

Optimización del sistema de egreso en la Clínica Bolivariana



**Osneider
Guzmán Salas†**

Universidad Pontificia Bolivariana



**Ángela
Giraldo García**

Universidad Pontificia Bolivariana



**Valentina
Jiménez Ceballos**

Universidad Pontificia Bolivariana



**Javier
Fernández Ledesma**

Universidad Pontificia Bolivariana



La estimación del comportamiento de variables y la búsqueda de su punto óptimo tienen como fin ayudar al rendimiento esperado de las empresas; por lo cual, este procedimiento se convierte en un elemento relevante para la planeación estratégica organizacional. En este sentido, este artículo analiza el proceso de egreso de pacientes en la clínica UPB utilizando la frecuencia relativa, con el objetivo de crear un modelo lineal que describa el comportamiento de los datos y buscar el óptimo para que permita realizar un control sobre el tiempo y los costos que debe tomar el proceso de acuerdo con el tipo de cama en la que se encuentre el paciente.

PALABRAS CLAVE: modelo lineal, punto óptimo, tiempo, costo.

RESUMEN

ABSTRACT

The behavior estimation of variables and search for their optimal value are intended to help the expected performance of companies; Therefore, this procedure becomes a relevant element for strategic organizational planning. In this sense, this article analyzes the process of patient discharge in the UPB clinic using the relative frequency, with the aim of creating a linear model that describes the behavior of the data and search for the optimum so that it allows to control the time and cost that the process must take according to the type of bed in which it is found. the patient.

KEYWORDS: linear model, optimum point, time, cost.



1. Introducción

Se analiza el sistema de egresos de la clínica bolivariana para un período semestral (comprendido entre enero y junio de 2017), lográndose a la par de la caracterización del proceso de obstetricia, la optimización del mismo con base en la solución de algunas problemáticas manifiestas a nivel de la gestión de operaciones:

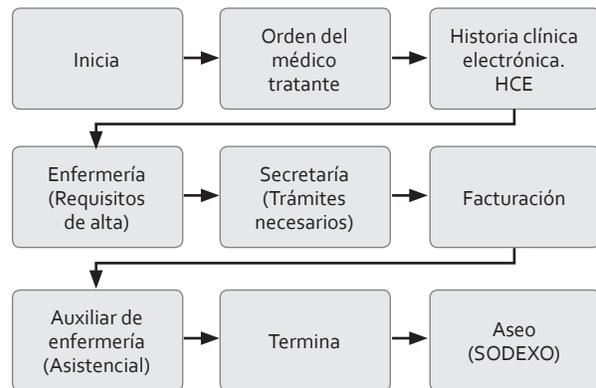
- Tardanza en la despedida del paciente.
- Cuello de botella en el área de hospitalización.
- Restricción en el número de camas.
- Soporte financiero limitado.

El objetivo de este estudio es realizar un diagnóstico integral del sistema de egreso que genere un impacto social en la comunidad. Para lograr este objetivo se realizó una toma de datos de variables previamente identificadas mediante minería de datos del sistema y además se le solicitó a la clínica información relevante. Lo anterior con el fin de mejorar el sistema de información identificando puntos estratégicos, personas clave, oportunidades de mejora, que permitan modelar y analizar el sistema para poder optimizarlo.

Según la investigadora de enfermería Laura, el proceso de egreso se muestra en la figura 1. Esta primera identificación de la estructura del proceso se realiza con el fin de contextualizar a los estudiantes sobre el trabajo a realizar, debido a que el personal de la clínica considera que sus procesos se encuentran estandarizados.

De acuerdo con la figura. 1, el proceso inicia cuando llega un paciente, luego el médico tratante valora al paciente de acuerdo con los síntomas que presente, se le realizan las intervenciones necesarias en pro de su bienestar; un paciente puede ser intervenido por varios especialistas; sin embargo, el único que puede dar la orden de alta es el médico tratante. El mecanismo utilizado para registrar las notas de evolución y la orden de alta es la HCE.

FIGURA. 1. PROCESO EGRESO



Fuente: Elaboración propia.

Cuando el enfermero jefe verifica en el sistema la orden de alta (en algunos casos la comunicación es verbal) comienza el proceso asistencial para que el paciente se pueda ir. Se realizan los trámites administrativos que requieren al acompañante y la facturación. Cuando se han cancelado los servicios prestados, se comunica a los auxiliares de enfermería para el retiro de equipos. Luego llegan los camilleros, y el proceso termina cuando el paciente sale por la puerta principal.

