



Aplicación de un Modelo de Programación Lineal para la Optimización de Camas Hospitalarias en los Principales Hospitales del Ministerio de Salud de Panamá, 2019

Application of a linear programming model for the optimization of hospital beds in the main hospitals of the ministry of health of Panamá, 2019

Armando Anel Gonzalez Cedeño
Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería
Armando.gonzalez@up.ac.pa
ORCID 0000-0003-2082-3138

Recibido:8/5/2022 Aceptado: 18/10/2022 Publicado: 1/2023

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

RESUMEN

La cama hospitalaria es uno de los recursos más importante del sistema hospitalario de cualquier institución de salud. La presión sobre la provisión de camas afecta la planificación estratégica y la política de admisión de los diferentes hospitales, El objetivo de este trabajo es mostrar la utilidad de la programación lineal para analizar comparativamente la productividad en el uso y la gestión del recurso cama de los hospitales nacionales de especialidades del Ministerio de Salud de Panamá en el periodo 2019. También se realizará un estudio sobre los diferentes textos científicos que han hablado sobre el tema, recopilando una cantidad aproximada de 10 artículos científicos. Se utiliza el modelo de programación lineal para analizar los indicadores de estancia, ocupación, intervalo de sustitución y egresos por cama durante un año en cada uno de los hospitales nacionales. La metodología utilizada fue el programa QM para Windows con el modelo de Programación Lineal para maximizar

las utilidades en base al número de camas hospitalarias. El resultado dado por el programa nos señala que la función objetivo del modelo se optimizará al aumentar la cantidad camas de egresados por día. En cuanto al análisis bibliométrico, el 40% de los artículos investigados que utilizan programación lineal y entera enfocan sus resultados en el área de investigación de operaciones y salud. En conclusión, si la cama de egresos de pacientes en los hospitales aumenta, la maximización de utilidades en los Hospitales mejoraría para los siguientes años posteriores.

Palabras Clave: camas disponibles, camas hospitalarias, egresos, hospitales, QM, programación lineal.

ABSTRACT

The hospital bed is one of the most important resources in the hospital system of any health institution. The pressure on the provision of beds affects the strategic planning and admission policy of the different hospitals, The objective of this work is to show the usefulness of linear programming to comparatively analyze productivity in the use and management of the bed resource of the national specialty hospitals of the Ministry of Health of Panama in the period 2019. A study will also be made on the different scientific texts that have spoken on the subject, compiling an approximate number of 10 scientific articles. The linear programming model is used to analyze the indicators of stay, occupancy, replacement interval and discharge per bed for one year in each of the national hospitals. The methodology used was the QM program for Windows with the Linear Programming model to maximize utilities based on the number of hospital beds. The result of the program indicates that the objective function of the model will be optimized by increasing the number of beds per day. Regarding bibliometric analysis, 40% of the researched articles that use linear and whole programming focus their results in the area of operations and health research. In conclusion, if the bed of discharge of patients in hospitals increases, the maximization of profits in hospitals would improve for the following years.

Keywords: available beds, hospital beds, patient discharge, hospitals, QM, Linear programming

INTRODUCCIÓN

Moreno & al. (2015) establecen que los sistemas de salud en América Latina enfrentan retos en cuanto a equidad, eficiencia y acceso a los servicios asistenciales. Conocer la forma de afrontarlos partiendo de un análisis integral que considere todos los escenarios posibles en los que se da el proceso de la atención médica, es la base para una correcta toma de decisiones en salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el Informe sobre la salud en el mundo 2013, señala que la investigación proporciona los datos científicos para definir los servicios y las políticas de apoyo que se necesitan en un entorno determinado; así como para medir los progresos que se realizan en la consecución de un objetivo, utilizando indicadores válidos y datos apropiados.

Las unidades médicas hospitalarias son espacios de atención en las que interactúan diversas especialidades médicas, así como otras disciplinas científicas de las áreas administrativas, que en su conjunto conforman la red de procesos de la atención médica siendo además el lugar donde se atienden los problemas de salud más complejos de la población.

La OMS, en su informe sobre la salud en el mundo (2010), identifica tres causas de ineficiencia en los servicios sanitarios que involucran directamente a los servicios hospitalarios: las admisiones hospitalarias, la duración de la estancia inadecuada y la subutilización de los recursos disponibles. Al ser la cama la base de la estructura hospitalaria, el análisis de los indicadores hospitalarios que miden el volumen y aprovechamiento de esta permite evaluar aspectos concretos de la eficiencia, brindando información valiosa sobre los servicios que un hospital ofrece.

