



Model of Planning and Assignment of Personnel in the Services Industry with Mixed Whole Programming

Wilmer Pérez-Betancourt, Nelson David Navarro-Díaz and
Jair Eduardo Rocha Gonzalez

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

July 22, 2019

Modelo de Planeación y Asignación de Personal en la Industria de Servicios con Programación Entera Mixta

Wilmer Pérez-Betancourt, Eng¹, Nelson David Navarro-Díaz, Eng², Jair Eduardo Rocha-Gonzalez, Msc. Eng.³
^{1,2,3} Universidad Nacional de Colombia, Colombia, wiperezb@unal.edu.co, ndnavarro@unal.edu.co, jerochag@unal.edu.co

Resumen—En este artículo se presenta la asignación de clientes a asesores comerciales para una empresa de tecnología asiática, la cual cuenta con múltiples perfiles de clientes y de asesores, de tal manera que se satisfaga la demanda con los perfiles más apropiados, además se establece un plan de contratación para nuevos asesores.

Esto se logró gracias a un modelo de programación entera mixta, el cual permitió modelar con las características y restricciones establecidas para los asesores comerciales y los clientes un plan óptimo de asignación de cuentas.

Con esto se consiguió asignar los asesores comerciales que se encuentran contratados actualmente y se establece el plan de contrataciones necesarias para cubrir la totalidad de la demanda que posee la organización.

Palabras Clave— Modelo de asignación de trabajo, programación entera mixta, modelo de contratación de personal, industria de servicio.

Abstract— *This article presents the assignment of a plan for the sales account managers for an Asian technology company, which has multiple profiles of customers and advisors, in such a way that demand is satisfied with the most appropriated profiles, and a plan is established for hiring new consultants.*

This was achieved thanks to a mixed whole programming model, which allows to model with the characteristics and restrictions established for commercial advisors and clients an optimal plan of account assignment.

With this it was possible to assign the sales account who are currently hired and the contracting plan necessary to cover the totality of the demand that the organization owns is established.

Keywords— Work assignment model, mixed whole programming, personnel hiring model, service industry.

un centro de estudio, de tal manera que se garantice la asignación apropiada de los docentes a los cursos que más necesitan las características de cada uno de los docentes [1].

En el sector manufacturero se ha utilizado la programación entera mixta para el diseño de jornadas laborales en el sector comercial en el cual los trabajadores deben llevar los materiales a los diferentes minoristas que trabajan con la empresa [2].

En el caso presentado por Cuycopasa [3] se hace una asignación de trabajo en el sector editorial donde se asigna no solo el trabajo, sino los espacios de trabajo. En este sector se tienen diferentes requerimientos según la urgencia y prioridad de entrega del trabajo.

En el sector salud se tiene que esta metodología es comúnmente utilizado para asignación en turnos en enfermería, asignación de salas [4]. Ya que en este medio se hace necesario siempre hacer la asignación de recursos a cada uno de los trabajadores en condiciones críticas, ya que las labores que se realizan en este sector son muy sensibles, lo que lleva a ser complementado por algoritmos como el presentado en la solución de un problema de asignación de cirugías en un hospital Chileno como trabajos complementarios [5].

Ahora el proceso de programación lineal permite desarrollar casos para mejorar la productividad con la asignación de los horarios de descanso y de trabajo en un hipermercado [6].

Con estos casos se observa que con esta metodología de programación entera mixta se pueden cumplir múltiples objetivos, en diferentes sectores, lo que lleva a abordar la asignación de los asesores comerciales con esta metodología.

I. INTRODUCCIÓN

El problema de asignación de carga laboral ha venido siendo analizada en múltiples casos, abordados desde diferentes perspectivas, teniendo como objetivo central conseguir una asignación de labores de manera específica.

En el caso analizado en una institución de educación superior en Chile se hace una asignación de carga docente en

II. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa de tecnología asiática que se toma como referente para el desarrollo de este estudio, lleva más de 20 años en el mercado brindando soluciones de alta tecnología en temas de video vigilancia IP y seguridad electrónica. Esta es una compañía mediana en el mercado asiático, tiene cuentas en 182 países alrededor del mundo en sus bases de datos de clientes y

de las cuales quiere obtener ventas y llegar a una cobertura total de las mismas para encontrar nuevas oportunidades de negocio.