Este artículo se estructura de la siguiente forma: en la sección 2, antecedentes se presentan los trabajos previos que han abordado el estudio de un sistema de egreso, luego en la sección 3 de marco teórico se definen los conceptos básicos sobre los que se desarrolla el análisis. Posteriormente, en la sección 4 se realiza el análisis del sistema de egreso, se presenta la obtención de los datos y su respectivo análisis y se procede a ajustar el modelo multiobjetivo a optimizar. Finalmente se analizan los resultados del modelo en la sección 5, y se concluye en la sección 6.



2. Antecedentes

Sobre el proceso de egreso de pacientes hospitalizados se han hecho muchos estudios que muestran los instrumentos utilizados para evaluar el proceso de egreso, la importancia de los planes de egreso, su percepción y los resultados que se han obtenido por medio de ellos.

Sánchez, Carrillo y Barrera hicieron una revisión bibliográfica sobre "el plan de transición y egreso hospitalario y su efecto en el cuidado de la salud (p.13)"; encontraron estudios cuyo énfasis es la falta de lineamientos en los planes de egreso. Por ejemplo, Chan et al (2012) hicieron un estudio para identificar los motivos de readmisión hospitalaria de 4101 pacientes con problemas cardiacos, y encontraron que 24,7% de los pacientes fueron readmitidos, debido a que los planes de egreso varían sin tener una directriz claramente establecida.

También Watts et al (2005) hicieron un estudio para analizar cómo las enfermeras de cuidado crítico definen el plan de egreso, su proceso de planeación, y cuál es su percepción sobre este. El estudio incluyó a 218 enfermeras de cuidado crítico en Australia y encontró que un número significativo de enfermeras reporta que no hay plan de egreso y no saben qué debe contener. Quienes sí lo reportan evidencian tres temas comunes: énfasis en el traslado de los pacientes al servicio de hospitalización, asegurar una transición amable y armónica y realizar la transición por requerimiento de camas para otros pacientes.

En la revisión encontraron estudios que explican los instrumentos utilizados para medir el egreso hospitalario, como el propuesto por Hadjistavropoulos et al (2009), que consiste en una lista de chequeo para el cuidado continuo, que es una herramienta que surgió para apoyar a las enfermeras en la revisión del cuidado de pacientes de ortopedia. Incluye aspectos de percepción de suministro de información, comunicación entre el hospital y las agencias de cuidado y continuidad en el cuidado.

En cuanto a las características de los planes de egreso, encontraron que de acuerdo con Brand (2006) es necesario contar con un equipo interdisciplinario con una alta capacidad de tomar decisiones y una adecuada comunicación de las enfermeras con los médicos. Enfermería asume un rol administrativo en la coordinación de programas de egreso.

Finalmente, en cuanto a la efectividad de los planes de egreso encontraron que Koelling et al (2005) hicieron un estudio para determinar el efecto de la educación del egreso para pacientes con falla cardiaca. Seleccionaron al azar 223 pacientes y 107 de ellos fueron escogidos para recibir una educación de una hora con una enfermera educadora. A todos los pacientes se les hizo una llamada a los 30, 90 y 180 días para saber sobre eventos clínicos, síntomas y prácticas de autocuidado. Y encontraron que en los pacientes del grupo muestra disminuyeron el número de días de hospitalización y la mortalidad, además hubo menos riesgo de complicación (Sánchez, Carrillo y Barrera, 2014).

3. Marco teórico

En los problemas de optimización se identifican 3 elementos que son básicos y fundamentales para poder encontrar la solución, estos son: la función objetivo, las variables y las restricciones (Fernández, 2012).

La función objetivo es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar (Ramos, Sánchez, Ferrer, Barquín y Linares, 2010), es decir, minimizar o maximizar; por ejemplo, minimizar los costos de operación, minimizar los insumos requeridos para la elaboración de un producto, minimizar los tiempos de la prestación de un servicio, maximizar las ventas, maximizar la eficiencia de los trabajadores, maximizar el grado de satisfacción de los clientes.



Las variables representan las decisiones que se pueden tomar para optimizar el valor de la función objetivo. También se pueden definir como las políticas que buscan regular el rendimiento del sistema (Baquela y Redchuk, 2013). Por ejemplo, definir la cantidad de operarios y horas trabajadas para producir lo máximo posible en una planta; establecer la cantidad de harina, huevo y otros ingredientes para producir panes que cumplan con las especificaciones de calidad; definir las camas necesarias para optimizar el proceso de egreso en una clínica, entre otros.

