c \qquad (6)$$

Asignación de curso i a algún periodo j.

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1,\ldots,m \qquad (7)$$

Número de cursos en periodo j mayor o igual al mínimo requerido.

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \geq \delta \qquad \forall j = 1,\dots,n \tag{8}$$

Número de cursos en periodo j menor o igual al máximo permitido.

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \leq \varepsilon \qquad \forall j = 1,\dots,n \tag{9}$$

Carga académica de periodo j mayor o igual al mínimo requerido.

$$c_j \geq \beta \qquad \forall j = 1,\dots,n \tag{10}$$

Carga académica de periodo j menor o igual al máximo permitido.

$$c_j \leq \gamma \qquad \forall j = 1,\dots,n \tag{11}$$

Si el curso b tiene al curso a como prerrequisito.

$$x_{bj} \leq \sum_{r=1}^{j-1} x_{ar} \qquad \forall j = 2,\dots,n \tag{12}$$

Otros modelos: Posteriormente, se realizaron trabajos relativos a proponer cambios al modelo anterior, combinando conceptos de programación entera y de enfoque a restricciones, y haciendo estudios comparativos de rendimiento – tiempo de solución – usando los programas OPL y CPLEX para tal propósito [8]. Como resultado, si bien no incluye aspectos nuevos, sí resulta en modelos con mayor número de variables y restricciones, muchas de ellas auxiliares.

En trabajos posteriores se realizan mayores análisis de rendimientos y características de los modelos planteados anteriormente [9], [10]. En [11] se explora una propuesta de solución de BACP usando técnicas de algoritmos genéticos.

Revisión de elementos del modelo básico BACP

Entonces y hasta el momento, los trabajos relativos a la modelación y solución de BACP han llevado a lo siguiente:

- No se han hecho cambios sustanciales al modelo original, con el propósito de incluir restricciones que pueden ser más acordes con necesidades que surgen del contexto del problema real.
- Los trabajos se centran en diseños alternativos del mismo modelo.
- Una preocupación de quienes han trabajado en este problema es el rendimiento – tiempo de solución – de los métodos de optimización.

En la Tabla 1 se incluye un breve análisis de los principales elementos del modelo básico, enfocándose a su pertinencia y señalando sus características.

Tabla 1: Características de los elementos del modelo 1

ELEMENTO	CARACTERISTICAS
PARÁMETROS	
$\beta, \gamma, \delta, \varepsilon$	• Permite la definición de restricciones generales. • No permite la flexibilización de límites de cargas entre periodos.
VARIABLES DE DECISIÓN	
$x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	• Fácil de describir. • Susceptible de traducir a un modelo de programación lineal entera – ILP. • Genera modelos que tiene un gran número – $m \times n$ – de variables.
FUNCIÓN OBJETIVO	
(3) y (4)	• Uso de relaciones sencillas, que se traducen como restricciones en un modelo ILP. • No se relaciona directamente con el concepto de *balance*. • Es de objetivo único.
RESTRICCIONES	
(5)	• Facilita la definición de otras restricciones. • Genera n restricciones adicionales en el modelo.
(12)	• Genera n-1 restricciones por cada relación (a,b) de asignaturas.

Como se indicó anteriormente, algunos trabajos posteriores relativos al BACP se han enfocado a proponer diseños alternativos. Sin embargo, estos trabajos también han contribuido a considerar alternativas de conceptualización de la función objetivo – esencialmente – del modelo. Las principales de estas alternativas son [12]:

- Minimizar la máxima diferencia entre cada carga y la carga media:

$$\min\{\max\{|c_1 - \mu|,\dots,|c_n - \mu|\}\} \tag{13}$$

donde μ es la carga media.

- Minimizar la varianza de la carga:

$$\min\left\{\sum_{j=1}^{n}\left(c_j-\mu\right)^2\right\} \tag{14}$$

Estas conceptualizaciones generan modelos con un mayor número de restricciones (13) o no lineales (14).