Según Zapata (2013), la programación lineal da respuesta a situaciones en las que se exige maximizar o minimizar funciones que se encuentran sujetas a determinadas limitaciones, que llamaremos restricciones. La misma tiene por objeto ayudar a los responsables en las decisiones sobre asuntos en los que interviene un gran número de variables.

En este estudio de aplicación de un modelo de programación lineal para la optimización de camas hospitalarias en los principales hospitales del Ministerio de Salud de Panamá en 2019, se consideran indicadores estratégicos reportados como las camas

disponibles, los egresos, las camas días disponibles, las camas días utilizadas, de los principales hospitales nacionales de especialidades, tipo Patronatos (por su manejo a través de junta directiva independiente del Ministerio de Salud), como: el Hospital Santo Tomás, el Hospital del Niño, el Instituto Oncológico, y el Instituto de Salud Mental; y los recursos destinados a través de la adquisición de camas hospitalarias que permitan establecer el aprovechamiento óptimo por día del recurso cama a través de un paciente.

Algunas investigaciones han expuesto la evolución, los avances y algunas de ellas han reseñado aplicaciones en diferentes áreas de la economía, salud y el desarrollo de algoritmos para la resolución de modelos, como las realizadas por Orden (1993), Bodington y Baker (1990), Murphy (2005).

En cuanto al trabajo en estudio, se realizó un análisis de las publicaciones sobre la programación lineal con el fin de encontrar las diferentes áreas de aplicación y en especial, en el área de salud. Asimismo, se realiza un análisis de las técnicas abordadas para cada problemática y el año de publicación. Luego, se procedió a establecer la aplicación del modelo de programación lineal en las camas hospitalarias, tomando en consideración resultados enfocados en la función lineal, el número óptimo de camas y el costo marginal. Finalmente, se establecen conclusiones del estudio investigativo en cuanto al análisis bibliométrico y la aplicación del modelo de programación lineal en hospitales nacionales del Ministerio de Salud de Panamá.

MARCO TEÓRICO

Tague-Sutcliffe (1994) define al análisis bibliométrico como el estudio de aspectos cuantitativos de producción y disseminación y uso de información registrada, a cuyo efecto desarrolla modelos y medidas matemáticas, que sirven para hacer pronósticos y tomar decisiones en torno a tales procesos. Los primeros trabajos realizados acorde a lo que es análisis bibliométrico se remontan a los años 60, los cuales fueron resultado de mera curiosidad por entender el desarrollo científico.

Para Hillier & Lieberman (2002), el desarrollo de la Programación Lineal ha sido considerado como uno de los más significativos avances científicos de la mitad del siglo XX,

inclusive señalan que esta herramienta ha tenido un alto impacto sobre grandes ahorros en organizaciones de tamaño considerable en muchas partes del mundo.

Para Gass, S., citado por Piñeiro (2012), “el modelo de programación lineal, esto es la optimización de una función lineal sujeta a restricciones lineales, es sencillo en su estructura, pero poderoso en su adaptabilidad a un amplio rango de aplicaciones”

Es necesario que todas las funciones matemáticas en el modelo sean funciones lineales para poder ser consideradas como Programación Lineal, según Hillier & Lieberman (2002). El término Programación Lineal, continúan señalando los autores, implica la planificación de las actividades para obtener un resultado óptimo.

Ponsot y Márquez (2000), desarrollaron un modelo de programación lineal que ayuda a la Gerencia a la toma de decisiones referente a cuánto producir, cuánto demorar y cuánto almacenar en cada período, en un horizonte de planeación dado utilizando Access 97 y Excel 97, bajo la plataforma PC/ Windows 95 y/o Windows NT.

Por otro lado, Cornejo y Mejía (2006), utilizan la programación lineal entera mixta para el planeamiento de las importaciones en régimen aduanero de insumos hospitalarios, para un hospital y venta de componentes biomédicos. El modelo logró identificar que para todos los proveedores menos uno el modo de transporte más adecuado de las mercancías es el marítimo, en relación al período para las importaciones; el modelo sugiere que para la mayoría de los proveedores sea cuatrimestral. También logra redefinir la forma o mezcla de importaciones de piezas por proveedor. El ahorro total fue de US\$ 135 490 siendo un equivalente a US\$ 11 290 mensuales.