Y finalmente, las restricciones son las relaciones matemáticas que las variables deben satisfacer. La RAE define *restricción* como una serie de limitaciones impuestas al suministro o al consumo. Las restricciones pueden expresarse en forma de igualdades, o en forma de desigualdades. Por ejemplo, el total de los pasivos en una organización debe ser igual a la diferencia entre el total de los activos y el patrimonio; la demanda debe ser menor o igual a la capacidad de producción en el caso de las empresas que prefieren no tercerizar; las ventas deben ser mayores o iguales a los costos asociados de la operación, para lograr la supervivencia en las organizaciones; entre otros. El objetivo entonces de la optimización es encontrar el valor que deben tomar las variables para maximizar o minimizar (dependiendo el caso) la función objetivo, satisfaciendo el conjunto de restricciones que se tengan (Ramos, Sánchez, Ferrer, Barquín y Linares, 2010).

La metodología para resolver un problema de optimización es la siguiente: en primer lugar, se formula el problema, es decir, se construye el problema de decisión por medio de una sentencia o expresión, identificando si se trata de un problema de maximización o de minimización. Luego se modela el problema, por medio de modelos matemáticos. Después se optimiza el problema encontrando la solución óptima. Y finalmente, el tomador de decisiones pone en práctica la solución óptima (Fernández, 2012).

4. Análisis del sistema de egreso

Lo que se busca es minimizar una función de tiempo Z . Como se muestra en las ecuaciones (1).

$$\text{Min } Z = t_i X_i \quad (1)$$

Donde X_i es el número de camas disponibles en el tiempo i y t_i la función tiempo.

La función de tiempo está sujeta a las siguientes restricciones como se muestra en las ecuaciones (3) y (4).

$$\sum X_i \leq W_i \quad (3)$$

Donde W_i es el número de camas disponibles en el área de hospitalización.

$$\sum t_i X_i \leq T_i \quad (4)$$

Donde T_i es la disponibilidad horaria de las camas.

4.1 Obtención de datos

El formulario de recolección de datos para el proyecto "Caracterización del proceso de egreso de pacientes hospitalizados en el servicio de medicina interna de la clínica universitaria bolivariana" (ver la tabla 1) se estableció mediante minería de datos, como se mencionó en la primera sección, y se utiliza para realizar los análisis posteriores.

Cuando se realizó la toma de datos de tiempo en campo se contextualizó la información anterior, por lo que posteriormente se tomaron decisiones de eliminación de ciertas variables con el apoyo del docente a cargo. Se describirán entonces las variables eliminadas y la razón de ello. Se presentará la rúbrica final utilizada para tomar los datos de tiempos en la tabla 2.



TABLA 1. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

VARIABLE	
1	Fecha de diligenciamiento
2	Hora en que inicia la observación
3	Hora en que finaliza la observación
4	Edad del paciente
5	Lugar de residencia del paciente
6	Entidad promotora de salud (EPS)
7	Diagnóstico principal
8	Diagnóstico relacionado
9	Orden verbal de alta al jefe de servicio
10	Fecha y hora de orden verbal de alta
11	Evolución médica
12	Registro de la orden de alta
13	Verificación de órdenes
14	Informe al auxiliar de enfermería
15	Informe a secretaria
16	Trámites administrativos pendientes
17	Tipo de trámite administrativo
18	Acompañante
19	Tiempo de llegada del acompañante
20	Devolución
21	Inicio del proceso de facturación
22	Informe del proceso de pago al acompañante
23	Entrega de recibo por el acompañante
24	Retiro de dispositivos y educación
25	Informe a camillero
26	Llegada del camillero
27	Egreso del paciente

Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, la *fecha de diligenciamiento*, la *hora en que inicia la observación* y la *hora en que finaliza la observación* no se utilizarán para la sección 4.3, donde se modelará el sistema mediante la función multiobjetivo, pero sí requiere constatarlos en la rúbrica debido a los posteriores análisis que se realizarán en la sección 5.

Ahora, las variables 4-8, *Edad del paciente*, *lugar de residencia del paciente*, *entidad promotora de salud (EPS)*, *diagnóstico principal* y *diagnóstico relacionado*, se eliminaron de la rúbrica debido a que para esta aplicación solo se requerirán datos numéricos que nos permitan desarrollar con éxito

el objetivo de la aplicación de la optimización a este entorno específico.

En el caso de la variable *orden verbal de alta al jefe de servicio* no se tiene en cuenta debido a que es una variable cualitativa. También se elimina la variable *fecha y hora de orden verbal de alta*, que está ligada a la anterior, porque se identificó cuando se realizó la toma de datos que no en todos los procesos de egreso se realizaba una orden verbal por parte del médico tratante al jefe de enfermería de piso.