Actualmente esta organización no cuenta con una estrategia de asignación de asesores a las diferentes cuentas comerciales, lo que se ve reflejado en la sobre utilización de algunos de sus asesores, mientras tiene otros recursos de personal subutilizados, además, se observa un cubrimiento deficiente de la demanda, perdiendo así la posibilidad de concretar negocios que son el eje central de la operación de la empresa.

Con esto se hace evidente la necesidad de abordar la asignación de asesores a las cuentas de demanda para conseguir una distribución apropiada del trabajo y determinar el plan de contrataciones de la empresa, ya que si los recursos son insuficientes se haría necesario contratar más asesores o en caso contrario despedir. La compañía no tiene inconvenientes en términos de costos ni en capacidades físicas o tecnológicas para contratar nuevos asesores, su objetivo es cumplir con la demanda que tiene actualmente.

III. METODOLOGÍA

Con la identificación realizada en la revisión de literatura, se formula un modelo de programación entera mixta que tiene como objetivo establecer la asignación de cuentas de una empresa de tecnología asiática para sus asesores comerciales, identificando la cantidad de cuentas que existen en cada idioma y los idiomas hablados por cada uno de los asesores comerciales, así mismo se identifica la cantidad de vendedores a contratar o despedir para suplir la demanda de cuentas que tiene la organización.

Para cumplir con este propósito, es realizado un proceso metodológico con tres actividades principales identificadas como el análisis del estado actual de las cuentas en la empresa tecnológica asiática, la formulación del modelo de programación entero mixto y finalmente la obtención y análisis de los resultados, utilizando como soporte tecnológico el software GAMS, el cual es tomado como uno de los principales softwares en el ámbito de modelamiento matemático y a partir de la comparación presentada en [7] es el que es más apropiado para el desarrollo de este problema ya este cuenta con diferentes modos de programación como los presentados en [8], ya que vemos que la correcta codificación del problema resulta ser eje central para que puedan ser validos los resultados que se consigan.

A. Estado Actual de la empresa tecnológica asiática.

En la actualidad, la organización cuenta con 27 vendedores que están localizados en países como Taiwán, USA, Colombia, Mongolia, Vietnam e Indonesia. Entre los requerimientos de la

organización, está encontrar la información de la cantidad de asesores comerciales necesarios para suplir la demanda que tienen en todos los países. La organización no tiene inconveniente en contratar nuevos asesores que estén localizados en diferentes países.

Dado a que existen diferentes idiomas en los países en los cuales tiene cuentas la compañía y no se cuenta con el personal que hable esos idiomas, la organización establece atender esas cuentas en idioma inglés dado a que es considerado como uno de los principales idiomas que se habla en el mundo entero. Así pues, la cantidad de cuentas que se tienen determinadas por los idiomas que actualmente hablan los asesores comerciales de la organización, se presentan en la Tabla I.

TABLA I
DEMANDA DE CUENTAS MENSUALES POR IDIOMA

Idioma	Número de cuentas
Chino	3370
Japonés	577
Español	3311
Vietnamita	171
Alemán	1401
Holandés	686
Indonesio	714
Mongol	299
Inglés	25597

Fuente: Los Autores

Los asesores comerciales hablan de uno a tres idiomas, los asesores comerciales son en total 27 y se designan con la nomenclatura de Asesor 1 (A1) hasta el Asesor 27 (A27), los idiomas que manejan cada uno de los asesores se visualizan en la Tabla II.

Actualmente, los asesores tienen asignadas cuentas de manera no ordenada y algunos cuentan con un número mucho mayor de cuentas que otros y de la misma manera algunos tienen cuentas de idiomas que no hablan, esto indica que las capacidades de algunos asesores están sobre utilizadas mientras que la de otros subutilizadas, la cantidad de cuentas que tienen asignadas cada uno de estos asesores son las enunciadas en la Tabla III.

La empresa en este momento no cuenta con un modelo que permita asignar el número de cuentas a cada vendedor de acuerdo con la capacidad de idioma que hablan y esto es necesario dado a que se está evidenciando que la asignación que se tiene actualmente no es la adecuada para el cumplimiento de la demanda, esto además porque no se están teniendo en cuenta las restricciones de tiempo y cantidad de cuentas que puede asignar para cada uno de los vendedores para el cumplimiento adecuado de un nivel de servicio de más de 80% para los clientes.

TABLA II
IDIOMAS HABLADOS POR CADA UNO DE LOS ASESORES
COMERCIALES DE LA COMPAÑÍA.