Para Gessa, Rabadán y Jurado (2008), la programación lineal sirvió de base para desarrollar un modelo cuyo objetivo era analizar las posibles alternativas para la planificación de la producción sanitaria; en este planteamiento, los autores proponen considerar las emisiones de CO₂ de las empresas como un dato de entrada “input” más del proceso de producción.

Entre las conclusiones principales de los autores se encuentran las siguientes “no tiene sentido la estructuración de modelos complejos sin haber antes resuelto la disponibilidad de la información que los nutrirá”. (Ponsot y Márquez 2000, pág 88)

MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La metodología de investigación empleada en el presente estudio fue de tipo documental, basada en la revisión y análisis de datos secundarios, provenientes de otros investigadores; como técnica de recolección de información se trabajó con el análisis documental y se empleó la técnica lógica de síntesis para el análisis de datos. (Arias, 2006) En este sentido, se realizó un estudio bibliométrico para entender las investigaciones existentes en cuanto a la programación lineal enfocada en el área de salud, las problemáticas abordadas, técnicas y áreas de aplicación. Para el proceso de recolección de datos se realizó una búsqueda sistémica en las bases de datos: Science Direct, Scielo, Redalyc y Emerald Insight.

Para el proceso de recolección de datos se usaron palabras clave tales como “linear programming”, “programación lineal en salud”, “linear programming in hospitals”, “programación lineal en hospitales”, para generar artículos científicos en el área de estudio. Al final, se obtuvieron 10 artículos relacionados al área de estudio que abarcó diferentes artículos de investigadores procedentes de diferentes países a fin de revisar el tratamiento y uso de estas herramientas con visiones geográficamente distintas; adicional a ello, se realiza una revisión de artículos de revistas científicas de divulgación de Investigación de Operaciones y del sector sanitario para observar la tendencia en las áreas en que se hace uso de la Programación Lineal, así mismo se realiza una cuantificación de la cantidad de artículos publicados por año, a fin de verificar la tendencia de las investigaciones relacionadas con este tema.

Considerando las fuentes de información, el diseño de este estudio exploratorio, teniendo como unidad de análisis la cama hospitalaria. De Registros y Estadísticas de Salud del Ministerio de Salud, se examinaron los reportes estadísticos de enero a diciembre de 2019 de los Indicadores de Hospitales Nacionales del Ministerio de Salud, que incluye variables como: camas, egresos, camas días disponibles, camas días utilizadas, presentadas en la Tabla N°1; procediéndose a obtener los resultados de los indicadores con base en la mecánica de cálculo de los mismos, señalada en el Manual Metodológico de Indicadores Médicos 2013 del IMSS y en el Manual de Indicadores para Evaluación de Servicios Hospitalarios de la

Organización Panamericana de la Salud de 2014. Los indicadores de demanda de atención médica utilizados fueron: Egresos/día, Camas ocupadas/día, Total de camas disponibles, y para valorar la utilidad, se utilizó el precio unitario por cama hospitalaria (rígidas y fijas). A continuación, se detalla cada uno de los conceptos utilizados como indicadores en el estudio:

Camas. Es la cama instalada para el uso regular de los pacientes hospitalizados (que no sean recién nacidos en el hospital) durante su estadía en el establecimiento. Se cuenta como cama de hospital: todas las camas de adultos y de niños (con o sin barandillas), las cunas de recién nacidos enfermos, las incubadoras, las camas de cuidados intensivos. No deben contarse como camas de hospital aquellas que se usan sólo temporalmente con fines de diagnóstico o tratamiento (rayos X, fisioterapia, cama de trabajo de parto, camas de recuperación postoperatoria, camillas ubicadas en la sala de emergencia donde los pacientes esperan su atención definitiva), camas para acompañantes, camas en el depósito y camas para el personal.

Camas disponibles. El número de camas realmente instaladas en el hospital, en condiciones de uso inmediato para la atención de pacientes hospitalizados, independiente de que estén ocupados o no.

El número de camas disponibles pueden variar diariamente debido a:

- Que se aumente el número de camas en la sala por aumento de la demanda, estados de emergencia, etc.
- Que se retiren camas para reparación, desinfección, pintura del local, clausura temporal del servicio.

Camas días disponibles. Unidad de medida que indica el recurso que tiene el hospital para internar pacientes. El número de camas disponibles por diversos motivos, puede variar día a día: camas en desinfección, camas en reparación, cierre temporal de algunas camas por falta de recurso, etc.