La *evolución médica* es una variable en la cual el médico tratante registra una nota de evolución donde indica el alta del paciente. El problema con esta variable es que hasta que no se realiza el registro del alta del paciente en el sistema el jefe de piso no identifica que el paciente está dado de alta para continuar con los procesos del sistema de egreso, hasta que aparece en el sistema o el médico tratante le comunica verbalmente. Lo anterior puede tardar un período de tiempo que no puede cuantificarse porque cuando se realizan las dos rondas del médico tratante este puede revisar a todos los pacientes antes de registrar las órdenes de alta o por motivos de otros procesos de la clínica no se registra hasta que se realiza la última ronda del día, o por el contrario realiza la orden verbal inmediatamente al jefe de piso y el paciente entra a proceso de egreso. Por lo tanto, la toma de datos comienza desde la siguiente variable: *registro de la orden de alta*, donde efectivamente se constata en el sistema que el paciente puede continuar con el sistema de egreso, y es el punto de partida para los demás procesos.

Continuando con el proceso, se tendrá en cuenta la variable *verificación de órdenes*, donde el jefe de piso es consciente del alta del paciente por la verificación del alta en el sistema realizada anteriormente por el médico tratante. También, el *informe al auxiliar de enfermería* donde el jefe de piso informa al auxiliar de enfermería que el paciente se encuentra en proceso de alta.

Como los procesos en la clínica se realizan simultáneamente para continuar con un orden de pro-



cesos se analizarán posteriormente las variables 15-23 y se continuará con la variable *retiro de dispositivos y educación realizada por el auxiliar de enfermería*, que se realiza después de la notificación del jefe de piso y cuando es posible de acuerdo con condiciones médicas.

Se retoma desde la variable 21, *inicio proceso de facturación*, donde la secretaria realiza los procesos pertinentes para continuar con la facturación del servicio. Cuando esto está listo se realiza el informe del proceso de pago al acompañante, y esta variable 22 se divide en dos tiempos al identificar el momento en que la secretaria llama al acompañante para que se acerque para empezar el proceso de facturación y el momento en que este efectivamente llega. Luego, se continúa normalmente con la variable 23: *entrega de recibo por el acompañante*, el cual después de desplazarse a la taquilla de facturación del primer piso y después de empezar el proceso de facturación con la secretaria regresa para hacer efectivo el pago del servicio.

Las últimas tres variables se tendrán en cuenta para la finalización del proceso: el *informe a camillero* (cuando todas las variables anteriores se encuentran al día se procede a llamar a un camillero para la ayuda en el desplazamiento hacia la salida del paciente), la *llegada del camillero* (cuando efectivamente llega al piso) y el *egreso del paciente* (que se tomará cuando el paciente sale del piso).

Las variables 15-20 se eliminaron de la rúbrica. La variable *informe a secretaria* no se tiene en cuenta porque puede ocurrir que el jefe del servicio informa a la secretaria del servicio de alta verbalmente o ella misma se da cuenta, ya que puede verificar también en el sistema el registro de la orden del alta por el médico tratante. Además, se encuentran en el mismo espacio de trabajo, por lo que la comunicación puede realizarse de manera instantánea. La variable *trámites administrativos pendientes* es cualitativa. La variable *tipo de trámite administrativo* es compleja e influye en el sistema significativamente porque diferentes trámites tendrán diferentes procesos

y algunos requerirán más tiempo que otros, pero se desconocen todos los tipos de trámites administrativos que existen y por cada paciente pueden presentarse trámites diferentes. La variable *acompañante* es cualitativa, pero debe tenerse en cuenta que si no está presente no es posible iniciar el proceso de facturación. La variable *tiempo de llegada del acompañante* no nos interesa debido a que se identificaron acompañantes que se encontraban en la clínica desde hacía incluso semanas. Por último, la variable *devolución* no se tendrá en cuenta porque la devolución de ciertos medicamentos correspondientes a cada paciente se realiza aunque el paciente ya no se encuentre en las instalaciones de la clínica.

Por lo tanto, y de acuerdo con todo lo enunciado anteriormente, la nueva rúbrica para la toma de datos de tiempos se muestra en la tabla 2.

TABLA 2. NUEVO FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

VARIABLE	
1	Fecha de diligenciamiento
2	Hora en que inicia la observación
3	Hora en que finaliza la observación
4	Registro de la orden de alta
5	Verificación de órdenes
6	Informe auxiliar de enfermería
7	Retiro de dispositivos y educación
8	Inicio del proceso de facturación
9	Llamada al acompañante por parte de la secretaria
10	Llegada del acompañante al módulo de la secretaria
11	Entrega de recibo por el acompañante
12	Informe a camillero
13	Llegada del camillero
14	Egreso del paciente

Fuente: Elaboración propia.