Idioma	Ch. ¹	Jp. ²	Es. ³	Vi. ⁴	Al. ⁵	Hi. ⁶	In. ⁷	Mo. ⁸	Ig. ⁹
Asesor									
A1	✓	✓							✓
A2	✓								
A3	✓	✓							✓
A4	✓								
A5	✓								✓
A6	✓			✓					✓
A7	✓								✓
A8	✓								
A9	✓								✓
A10	✓								✓
A11			✓						✓
A12	✓								✓
A13	✓								
A14	✓					✓			✓
A15			✓						✓
A16	✓		✓						✓
A17	✓		✓						✓
A18	✓						✓		✓
A19	✓								
A20	✓								✓
A21	✓								✓
A22									✓
A23									✓
A24								✓	✓
A25									✓
A26									✓
A27									✓

Fuente: Datos de la compañía

TABLA III
CANTIDAD ACTUAL DE CUENTAS ASIGNADAS A LOS
ASESORES DE LA COMPAÑÍA.

Asesor	Cantidad de cuentas asignadas actualmente	Cantidad de cuentas sobrantes	Cantidad de cuentas faltantes
Asesor 1	2644	2044	
Asesor 2	120		520
Asesor 3	817	177	
Asesor 4	114		496
Asesor 5	684	44	
Asesor 6	1252	612	
Asesor 7	1503	863	
Asesor 8	732	92	
Asesor 9	1488	848	
Asesor 10	2785	2145	
Asesor 11	1038	398	
Asesor 12	1243	603	
Asesor 13	1069	429	
Asesor 14	1652	1012	
Asesor 15	1832	1192	
Asesor 16	3225	2585	
Asesor 17	1374	734	
Asesor 18	824	184	

¹ Abreviatura de idioma Chino.

² Abreviatura de idioma Japonés.

³ Abreviatura de idioma Español.

⁴ Abreviatura de idioma Vietnamita.

⁵ Abreviatura de idioma Alemán.

Asesor 19	2061	1421	
Asesor 20	2296	1656	
Asesor 21	2143	1503	
Asesor 22	1709	1069	
Asesor 23	768	128	
Asesor 24	531		109
Asesor 25	293		347
Asesor 26	328		312
Asesor 27	1602		962

Fuente: Datos de la compañía

La organización ha identificado que el número máximo de cuentas que se pueden atender por un asesor comercial al mes es en promedio de 640 cuentas, teniendo en consideración que los registros indican que máximo se atienden 4 cuentas por hora y que la jornada laboral de la organización es de 8 horas diarias por 20 días al mes.

Así pues, se identifica que de acuerdo con la Tabla III, existen capacidades de los colaboradores de la organización que están sobre utilizadas y en cambio otros vendedores tienen capacidades subutilizadas como fue mencionado anteriormente. Además, que en la asignación de cuentas que tienen actualmente no se tiene en cuenta los idiomas que los asesores hablan o la localización geográfica en la que estos se encuentran. Asimismo, la Tabla III presenta el número de cuentas que los asesores poseen de más o el número de cuentas que a los asesores les faltan para estar en el estándar de las 640.

En términos económicos no se puede definir exactamente el valor de la pérdida que se puede dar por no atender estas cuentas, dado a que la empresa trabaja sobre proyectos de video vigilancia IP. Sin embargo, se puede identificar que en algunos casos los clientes pueden tener proyectos que se encuentran desarrollando que pueden ser en valores desde los USD 5000 hasta los USD 100000. De esta manera, se reconoce la necesidad de poder atender todas las cuentas dado a las oportunidades de negocios que estas pueden generar.

B. Formulación del Modelo de Programación Entera Mixta para Asignación de cuentas en la Empresa de Tecnología Asiática.

A partir del problema identificado en la sección anterior, el modelo matemático propuesto contiene una función objetivo que busca maximizar el número de cuentas asignadas a cada asesor comercial de la compañía, considerando para esto las restricciones correspondientes a las capacidades en tiempo de la cantidad de cuentas que puede atender cada uno de los asesores y el idioma que habla cada uno de ellos, esta asignación se realizó bajo un criterio de optimización.

⁶ Abreviatura de idioma Holandés.

⁷ Abreviatura de idioma Indonesio.

⁸ Abreviatura de idioma Mongol.

⁹ Abreviatura de idioma Inglés.

Objetivo: Maximizar el plan de asignación de cuentas de los asesores comerciales de una empresa tecnológica asiática.