Camas días ocupadas. Es la suma de cada día que un paciente permanece hospitalizado, de acuerdo con el censo diario de pacientes. Esta información sirve de base para el cálculo del porcentaje ocupacional o índice de ocupación de camas.

Egresos. Es el registro de salida de la instalación hospitalaria de un paciente que haya ocupado una cama de hospitalización, una vez cumplido los trámites médico-administrativos establecidos para tal fin, incluyen datos de alta y muertos.

Precio de Cama Articulada: Se refiere al precio unitario basado en un promedio estándar de cama articulada hospitalaria de las adquisiciones en el 2019 de este tipo de camas según las licitaciones en el portal de Panamá Compras, y están compuestas por una estructura de madera o metálica y dispone de barandillas por uno o por ambos lados. Algunos modelos llevan ruedas incorporadas, pero suelen ser camas bastante simples, por lo que la comodidad tanto para el paciente como para el cuidador no es destacable.

Tabla N°1

Indicadores de Hospitales Nacionales del Ministerio de Salud: Año 2019

Hospitales Nacionales	Camas	Egresos	Camas días disponibles	Camas días utilizadas
Santo Tomás	675	28,320	244,600	203,190
Del Niño	424	12,892	151,440	116,568
Oncológico	163	7,001	55,680	43,589
Salud Mental	150	773	54,750	27,884

Nota: Registros y Estadísticas de Salud, Indicadores de País, Panamá 2019

Para la realización del planteamiento de un modelo de programación lineal con base a los indicadores de los Hospitales Nacionales del Ministerio de Salud en el año 2019, se procede a utilizar la equivalencia de 1 día= 365 días, y así obtener el índice de egresos por día, las

camas ocupadas por día y, por último, mantener como dato de capacidad hospitalaria, el total de camas disponibles. De igual manera, se presenta el costo que se desea generar a través de este análisis, al utilizar los precios de cama articulada para egresos en 1,695\$ y de cama articulada que está ocupada en 2,150\$.

A continuación, en la Tabla N°2, se muestra los indicadores de producción de los hospitales nacionales del Ministerio de Salud en el año 2019.

Tabla N°2
Indicadores de Producción de Hospitales Nacionales del Ministerio de Salud: Año 2019

Hospitales Nacionales	Tiempo de producción		
	Camas de egresos/día	Camas ocupadas/día	Total de camas disponibles
Santo Tomás	76	557	675
Del Niño	35	319	424
Oncológico	19	153	163
Salud Mental	2	76	150
Costos promedios	1,695\$	2,150\$	

Nota: Adaptado de Registros y Estadísticas de Salud, Indicadores de País, Panamá 2019

Planteamiento del problema

Para plantear el problema se pueden dividir las variables de decisión en:

Variables de decisión:

1. X_1 = Número de camas de egresos de pacientes en el hospital por día

2. X_2 = Número de camas ocupadas por pacientes en el hospital por día.

Función objetivo

La función objetivo estará compuesta por la ganancia obtenida en la disponibilidad de días de cama y por las variables de cada decisión, se plantea un problema centrado en la maximización.

Función objetivo:

Maximizar

$$Z = f(X_1, X_2) = 1695 X_1 + 2150 X_2$$

Debido a que cada hospital tiene especializaciones diferentes (especialidades de tercer nivel de atención, atención especializada de niños y adolescentes, especialidad oncológica y especialidad de salud mental), se requieren establecer por tipo de hospital las restricciones, en función de la capacidad en el número de camas días disponibles permitidas por hospitales para atender a los usuarios. Es necesario establecer, además, la restricción de no negatividad.

Restricciones:

1. Número máximo de camas días disponibles permitidas por hospitales al día

$$76 X_1 + 557 X_2 \leq 675$$

$$35 X_1 + 319 X_2 \leq 424$$

$$19 X_1 + 153 X_2 \leq 163$$

$$2 X_1 + 76 X_2 \leq 150$$

2. No negatividad

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

Formulación del Modelo Matemático a emplear

Se define la función objetivo a maximizar, sujeta a las restricciones que ya se definieron:

Maximizar

$$Z = 1695 X_1 + 2150 X_2$$

Sujeto a:

$$76 X_1 + 557 X_2 \leq 675$$

$$35 X_1 + 319 X_2 \leq 424$$

$$19 X_1 + 153 X_2 \leq 163$$

$$2 X_1 + 76 X_2 \leq 150$$

$$X_1 \leq 0$$

$$X_2 \leq 0$$

Programa utilizado

QM para Windows, versión 5 con función de Programación Lineal

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis bibliométrico de modelos de programación lineal aplicada en temas relacionados a la salud. En la tabla N°3 se expone un resumen de las investigaciones antes mencionadas.