La anterior información se estructurará en 4 bloques en la tabla 3: médico tratante, enfermería, administrativo y salida, para identificar en forma macro los componentes del sistema de egreso.



TABLA 3. PROCESO MACRO EGRESO

MÉDICO TRATANTE		ENFERMERÍA			ADMINISTRATIVO			SALIDA		
Registro orden alta	Verificación órdenes	Informe auxiliar enfermería	Retiro de dispositivos -educación	Inicio proceso facturación	Llamada acompañante	Llegada acompañante	Entrega recibo por acompañante	Informe camillero	Llegada camillero	Egreso paciente

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, se constatan los datos de los tiempos tomados (ver la tabla 4) según los bloques anteriormente enunciados del proceso de egreso para trece pacientes en los días 26 y 28 del mes de marzo del 2018.

TABLA 4. DATOS DE TIEMPO EN MINUTOS

MÉDICO TRATANTE	ENFERMERÍA	ADMINISTRATIVO	SALIDA
9:45	9:50 14:41 15:05	12:15 13:50 14:32 15:30	15:37 15:41
8:27	9:50 10:00 11:50	11:16 11:20 11:31 12:05	12:09 12:09
6:49	9:50 14:41 15:08	11:50 14:10 14:34 15:40	15:50 15:52
7:51	9:50 12:14 12:30	11:37 12:09 12:17 12:47	12:51 12:52
10:51	9:50 13:17 15:06	12:32 13:10 13:30 15:10	15:22 15:24
11:12	9:50 12:26 13:04	12:21 12:24 12:29 13:06	13:11 13:13
10:19	9:50 12:14 12:28	11:23 11:33 11:42 12:51	12:57 12:58
7:50	9:50 11:32 13:15	10:53 12:26 12:33 13:21	13:23 13:23
8:37	9:50 11:09 11:56	11:09 11:14 11:31 13:01	13:08 13:13
9:11	9:24 10:15 11:28	9:11 9:15 9:44 11:39	11:40 11:44
11:07	11:48 11:50 12:09	11:16 11:24 11:39 13:00	13:04 13:05
8:59	9:24 10:15 10:40	9:38 9:15 10:18 10:42	10:47 10:50

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información anterior se extrae la duración en minutos de cada uno de los bloques del proceso de egreso de la clínica UPB y el total de este; estos datos se plasman en la tabla 5.

Por otra parte, se solicitó a la empresa proporcionar la información de los costos del sistema de egreso de acuerdo con las operaciones definidas en la tabla 3, con el fin de realizar los análisis necesarios del estudio. Esta información se presenta en la figura 2, mediante la cual se extrajeron los costos por minuto de cada una de las operaciones del sistema de egreso que se muestran en la tabla 6.

TABLA 5. DATOS DE TIEMPO DE LOS BLOQUES EN MINUTOS

MÉDICO TRATANTE	ENFERMERÍA	ADMINISTRATIVO	SALIDA	TOTAL
5	315	137	11	468
83	120	15	4	222
181	318	164	12	675
119	160	40	5	324
61	316	58	14	449
82	194	8	7	291
29	158	19	7	213
120	205	100	2	427
73	126	22	12	233
13	112	33	5	163
41	21	23	5	90
25	76	40	8	149

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 6. COSTOS EN PESOS ASOCIADOS A TIEMPO DE OPERACIÓN

MÉDICO TRATANTE	ENFERMERÍA	ADMINISTRATIVO	SALIDA
5.455	159.483	6.977	1.989
90.550	60.756	764	723
197.465	161.002	8.352	2.170
129.825	81.007	2.037	904
66.549	159.990	2.954	2.532
89.459	98.221	407	1.266
31.638	79.995	968	1.266
130.916	103.791	5.093	362
79.641	63.793	1.120	2.170
14.183	56.705	1.681	904
44.730	10.632	1.171	904
27.274	38.479	2.037	1.447

Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 2. COSTOS DEL SISTEMA DE EGRESO