Una propuesta de modelo al BACP

El modelo propuesto está basado en el modelo básico, e incorpora aspectos adicionales que se presentarían frecuentemente en una problemática real. Estos aspectos adicionales se plantean a continuación:

- *Ubicación conveniente*: se reconoce que no todas las asignaturas pueden ubicarse en cualquier periodo [1]. Así, puede plantearse rangos de ubicaciones adecuadas – periodo mínimo y máximo permitidos – de acuerdo a alguna posible clasificación de asignaturas, tales como *básica* o *profesional* [13].
- *Flexibilización* del máximo y mínimo, tanto de carga académica como del número de asignaturas para cada periodo, permitiendo que pueda variar de acuerdo a éstos. Esto permitirá la opción de bajar la carga en algún periodo, con el propósito de facilitar al alumno el logro de alguna actividad extracurricular, tales como las prácticas profesionales [13].
- *Sencillez*: de una función objetivo que sea simple de modelar y a la vez más representativa del concepto de *balance* – uniformidad – [4].

Por otro lado, y considerando el hecho de que por lo general, entre menos variables se tengan en un modelo más rápidamente se obtiene su solución, la propuesta de este trabajo se basará en la premisa de manejar un número mínimo de variables de decisión y/o de restricciones, dejando solamente aquellas que sean indispensables para la solución del modelo. Este *minimalismo* se logrará mediante la selección – basada en el estudio de la sección anterior – de la estructura de la función objetivo y las restricciones.

Modelo propuesto:

Parámetros:

Nta número total de asignaturas.
Ntp número total de períodos académicos.
mca_j mínima carga académica permitida por período.
Mca_j máxima carga académica permitida por período.
mna_j mínimo número de cursos por período.
Mna_j máximo número de cursos por período.
crd_i número de créditos de la asignatura.

Variables de decisión:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el curso } i \text{ es asignado al periodo } j \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

$\forall\, i = 1,..., Nta$ $\qquad \forall\, j = 1,..., Ntp$

Cmx máxima carga académica.

Cmn mínima carga académica.

Función objetivo: Minimizar el rango entre carga máxima y carga mínima.

$$\min\{Cmx - Cmn\} \tag{15}$$

Restricciones:

Definición de la carga máxima.

$$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i * x_{ij} \le Cmx \tag{16}$$

Definición de la carga mínima.

$$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i * x_{ij} \ge Cmn \tag{17}$$

Mínima y máxima carga académica por periodo.

$$mca_j \le \sum_{i=1}^{Nta} crd_j * x_{ij} \le Mca_j \tag{18}$$

Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo.

$$mna_j \le \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \le Mna_j \tag{19}$$

Asignación de curso *i* a algún periodo *j*.

$$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \tag{20}$$

El curso *c* debe ser asignado – por conveniencia – entre el periodo mpc_c y el Mpc_c.

$$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1 \tag{21}$$

Si el curso *b* tiene al curso *a* como prerrequisito. La distancia entre periodos asignados a *b* y *a* debe ser de al menos 1. Esta propuesta reemplaza al conjunto de restricciones planteados en (12), y en su lugar se establece una sola restricción para cada relación de prerrequisito (*a*,*b*).

$$\sum_{j=1}^{Ntp} j * x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j * x_{aj} \geq 1 \tag{22}$$

Aplicación de la propuesta de BACP

El modelo propuesto fue aplicado a un programa de estudios que tiene las siguientes características y valores de parámetros:

- Nta = 62, Ntp = 9
- Mca_j = 40, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 40

  para j = 1,…, 9

Se considera una menor carga en el primer semestre para contemplar aspectos de adaptación académica y personal, así como en el último semestre para facilitar las prácticas profesionales.

- mca_j = 20, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 20

  para j = 1,…, 9
- Mna_j = 6, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 6 para j = 1,…, 9
- mna_j = 4, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 4 para j = 1,…, 9
- crd_i = 6, 8, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 5, 3, 7, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 6, 6, 6, 6, 5, 5, 5, 5, 5, 2, 3, 8, 7, 7, 7, 5, 7, 7, 6, 6, 5, 7, 4, 8, 4, 7, 7, 7, 7, 7, 6, 6, 8, 8, 7, 6, 6, 8, 2, 2, 2, 2, 6 para i = 1,…, 62
- Relaciones de prerrequisitos (*b*,*a*) = (4,3), (9,7), (15,48), (16,15), (17,15), (18,16), (19,18), (19, 53), (22,21), (23,22), (24,23), (26,25), (27,26), (28,27), (31,51), (32,31), (33,47), (34,51), (36,33), (38,34), (39,38), (40,34), (41,50), (41,33), (42,5), (43,37), (44,39), (45,41), (46,20), (49,48), (51,50), (52,49), (53,52), (54,51), (59,58), (60,59), (61,60), (62,8)
- Relaciones de preferencia de ubicación – entre periodos mpc_c y Mpc_c – de la asignatura *c*, definido como (*c*, mpc_c, Mpc_c) = (1,6,9), (2,1,5), (3,3,8), (4,3,8), (7,1,5), (12,1,7), (13,1,7), (14,1,7), (15,1,6), (16,1,6), (17,1,6), (18,1,6), (19,1,6,), (21,1,6), (22,1,6), (23,1,6), (24,1,6), (29,1,2), (33,4,8), (37,4,8), (42,7,9), (43,4,8), (57,1,5), (58,5,9), (59,5,9), (60,5,9), (61,5,9), (62,6,9)