Tabla N°3

Resumen de Publicaciones revisadas relacionadas con Programación Lineal y Entera

Año	Autores	País de procedencia del investigador	Problema	Técnica utilizada	Área
2022	Shams, Islam, Neela y Ashan	Bangladesh	Administración de Hospitales Privados	Programación lineal	Investigación de Operaciones y Salud
2020	Biswas y Sumaya	Bangladesh	Mejora del proceso y la calidad de la lista en un hospital	Programación lineal	Investigación de Operaciones y Salud
2009	Cuadrado y Grifin	Venezuela	Distribución e instalación de asignaciones	Programación lineal y programación lineal entera	Ingeniería de Métodos e investigación de operaciones
2009	Monoya Jairo	Colombia	Producción-distribución y localización e instalación de las asignaciones	Programación lineal binaria	Ingeniería de Métodos e investigación de operaciones
2008	Gessa, A., Rabadán, I y Jurado, J.	España	Emisiones de CO2 al ambiente debido a procesos de producción sanitaria	Programación lineal	Investigación de Operaciones/ Medio Ambiente
2007	Durán G, Gujardo M., Miranda y otros	Chile	"Health scheduling"	Programación lineal entera	Gerencia e Investigación de Operaciones
2006	Cornejo, C., y Mejía, M.	México	Planeación de importaciones	Programación lineal entera mixta	Investigación de Operaciones y Compras
2005	Mulholland, Abrahamse & Bahl	India	Recursos financieros para el hospital y los médicos	Programación lineal	Investigación de Operaciones y Salud
2002	Dexter, Blake, Penning, Sloan, Chung y Lubarsky	Estados Unidos	Estimación del impacto de los cambios en la asignación de tiempo de la sala de operaciones de un hospital	Programación lineal	Investigación de Operaciones y Salud
2000	Ponsot, E., y Márquez, V.	Venezuela	Economía de la Salud	Programación lineal	Economía e Investigación de la Salud

Nota: Elaboración propia.

Se hizo también una revisión de 10 artículos, publicados en revistas científicas en referencia a temas de la Investigación de Operaciones y la Salud, relacionados con la programación lineal; se seleccionaron aquellos artículos de modelos de programación lineal y programación lineal entera, realizando una clasificación de las áreas de aplicación. Se utilizó como criterio que la fecha de publicación del artículo fuese mayor o igual a 2000. Ver Figura N°1 y Figura N° 2.

Figura N°1

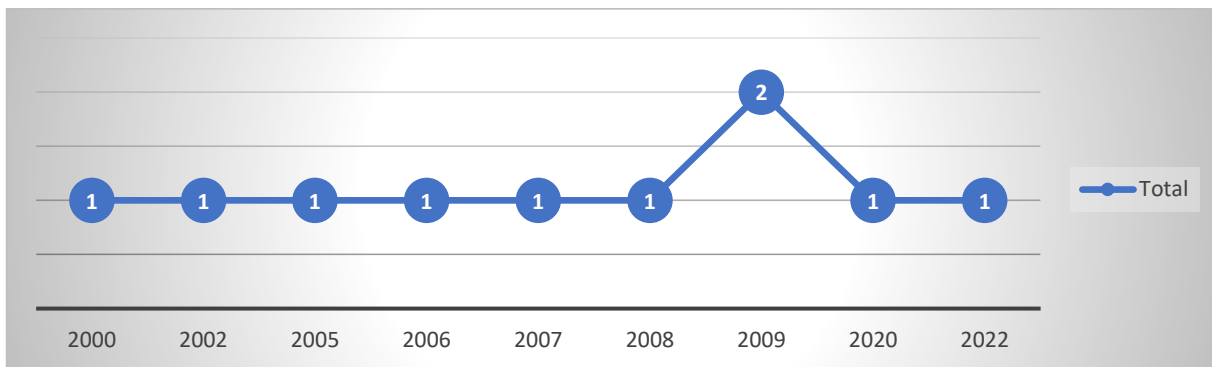
Número de Publicaciones de Programación Lineal y Programación Lineal Entera, por área en el período comprendido entre 2000-2022.



Nota: Elaboración propia.