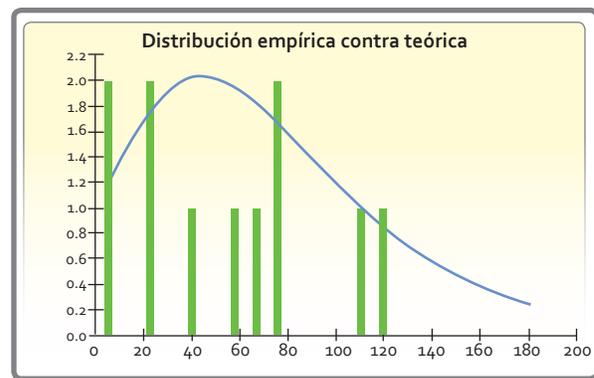
Número de camas por piso (donde se tomaron los datos), número de habitaciones de ser necesario	32 camas	
	14 bipersonales	
	2 unipersonales	
Número de empleados por piso (de donde se tomaron los datos)	Turno día (12 horas)	Turno noche (12 horas)
	1 médico internista	1 jefe de enfermería
	1 jefe de enfermería	3 auxiliares de enfermería
	4 auxiliares de enfermería	
	1 secretaria	
Nómina mensual del último año referente al ítem anteriores	Medicina interna: 23.564.880 (Aprox.) mes	
	4 jefes de enfermería: 12.496.000 mes	
	14 auxiliares de enfermería: 27.342.000 mes	
	1 secretaria: 1.100.000 mes	
	TOTAL: 772.934.560	

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Análisis de datos

Mediante el software Risk Simulator y utilizando la herramienta de ajuste de distribuciones de probabilidad se ajustaron los datos de las operaciones enunciadas en la tabla 3 para poder evidenciar su comportamiento. Los resultados se mostrarán a continuación en las figuras 3-6. Estos resultados servirán para estudios posteriores, ya que permiten definir el tipo de distribución a la que se ajustan los datos, y arrojan los parámetros que permitirán construir modelos estadísticos.

Mediante el software Risk Simulator y utilizando la herramienta de ajuste de distribuciones de probabilidad se ajustaron los datos de las operaciones enunciadas en la tabla 3 para poder evidenciar su comportamiento. Los resultados se mostrarán a continuación en las figuras 3-6. Estos resultados servirán para estudios posteriores, ya que permiten definir el tipo de distribución a la que se ajustan los datos, y arrojan los parámetros que permitirán construir modelos estadísticos.

FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OPERACIÓN, MÉDICO TRATANTE

Distribución Ajustada	Gumbel Máxima
Alfa	44,45
Beta	44,24

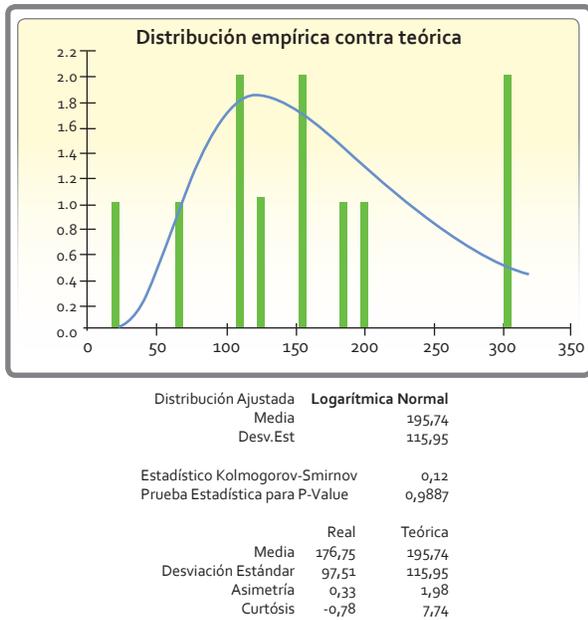
Estadístico Kolmogorov-Smirnov	0,09
Prueba Estadística para P-Value	0,9999

	Real	Teórica
Media	69,33	69,98
Desviación Estándar	51,91	56,74
Asimetría	0,80	1,14
Curtosis	0,36	2,40

Fuente: Elaboración propia.