La tabla 2 proporciona tanto el tamaño completo del problema así como el desempeño del software HyperLingo (de Lindo Systems, Inc.) aplicado para dar solución al modelo propuesto:

Tabla 2: Desempeño y tamaño del modelo en HyperLingo

Número total de variables	560
Número de variables lineales	2
Número de variables enteras	558
Número de variables no lineales	0
Número de restricciones	183
Número promedio de iteraciones	2,172
Tiempo promedio de corrida (mm:ss)	00:02

A continuación, se muestra un comparativo del resultado del modelo contra la distribución actual – la vigente en la institución – de asignaturas del plan de estudios:

Tabla 3: Comparativo de distribuciones de plan de estudios

	Distribución actual		Distribución óptima modelo BACP propuesto	
Periodo	Total Asignaturas	Total créditos	Total Asignaturas	Total créditos
1	5	27	6	40

2	8	49	7	43
3	8	52	6	42
4	7	47	6	43
5	7	45	8	43
6	7	44	8	42
7	7	39	7	43
8	7	39	8	42
9	6	36	6	40

De acuerdo con los resultados obtenidos del modelo y su comparación con el plan vigente, este último registra una notable variación en su carga, que redunda en problemas de sobrecarga en algunos periodos, produciendo como consecuencia que en muchas ocasiones los alumnos no tomen la carga completa. El diseño con un mejor balance podría reducir este problema.

Cabe aclarar que la distribución vigente se diseñó en el año 2002, sobre una simple base de prueba y error. El tiempo estimado que le llevó a los responsables del plan de estudios en cuestión fue de aproximadamente 4 horas.

Conclusiones y extensiones

El plan de estudios es uno de los principales productos de un proceso de diseño o rediseño curricular. Este plan debe ser atractivo y útil no solamente desde el punto de vista económico o pedagógico, sino también conviene que la carga académica esté adecuadamente distribuida para que el alumno no resienta – en términos económicos o de esfuerzos académicos – el aumento o disminución de ésta.

En este artículo se ha hecho la revisión de un modelo de balance curricular óptimo, analizando sus principales componentes. Asimismo, se realizó una propuesta de un modelo más completo considerando elementos y aspectos adicionales que se pueden presentar a la hora de buscar balancear el plan de estudios.

El modelo de programación entera resultante se programó en HyperLingo, y se realizó una prueba en un plan de estudios existente. La comparación de resultados indicó que el modelo propuesto ahorra tiempo y genera un plan con una mejor distribución más balanceada de asignaturas.

Algunos aspectos que no se contemplan en este artículo y que pueden explorarse como extensiones a futuro del trabajo son:

- Estrategias de modelación para aplicarse a problemas de dimensiones más grandes.
- Desarrollo de interfases para los DSS con el software de modelación.

El trabajo a futuro se dirigirá hacia estas direcciones con el propósito de generar aplicaciones que sean rápidas, eficientes, económicas – en términos de tiempo y costo – y, sobre todo, útiles para las instituciones educativas, donde los procesos de revisión de planes, temas y contenidos son cada vez más dinámicos.

Referencias

[1] F. Diaz, M. Lule, F. Rojas-Drummond, E. Saad, *Metodología de diseño curricular*, México: Trillas, 1992.

[2] J. Arnaz, *La planeación curricular*, México: Trillas, 1989.

[3] M. Casarini, *Teoría y diseño curricular*, México: Ed. Trillas, 1999.