Figura N°2

Número de Publicaciones de Programación Lineal y Programación Lineal Entera, por año.



Nota: Elaboración propia

Resultados de aplicación del modelo de programación lineal en las camas hospitalarias

Los resultados obtenidos como se muestran en la **Figura 3**, demuestran que para obtener el máximo de utilidades es tener aproximadamente 9 camas de egresos por día para así obtener 14 541.32 dólares. El costo marginal de este resultado sería de 89.91 dólares en el Hospital Oncológico.

Figura 3

Resultados obtenidos en el programa QM para Windows 5

Linear Programming Results					
Hospitales Solution					
	X1	X2		RHS	Dual
Maximize	1695	2150			
Santo Tomás	76	557	<=	675	0
Del Niño	35	319	<=	424	0
Oncológico	19	153	<=	163	89.21
Salud Mental	2	76	<=	150	0
Solution->	8.58	0		14541.32	

Nota. Elaboración Propia a partir de los datos de la Tabla N. 2

El número de interacciones para la realización de este modelo fueron de 3 matrices para alcanzar la cantidad óptima de camas por día como lo muestra en la **Figura 4**.

Figura 4

Tabla de iteraciones para obtener los resultados

Cj	Basic Variables	Quantity	1695 X1	2150 X2	0 slack 1	0 slack 2	0 slack 3	0 slack 4
Iteration 1								
0	slack 1	675	76	557	1	0	0	0
0	slack 2	424	35	319	0	1	0	0
0	slack 3	163	19	153	0	0	1	0
0	slack 4	150	2	76	0	0	0	1
	zj	0	0	0	0	0	0	0
	cj-zj		1,695	2,150	0	0	0	0
Iteration 2								
0	slack 1	81.5948	6.8301	0	1	0	-3.6405	0
0	slack 2	84.1503	-4.6144	0	0	1	-2.085	0
2150	X2	1.0654	0.1242	1	0	0	0.0065	0
0	slack 4	69.0327	-7.4379	0	0	0	-0.4967	1
	zj	2,290.5229	267	2150	0	0	14.05	0
	cj-zj		1,428.0065	0	0	0	-14.0523	0
Iteration 3								
0	slack 1	23.0	0	-55.0	1	0	-4.0	0
0	slack 2	123.7368	0	37.1579	0	1	-1.8421	0
1695	X1	8.5789	1	8.0526	0	0	0.0526	0
0	slack 4	132.8421	0	59.8947	0	0	-0.1053	1
	zj	14,541.31...	1695	13649.21	0	0	89.21	0
	cj-zj		0	-11,499.2...	0	0	-89.2105	0

Nota: Elaboración Propia a partir de los datos de la Tabla N. 2

El rango de los resultados que muestra la **Figura 5** que muestra:

- Cuanto puedo elevar o bajar el costo para mantener el número óptimo de camas
- Total de camas disponibles por hospitales

Figura 5

Rango del resultado óptimo de camas

Variable	Value	Reduced Cost	Original Value	Lower Bound	Upper Bound
X1	8.58	0	1695	267	Infinity
X2	0	11499.21	2150	-Infinity	13649.21
	Dual Value	Slack/Surp...	Original Value	Lower Bound	Upper Bound
Santo Tomás	0	23	675	652	Infinity
Del Niño	0	123.74	424	300.26	Infinity
Oncológico	89.21	0	163	0	168.75
Salud Mental	0	132.84	150	17.16	Infinity

Fuente. Elaboración Propia a partir de los datos de la Tabla N. 2

En la **Figura 6** nos indica el listado de los hospitales que utilizaron todas las camas, como se puede apreciar en el “Slack 3” utilizó el total de camas disponibles que fue en el Hospital Oncológico con costo de 89.21 dólares.