Función objetivo $F(X_{ij})$, Función de máxima asignación de cuentas.

Variables de decisión: (X_{ij}, W_i, H_i, L_i)

(X_{ij}) : Cantidad de cuentas a asignar del idioma tipo i al vendedor tipo j.

(W_i) : Cantidad de asesores tipo j asignados por el modelo óptimo para el idioma tipo i.

(H_i) : Cantidad de asesores tipo j a contratar para suplir la demanda de las cuentas del idioma tipo i.

(L_i) : Cantidad de asesores tipo j a despedir para suplir la demanda de las cuentas del idioma tipo i.

Parámetros:

VID_{ij} = Idioma tipo i hablado por cada asesor tipo j.

NC_i = Demanda de cuentas mensual del idioma tipo i.

Req_i = Cantidad de asesores requeridos que hablen el idioma tipo i para cumplir con la demanda de cuentas.

$CMESVEN_j$ = Cantidad de cuentas por mes que puede atender el vendedor tipo j teniendo en cuenta que se pueden atender 4 cuentas por hora, se trabajan 8 horas diarias y 20 días por mes.

PCL = Frontera mínima de cantidad de cuentas asignadas a cada asesor tipo j.

$PROCUE$ = Promedio de cuentas que puede atender el asesor tipo j.

N = Cantidad de llamadas que puede realizar un asesor tipo j por mes.

Con los parámetros y función establecida anteriormente, el modelo que se propone para el desarrollo del plan óptimo de asignación de cuentas es el siguiente:

$$Max F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n VID_{ij} * X_{ij}$$

S.A.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq NC_i \quad \forall i \quad (1)$$

La restricción (1) garantiza que las cuentas asignadas cumplan con la demanda de idioma tipo i requerida.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq CEMESVEN_j \quad \forall j \quad (2)$$

La restricción (2) relaciona la capacidad del número de cuentas tipo i que tiene el asesor tipo j para atender, un asesor puede atender 4 cuentas por hora, la jornada laboral es de 8 horas por día y se trabajan 20 días al mes.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq PCL \quad (3)$$

La restricción (3) identifica la frontera del número mínimo de cuentas tipo i que deben ser asignadas al asesor tipo j.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq N \quad (4)$$

La restricción (4) limita el número de cuentas a asignar dependiendo de la capacidad de llamadas que tiene cada asesor tipo j mensualmente.

$$\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n VID_{ij} * X_{ij}}{PROCUE} = W_i \quad \forall i \quad (5)$$

La restricción (5) identifica la cantidad de asesores tipo j para la demanda del idioma tipo i a asignar con el modelo óptimo de asignación de cuentas.

$$W_i + H_i - L_i = Req_i \quad \forall i \quad (6)$$

La restricción (6) identifica la cantidad de asesores tipo j a contratar y despedir basado en la cantidad de asesores asignados por el modelo óptimo para el idioma tipo i y la cantidad de asesores requeridos para cumplir la demanda mensual de cuentas.

$$X_{ij} \geq 0 \quad (7)$$

$$W_i, H_i, L_i \geq 0 \wedge \mathbb{Z} \quad (8)$$

Las restricciones (7) y (8), garantizan que las variables de decisión X_{ij} sea positiva y las variables W_i, H_i, L_i sean positivas y enteras, esto para cumplir las condiciones del modelo de programación entera mixta.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados del plan óptimo de asignación de cuentas teniendo en cuenta los valores de demanda y las restricciones solicitadas se presentan en la Tabla IV, así como los empleados a contratar en la Tabla V.

TABLA IV
CANTIDAD DE CUENTAS A ASIGNAR POR EL MODELO
ÓPTIMO PARA CADA ASESOR.

	Ch.	Jp.	Es.	Vi.	Al.	Hl.	In.	Mo.	Ig.
A1									640
A2	640								
A3									640
A4	640								
A5									640
A6									640
A7									640
A8	640								
A9									640
A10									640
A11									640
A12									640
A13	640								
A14						640			
A15									640
A16			640						
A17			640						
A18							640		
A19	640								
A20									640
A21									640
A22									640
A23									640
A24									640
A25									640
A26									640
A27									640
Total	3200	0	1280	0	0	640	640	0	11520

Fuente: los Autores

TABLA V
CANTIDAD DE EMPLEADOS A CONTRATAR PARA CUMPLIR
CON LA DEMANDA DE CUENTAS MENSUAL.