[4] C. Castro y S. Manzano, “Variable and value ordering when solving balanced academic curriculum problems”, *Proceedings of the ERCIM WG on constraints*, 2001.

[5] G. Nemhauser y L. Wolsey, *Integer and combinatorial optimization*, New York: John Wiley & Sons, 1999.

[6] W. Cook, W. Cunningham, W. Pulleyblank, A. Schrijver A., *Combinatorial Optimization*, New York: John Wiley & Sons, 1998.

[7] J. Salazar, *Programación matemática*, Madrid: Díaz de Santos, 2001.

[8] B. Hnich, Z. Kiziltan, I. Miguel, T. Walsh, “Hybrid modelling for robust solving”, *Annals of Operations Research*, Aug 2004, 130, 1-4, ABI/INFORM Global, p.19.

[9] P. Flener, A. Frish, B. Hnich, “Matrix Modeling”, *Proceedings CPAIOR02*, 2002.

[10] B. Hnich, Z. Kizilan, T. Walsh, “Modeling a balanced academic curriculum problem”, *Proceedings CPAIOR02*, 2002.

[11] A. Lambert, “Solving the Balanced Academic Curriculum Problem with an Hybridization of Genetic Algorithm and Constraint Propagation”, *Artificial Intelligence and Soft*

Computing, Volume 4029, pp. 410-419, Springer Berlin / Heidelberg, 2006.

[12] P. Schaus, Y. Deville, P. Dupont, J. Regin, "Simplification and extension of the spread constraint", *Third international workshop on constraint propagation and implementation*, September 2006.

[13] C. Castro, *Modelo educativo UPAEP*, tesis de maestría, Puebla: UPAEP, 2000.

José Antonio Aguilar Solis

Ingeniero Industrial y Maestro en Sistemas de Información por la Universidad de las Américas-Puebla. Candidato a Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Catedrático de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Areas de interés: Optimización, Simulación, Dinámica de Sistemas.

Dirección: 13 poniente 1927, 2º piso, oficina 1832, Col. Santiago, C.P. 72160, Puebla, Puebla, México. e-mail: joseantonio.aguilar@upaep.mx

José Luis Martínez Flores

Licenciado en Matemáticas y Doctor en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Ha sido profesor-investigador en el Posgrado en Ingeniería de Sistemas de la UANL y en el Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas del ITESM Campus Monterrey. Actualmente es profesor-investigador y coordinador del Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro del Centro Interdisciplinario de Posgrados Investigación y Consultaría de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Es miembro de la Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) y de la American Mathematical Society (AMS). Ha publicado en revistas arbitradas internacionales y ha participado en diferentes foros como ponente. Sus actuales áreas de interés son Logística, Optimización y Redes Neuronales Artificiales.

Dirección: 21 sur 1103, Col. Santiago, C.P. 72410, Puebla, Puebla, México. e-mail: joseluis.martinez01@upaep.mx

Mauricio Cabrera Ríos

Ingeniero Industrial y de Sistemas por el ITESM Campus Monterrey, Maestro en Ciencias y Doctor en Ingeniería Industrial y de Sistemas por The Ohio State University. Profesor Investigador del Posgrado en Ingeniería de Sistemas de la FIME, UANL. Cuenta con 15 publicaciones en Revistas de Investigación del Science Citation Index o del Índice CONACYT. Miembro actual del Institute for Operations Research and Management Science (INFORMS) y del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1. Sus intereses abarcan la caracterización, la modelación y la optimización de procesos de manufactura y servicios.

Dirección: AP 126, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza C.P. 66450, Nuevo León, México. e-mail: mcabrera@mail.uanl.mx

José Pablo Nuño de la Parra

Ingeniero Industrial por la Universidad de las Américas, Puebla. Maestro en Ingeniería Industrial por la Universidad de Arkansas. Doctor en Planeación Estratégica en Ingeniería y Tecnología por Oklahoma State University. Director del Centro Interdisciplinario de Posgrados, Investigación y Consultoría de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Ha publicado en revistas arbitradas internacionales y ha participado en diversos foros como ponente.
Áreas de interés: Estrategia, Simulación, Sistemas Integrados de Manufactura.

Dirección: 21 sur 1103, Col. Santiago, C.P. 72410, Puebla, Puebla, México. e-mail: pablo.nuno@upaep.mx