Figura 6

Lista de recursos del resultado óptimo de camas

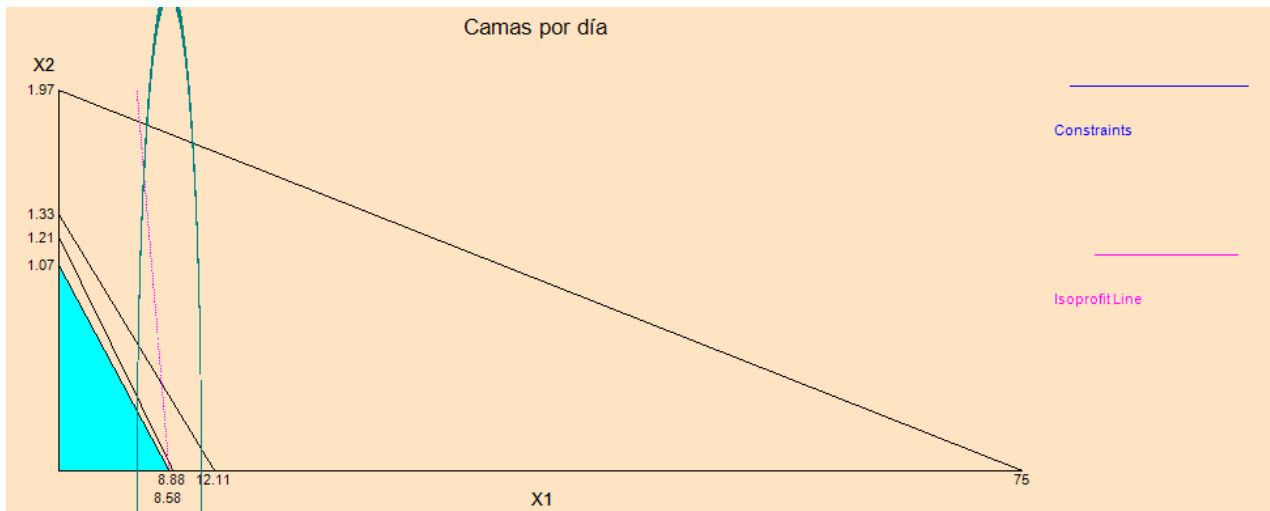
Variable	Status	Value
X1	Basic	8.58
X2	NONBasic	0
slack 1	Basic	23
slack 2	Basic	123.74
slack 3	NONBasic	0
slack 4	Basic	132.84
Optimal Value (Z)		1454...

Nota Elaboración Propia a partir de los datos de la Tabla N. 2

Como muestra la **Figura 7**, en esta gráfica se muestra en el relleno de color celeste, es el máximo de utilidades entre las dos variables del modelo. El círculo representa un número óptimo que son las 9 camas de egresos por día.

Figura 7

Gráfica de los resultados obtenidos.



Nota. Elaboración Propia

Si este rango llega a cambiar, muchos de los valores como la función lineal, el número óptimo de camas y el costo marginal van a ser diferentes.

En el caso que quiero aumentar o disminuir el total de camas disponibles sin afectar mi costo marginal este tiene un rango para cada uno de los hospitales:

- Santo Tomás: Mayor o igual 652
- Del Niño: Mayor o igual 300.26
- Oncológico: Mayor o igual a 0 ó Menor o igual 168.45
- Salud Mental: Mayor o igual 17.16

CONCLUSIONES

La revisión de los diferentes documentos ha servido de base para concluir que la Programación Lineal son modelos matemáticos que aún tienen vigencia en el mundo actual, y específicamente tienen amplio uso en aplicaciones de la Ingeniería Industrial como en la salud, la logística, la producción, mezcla de productos y en servicios muy orientados a resolver los problemas de asignaciones de igual manera.

En conclusión, para obtener el resultado óptimo en recursos de los hospitales nacionales de especialidades más que todo se tiene que verificar las condiciones que involucran en mejorar la demanda de atención médica de la población panameña, para esto

es importante incluir la ocupación de una cama posterior a un egreso que no es inmediata con base al indicador de camas ocupadas por día, debido a la complejidad de los padecimientos que se atienden en los servicios, derivado de la actual carga de enfermedad en la población panameña, sin embargo, se abre una ventana de oportunidad para la revisión, entre otros condicionantes, de los protocolos de atención médica con los que los pacientes son atendidos.

Con esto desarrollado, si la cama de egresos de pacientes en los hospitales aumenta, la maximización de utilidades en los hospitales nacionales de especialidades del Ministerio de Salud de Panamá mejoraría para los siguientes años posteriores.