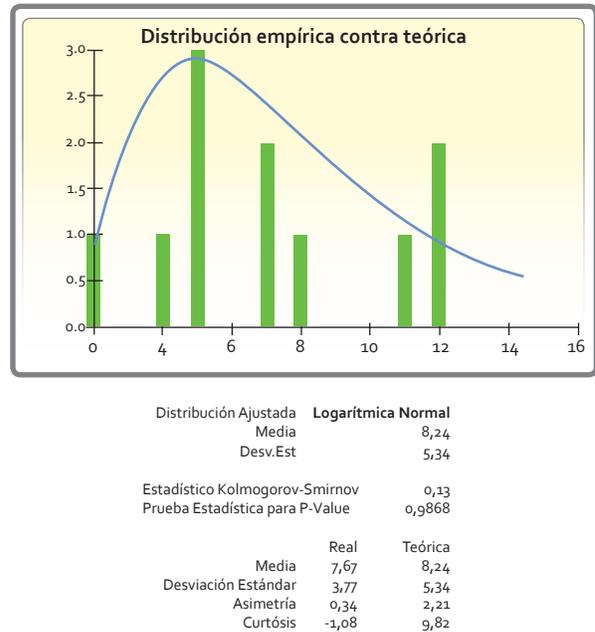


FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OPERACIÓN, ENFERMERÍA



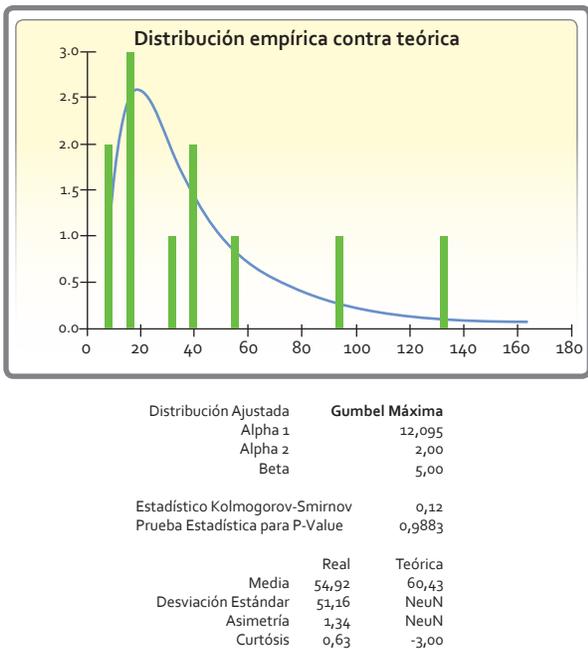
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OPERACIÓN, SALIDA



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OPERACIÓN, ADMINISTRATIVO



Fuente: Elaboración propia.

Ahora, se parte del supuesto de que existen 5 tipos de camas (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5), como se muestra en la tabla 6. Las camas x_1 son aquellas donde a partir de la tabla 5 se encontró que había el menor tiempo total de egreso, en el intervalo de (0,100) minutos, y así sucesivamente en los intervalos hasta llegar a las camas x_5 , las cuales tienen los mayores tiempos de egreso, equivalentes a un intervalo mayor que 400 minutos; teniendo en cuenta que un mayor intervalo implica un mayor costo.

TABLA 6. TIPOS DE CAMA

TIPO DE CAMA	RANGO	CANTIDAD DE CAMAS	PROMEDIO DE TIEMPOS
Rotación	Tiempo de egreso		Minutos
x_1 : Alta rotación	$0 \leq t \leq 100$	1	90
x_2 : Intermedio	$100 < t \leq 200$	2	156
x_3 : Rotación media	$200 < t \leq 300$	4	240
x_4 : Intermedio	$300 < t \leq 400$	1	324
x_5 : Baja rotación	$t \geq 400$	4	5055
		Total: 12	

Fuente: Elaboración propia.



Se requiere la frecuencia relativa para determinar cuánto representan los datos de cada tipo de cama frente a la cantidad de camas que se les tomaron los tiempos de operaciones, es decir 12. Dicha frecuencia relativa nos permitirá proyectar sobre las 32 camas disponibles en la clínica y determinar el coeficiente de la función objetivo.

TABLA 7. FRECUENCIA RELATIVA

TIPO DE CAMA	FRECUENCIA RELATIVA	COEFICIENTE
x_1	8%	7.5
x_2	17%	26
x_3	33%	80
x_4	8%	27
x_5	33%	168

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla 7 y de acuerdo con la ecuación (1), la función objetivo a minimizar es la que se muestra en la ecuación (5).

$$\text{Min } Z = 7.5x_1 + 26.0x_2 + 80.0x_3 + 27.0x_4 + 168x_5 \quad (5)$$

Las restricciones de acuerdo con las ecuaciones (3) y (4), y utilizando la información sobre camas disponibles y disponibilidad horaria de la figura 2 son las que se muestran en las ecuaciones (6) y (7). La sumatoria de todos los tipos de camas debe ser igual o menor a las 32 camas disponibles. Además, el tiempo que las camas están ocupadas debe ser menor al tiempo de servicio de la clínica, que es todo el día (1440 minutos al día).

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 32 \quad (6)$$

$$7.5x_1 + 26.0x_2 + 80.0x_3 + 27.0x_4 + 168x_5 \leq 1440 \quad (7)$$

Mediante el *software* GAMS, se programó el código para solucionar el problema de optimización anterior y se encontraron las camas óptimas que minimizan los tiempos de las operaciones. Como se muestra en la figura 7. Se encontró que se necesitan 25 camas tipo 1 (x_1) y 7 camas tipo 5 (x_5).