Idioma	Cantidad de empleados a contratar
Chino	1
Japonés	1
Español	4
Vietnamita	1
Alemán	3
Holandés	1
Indonesio	1
Mongol	1
Inglés	22

Fuente: los Autores

No se están despidiendo asesores tipo j dado a que los 27 asesores comerciales con los que cuenta la compañía están siendo asignados aprovechando los diferentes idiomas tipo i que hablan, por otro lado, se necesitan contratar 35 nuevos

asesores para suplir la demanda total de cuentas que puede atender la organización.

De igual manera, con los datos de las cuentas tipo i asignadas al asesor tipo j, se puede evidenciar que no se cumple la demanda total de cuentas que posee la empresa, esto dado a las restricciones de tiempo que se tienen para atender las mismas, por ende, se necesita contratar nuevos asesores los cuales se denominarán AC (Asesores a Contratar).

El porcentaje de cumplimiento de las cuentas actuales asignadas de manera óptima, con respecto a la demanda de la empresa se presenta en la Tabla VI. Con estos resultados se evidencia que se hace necesario contratar nuevos empleados que hablen todos los idiomas. Además, la cantidad de cuentas faltantes por asignar para cumplir la demanda, también se mencionan en la Tabla VI.

TABLA VI
CUENTAS FALTANTES POR ASIGNAR PARA CUMPLIR CON LA
DEMANDA.

Idioma	Número de cuentas de la demanda	Número de cuentas actuales asignadas	Cuentas faltantes por asignar	% de cumplimiento
Chino	3370	3200	170	94,95%
Japonés	577	0	577	0%
Español	3311	1280	2031	38,65%
Vietnamita	171	0	171	0%
Alemán	1401	0	1401	0%
Holandés	686	640	46	93,29%
Indonesio	714	640	74	89,63%
Mongol	299	0	299	0%
Inglés	25597	11520	14077	45,00%

Fuente: los Autores

Con la información anterior, se hace una ampliación al modelo en función de optimizar la cantidad de empleados a contratar, esto dado a que inicialmente se necesitaban contratar 35 empleados que hablaran uno solo de los idiomas requeridos por las cuentas de las organizaciones como se evidenció en la Tabla V, con la modificación mencionada se reduce el número de empleados a contratar de 35 a 29 personas para desarrollar un plan óptimo de contratación y se combinan las capacidades que deberían tener los asesores tipo j en función del idioma tipo i para suplir la demanda de la compañía, con estos requerimientos de contratación y con la aplicación del modelo, se llega a los resultados que se evidencian en la Tabla VII.

TABLA VII
CANTIDAD DE CUENTAS A ASIGNAR PARA CADA NUEVO ASESOR
A CONTRATAR.

	Ch.	Jp.	Es.	Vi.	Al.	Hl.	In.	Mo.	Ig.
AC1					121				519
AC2					640				
AC3				171					469
AC4						46			594
AC5								299	341
AC6									640
AC7									640

AC8									640
AC9					640				
AC10							74		566
AC11			111						529
AC12		577							63
AC13									640
AC14									640
AC15									640
AC16									640
AC17									640
AC18									640
AC19			640						
AC20									640
AC21									640
AC22	170								470
AC23									640
AC24									640
AC25									640
AC26									640
AC27			640						
AC28									640
AC29			640						
Total	170	577	2031	171	1401	46	74	299	13791

Fuente: los Autores

Con estos resultados de plan óptimo de contratación y de asignación de cuentas a los asesores existentes, se llega a un cumplimiento de demanda del 99,20%, este valor es bastante acertado para cumplir con las expectativas y metas que tienen la organización en función del incremento del nivel de servicio y aumento de las utilidades para la misma.

V. CONCLUSIONES

El modelo de programación entera mixta desarrollado para asignación de cuentas y para contratación de personal para la organización de tecnología en este caso de estudio permitió incrementar la cobertura de demanda a un 99,20% cumpliendo con las restricciones de tiempo para la asignación en los asesores existentes y los nuevos a contratar, este tipo de restricciones no estaban siendo tenidas en cuenta inicialmente y esto le estaba generando a la empresa una asignación aleatoria de cuentas que no estaban siendo atendidas en su totalidad y que no estaba permitiendo cumplir con un nivel de servicio adecuado a los clientes. Esto también permitió identificar que para la organización y su departamento de gestión humana le hacía falta un plan de contratación adecuado de personal en función de las capacidades necesarias en función de los idiomas hablados por los asesores para el cumplimiento de la demanda a nivel internacional.