También es importante considerar que la Programación Lineal y la Programación Lineal Entera, pueden integrarse a otros nuevos modelos de vanguardia y dar soporte o formar parte de soluciones en diferentes fases de la resolución de modelos complejos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). El proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. Quinta Edición. Caracas. Editorial Episteme.
- Biswas, T. & Sumaya, A. (2020). A Linear Programming Problem Analysis for Improving the Process and Quality of Nurse Rostering in the Covid-19 Unit of a City Hospital. *Proceedings of the International Conference on Industrial & Mechanical Engineering and Operations Management Dhaka, Bangladesh, December 26-27, 2020*. <http://www.ieomsociety.org/imeom/174.pdf>
- Bucci, N., & Terán, A. (2008). Nuevas Responsabilidades de los Ingenieros. Revista Universidad, Ciencia y Tecnología. 12 (47), 113- 118. Recuperado el 07 de septiembre de 2022, de: <http://www.scielo.org.ve/pdf/uct/v12n47/art09.pdf>
- Castillo, E., Conejo, A. Pedregal, P., García, R y Alguacil, N. (2002). Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia. Recuperado el 07 de septiembre de 2022, de: [http:// www.investigacion-operaciones.com/Libro/LibroCompleto.pdf](http://www.investigacion-operaciones.com/Libro/LibroCompleto.pdf)
- Cornejo, C., y Mejía, M. (2006). Formulación de un modelo de programación lineal entera mixta para el planeamiento de las importaciones en régimen aduanero definitivo para una Empresa de Producción Sanitaria. Recuperado el 08 de septiembre de 2022, de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81690206>

- Cuadrado, M. y Griffin, V (2009). Modelos Matemáticos para la optimización de la Distribución en Venezuela. Caso: Clover Internacional, C.A. *Revista Actualidad y Nuevas Tendencias*, 1 (1), p.53- 63
- Franklin et al. (2002). Use of Linear Programming to Estimate Impact of Changes in a Hospital's Operating Room Time Allocation on Perioperative Variable Costs. *Anesthesiology* 2002; 96:718–724 doi: <https://doi.org/10.1097/00000542-200203000-00031>
- Gessa,A., Rabadan, I (2009). La Planificación de la Producción y las emisiones de CO₂. Implicaciones del Protocolo de Kioto. *Revista DYNA Ingeniería e Industria Vol.84-2 p.119-127*. Recuperado el 10 de septiembre de 2022, de: <http://www.revistadyna.com/Dyna/cms/articulos/FichaArticulos.asp?IdMenu=10&IdDocumento=2452&IdEjemplar=242>
- Ministerio de Salud. (2007). Informe de Análisis de Situación de Salud (ASIS) 2006-2007. Recuperado el 03 de septiembre de 2022 de: <https://www.minsa.gob.pa/informacion-salud/analisis-de-situacion-de-salud-asis>
- Ministerio de Salud. (2015). Informe de Producción de Hospitales Nacionales 2015. Recuperado el 03 de septiembre de 2022 de: <https://www.minsa.gob.pa/informacion-salud/informes-preliminares>
- Ministerio de Salud (2019). Informe de Estadísticas de Salud 2019. Recuperado el 03 de septiembre de 2022 de: <https://www.minsa.gob.pa/informacion-salud/indicadores-de-salud>
- Montoya, J. (2009) Resolución del problema de redes de producción distribución internacionales para una empresa multinacional colombiana. *Revista pensamiento & Gestión*, 27. *Universidad del Norte*, 105- 131. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64612782004>
- Moreno. (S.F.). Medigraphic. Definiciones de Servicios de Producción en Salud. Recuperado el 03 de septiembre de 2022 de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2015/im155j.pdf>
- Mulholland, M. W., Abrahamse, P., & Bahl, V. (2005). Linear programming to optimize performance in a department of surgery. *Journal of the American College of Surgeons*, 200(6), 861–868. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2005.01.001>

- Ponsot, E. y Márquez, V (2000). Modelo de Programación lineal de la producción, integrado en un sistema computarizado de producción, inventario y ventas sanitarias. Recuperado el 11 de septiembre de 2022 de: http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_16/Pdf/rev16Ponsot.pdf.
- Shams J., Islam, S. & al. (2022). Application of Linear Programming in Management of Private Hospital. *Institute of Education and Research* https://www.researchgate.net/publication/359974752_Application_of_Linear_Programming_in_Management_of_Private_Hospital
- SOFTWARE.INFORMER. (s.f.). QM. Recuperado el 03 de septiembre de 2022 de: <https://qm-for-windows.software.informer.com/download/?Lang=es>
- World Health Organization. (2010). Obtenido de World Health Organization. Recuperado el 03 de septiembre de 2022 de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44373>
- Zapata, C. (2013). Programación lineal en la Investigación de Operaciones. Recuperado el 02 de septiembre de 2022 de: <https://www.gestiopolis.com/programacion-lineal-en-la-investigacion-de-operaciones/>