FIGURA 7. RESULTADOS DEL GAMS

f funcion objetivo	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR x1	.	24.523	+INF	.
---- VAR x2	.	.	+INF	EPS
---- VAR x3	.	.	+INF	EPS
---- VAR x4	.	.	+INF	EPS
---- VAR x5	.	7.477	+INF	.
---- VAR z	-INF	1440.000	+INF	.

Fuente: Elaboración propia.

5. Análisis y discusión del modelo de optimización

Si se retoma el teorema de Pareto en el que se indica que de una población de 100 datos una muestra de 30 o más datos es significativa, esto equivale a que una muestra que represente el 30% o más de la población puede describir el comportamiento de la población; teniendo esto en cuenta se puede deducir que, si el tamaño de población con el que se trabaja es de 32 camas disponibles y el número de camas evaluadas fue 12, significa que la muestra tomada representa un 37.5% del total de la población; lo que vuelve a estas 12 camas significativas para describir el comportamiento que deben seguir las 32.

Los datos obtenidos por el *software* GAMS tienen una implicación para el proceso de egreso ya que, de 32 camas que pasan por el proceso 25 deben tener una duración de máximo 100 minutos, por lo que la clínica debe asegurarse de reconocer los pacientes que califican para este tipo de cama y priorizar su egreso, pues son personas que en ocasiones ya están listas para salir pero deben quedarse más tiempo mientras el proceso finaliza, y esto implica asumir un mayor costo y una cama no disponible para un nuevo paciente. Pero las 7 camas que quedan disponibles la clínica las debe disponer para pacientes que después de dada la orden de alta e iniciado el proceso deban quedarse un poco más por medicamentos u otras posibles situaciones.



Se debe tener en cuenta que entre más tiempo le tome realizar el proceso de egreso la clínica debe asumir un mayor costo, por lo que los resultados arrojan una mayor cantidad a las camas tipo 1, pues el egreso de todas las camas no puede tomar más de 24 horas, es decir que un paciente no debe durar más 24 horas en el proceso de egreso.

6. Conclusiones

La optimización permitió crear una ecuación que minimizara los tiempos y en consecuencia disminuiera los costos, encontrando una cantidad optima de camas que se ajustarán a los rangos de tiempos y así se lograrán egresos más rápidos y una mayor disponibilidad de camas para otros pacientes.

A pesar de que la muestra es significativa para describir el comportamiento del proceso de egreso de pacientes, se debe tener presente que el resultado no es 100% confiable, ya que en la vida real se presentan situaciones que retrasan el proceso o, por el contrario permiten que el paciente salga mucho más rápido de lo previamente planeado.

Los datos registrados en las muestras no son 100% confiables debido a que algunos de los datos que dependían de otras personas no eran entregados en el momento correcto o de forma correcta, impidiendo tener resultados totalmente adaptados a la vida real, y algunos de los pacientes encuestados no tenían completa seguridad sobre el tiempo preguntado.

La clasificación de camas por los rangos de tiempo de egreso es un método que puede facilitar este proceso para cualquier clínica, ayuda a reducir costos y tiempo, hace más eficiente el servicio y permite obtener una mayor cantidad de camas disponibles.

7. Agradecimientos

Queremos agradecerle principalmente a la Clínica UPB por permitirnos ser parte de su proceso en la búsqueda de la mejora continua, poniendo a nuestra disposición información, espacios y empleados para crear el modelo y buscar el punto óptimo donde se reducen costos y tiempos en su proceso de egreso de pacientes.

De igual manera queremos agradecerle al profesor Javier Fernández Ledesma del curso de optimización por retarnos y confiar en nosotros para hacerle frente a uno de los sectores más complicados y crear un modelo que logre describir el comportamiento de las variables y mediante la optimización minimizar el tiempo y por consiguiendo los costos. Además de su continuo acompañamiento y apoyo en el desarrollo del proyecto.

8. Referencias

- [1] Baquela, E., y Redchuk, A. (2013). *Optimización matemática con R Volumen I: Introducción al modelado y resolución de problemas*. Madrid: Bubok Publishing S.L.
- [2] Fernández, J. (2012). *Simulación y optimización industrial*. Medellín: UPB.
- [3] Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J., Barquín, J., y Linares, P. (2010). *Modelos matemáticos de optimización*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- [4] Sánchez, B., Carrillo, G., y Barrera, L. (2014). El plan de transición y egreso hospitalario y su efecto en el cuidado de la salud: Una revisión integrada. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 13-23.