Este tipo de modelos permite realizar un análisis del estado actual de las organizaciones y de la misma manera una planeación de manera óptima que le permita a la misma estructurar de manera adecuada sus operaciones. La organización estaba contando con inconvenientes en la asignación de cuentas entre los empleados existentes y no estaba teniendo un plan de contratación para el departamento

comercial en función de los objetivos y metas de la organización y de la demanda a satisfacer.

Este tipo de problemas relacionados con la asignación de recursos de manera eficiente, en este caso especial el factor recurso humano, para los diferentes procesos de las organizaciones, son el principal enfoque de la investigación de operaciones, en este desarrollo se hizo uso de la programación lineal a través de un desarrollo de un modelo de programación entero mixto y el uso de softwares computacionales como lo fue en este caso GAMS, que sirvió como apoyo para realizar los cálculos con mayor precisión y de manera eficiente que permitió brindarle una solución óptima al problema que se estaba teniendo con respecto a la asignación de cuentas en la organización.

VI. TRABAJOS FUTUROS

Con los resultados obtenidos al finalizar este trabajo vale la pena establecer la línea de acción que debe seguirse en este campo, ya que los resultados de solicitudes de nuevos perfiles presentan unos resultados interesantes, especialmente al tener en cuenta la experiencia previa de los perfiles que se han podido conseguir en la empresa, en los cuales se observa que el modelo brinda unos perfiles con los que no se cuentan en la organización debido a la dificultad que se tiene por factores sociales que se consigan este tipo de empleados, así pues, se hace necesario establecer un planes de contrataciones que permitan incentivar la formación de vendedores con estos perfiles que suelen no ser tan comunes, de tal manera que se pueda reducir el personal con el cual es necesario trabajar y lograr negociaciones que beneficien tanto al trabajador como al contratista.

La ampliación de este modelo se puede aplicar al área comercial en función de poner ciertos pesos a cada una de las cuentas y lograr con esto una clasificación de estas para identificar las cuentas estratégicas, las cuentas nuevas y las cuentas que tienen una mayor oportunidad de establecer negocios. De la misma manera, este tipo de modelos se pueden aplicar para el establecimiento de las metas comerciales de los asesores en función de la cantidad de cuentas asignadas y de las características de estas.

Este tipo de modelos pueden ser aplicados también a otro tipo de organizaciones y compañías que manejen un departamento comercial y cuentas a atender, esto facilitará el plan de asignación de sus clientes y de la misma manera apoyará el proceso de contratación de personal de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. Sanchez Gomez, "Propuesta De Un Modelo De Carga Docente, Para La Optimización En Asignación De Recursos Pedagógicos, En La Gestión De Calidad De La

Oferta Académica. Un Estudio En La Carrera De Climatización Del Área Mecánica De Inacap Santiago Sur,” 2017.

- [2] J. Miranda and F. Palacios, “Programación entera para el diseño de jornadas laborales de reponedores en la industria del retail,” 2017.
- [3] J. Cuycaposa Rojas and J. Cuycaposa Rojas, “Optimización en la programación de horarios de editores y asignación de islas de edición, para la postproducción de programas de un canal de televisión en Lima, aplicando programación lineal entera,” *Repos. Tesis - UNMSM*, 2016.
- [4] J. Arias-Osorio, D. Karina Bautista, and C. C. Meneses-Pico, “Revisión de literatura sobre los modelos de optimización en programación de turnos de enfermería,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 18, no. 2, pp. 245–258, Jan. 2018.
- [5] I. I. Cartes Rubilar, “Algoritmo GRASP para la programación de cirugías electivas en un hospital público chileno,” 2016.
- [6] G. E. Fernández, “Asignación de horarios y descansos. Mejora de la productividad en la línea de cajas de un hipermercado,” 2018.
- [7] A. Neumaier, O. Shcherbina, W. Huyer, and T. Vinkó, “A comparison of complete global optimization solvers,” *Math. Program.*, vol. 103, no. 2, pp. 335–356, Jun. 2005.
- [8] M. R. Bussieck, M. C. Ferris, and A. Meeraus, “Grid-Enabled Optimization with GAMS,” *INFORMS J. Comput.*, vol. 21, no. 3, pp. 349–362, Aug. 2009.