



Entreciencias: diálogos en la Sociedad
del Conocimiento

E-ISSN: 2007-8064

entreciencias@enes.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de

México

México

Chew Hernández, Mario Luis; Viveros Rosas, Leopoldo; Velázquez Romero, Verónica;
Claudio Sánchez, José Luis

Estudio del efecto de los objetivos de las instituciones de salud en la modelación de sus
decisiones

Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 4, núm. 9, abril-julio, 2016,
pp. 3-21

Universidad Nacional Autónoma de México

León, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457645340001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Estudio del efecto de los objetivos de las instituciones de salud en la modelación de sus decisiones

Study of the health institutions objectives's effect on their decision models

Recibido: 30 de mayo de 2015; aceptado: 30 de octubre de 2015

*Mario Luis Chew Hernández*¹, *Leopoldo Viveros Rosas*², *Verónica Velázquez Romero*³,
*José Luis Claudio Sánchez*⁴

Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco

Resumen

La administración de las instituciones de salud tiene en cuenta objetivos económicos, sociales y ambientales. La naturaleza de dichas instituciones, privadas o públicas, determinan las relaciones entre sus objetivos. Según la teoría de análisis de decisiones (AD), toda decisión debe ser estudiada desde los objetivos que la fundamentan, por lo que los modelos de decisión usados por la administración de una clínica deben reflejar su naturaleza. En este artículo, se aplica el AD para desarrollar modelos de decisión para seleccionar un analizador y el tiempo entre citas de los pacientes para los casos de estudio, hipotéticos, de una clínica privada y otra pública. Se observa que en el caso de la clínica privada, el mayor esfuerzo de modelación está en capturar las incertidumbres, mientras que en el segundo, el énfasis se aplica a analizar las preferencias. Para esto último, se presenta un método gráfico, llamado "Círculo de utilidad", para calcular las ponderaciones de las funciones aditivas de utilidad.

Palabras clave: Análisis de decisiones, instituciones de salud, pensamiento enfocado a valores, modelación de preferencias.

Abstract

The administration of Health Institutions (HI) takes into consideration economic, social and environmental objectives. Moreover, the institutional nature of such institutions, whether private (for profit) or public (owned by the government), determines the relationships within its objectives. According to Decision Analysis Theory (DA), every decision must be studied starting from the objectives that give foundation to it; thus, the decision models utilized by the administration of a HI should reflect its nature. This article shows the usage of DA to develop decision models for the selection of an analyzer and the time between appointments for hypothetical case studies of a private and a public HI. It can be observed that in the former, the greatest modeling effort lies in capturing uncertainties, whereas the latter emphasized analyzing preferences. In relation to the latter, a graphical tool -the Circle of Utility- is presented to calculate the deliberations of the additive utility functions.

Keywords: Decision Analysis, Health Care Institutions, Value Focused Thinking, Preference Modelling.

INTRODUCCIÓN

El análisis de decisiones (AD), introducido por Howard (1988) y descrito en Howard y Abbas (2015), Clemen (1996) y Edwards, Miles y Winterfeldt (2007), es una disciplina cuyo objetivo es apoyar la toma de decisiones bajo incertidumbre, objetivos múltiples, o varias partes

interesadas. Su aplicación en la selección de alternativas garantiza una elección acorde con los axiomas de la toma de decisiones racional (Resnik, 1987). Formando parte del AD, se encuentra el pensamiento enfocado a valores (PEV) de Keeney (1992), el cual postula que la modelación

¹ Doctor en Ingeniería. Profesor e Investigador de tiempo completo. Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. Líneas de Investigación: Análisis de decisiones, simulación de procesos, teoría de juegos, negociación. Correo electrónico: mchew@tesco.edu.mx

² Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial. Profesor e investigador de tiempo completo en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. Líneas de Investigación: Análisis de decisiones, control de calidad. Correo electrónico: lviverosr@hotmail.com

³ Maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial. Profesora e investigadora de tiempo completo. Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. Líneas de Investigación: Manejo de la cadena de suministro, logística. Correo electrónico: ing_ind_amb@hotmail.com

⁴ Químico Farmacéutico Biólogo. Estudiante de último semestre de la M. en C. en Ingeniería Industrial. Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. Correo electrónico: q_claudio@yahoo.com.mx

de un problema debe comenzar con una clarificación y estructuración de los objetivos del tomador de decisiones (decisor) en el contexto dado.

Cuando un decisor tiene más de un objetivo, estos pueden ser clasificados en objetivos fundamentales y objetivos medios. Los fundamentales, son importantes por sí mismos, mientras los medios, son valiosos por fomentar otros objetivos. A la relación entre objetivos y su categorización como fundamentales o medios se le llama “estructura de objetivos” o “estructura de valor”.

Refiriéndonos ahora a las instituciones de salud, éstas pueden ser públicas (operadas por el Gobierno) o privadas (operadas por particulares), a lo que llamaremos la “naturaleza” de la institución. Los enunciados de la visión y misión de ambos tipos de instituciones incluyen, frecuentemente, impactos económicos, sociales o ambientales, por ello la métrica de su desempeño debe incluir objetivos en estas distintas dimensiones. Sin embargo, como se pretende mostrar en este trabajo, es la naturaleza de la institución la que determina la forma en que se relacionan los objetivos entre sí y cuáles son fundamentales y cuáles medios.

Varios grupos de investigación han reconocido que la administración de hospitales y clínicas busca lograr objetivos no económicos, y han propuesto métodos especiales para evaluar su eficacia, como es el caso del análisis envolvente de datos (Friedman y Sinuany-Stern, 1998) y el modelo de precio único. Éstos fueron aplicados respectivamente por Chen, Hwang y Shao (2005) y Ballesteros y Maldonado (2004) para medir la ineficiencia de las actividades hospitalarias.

De igual forma, recientemente se ha propuesto metodologías multicriterio para evaluar las decisiones de las instituciones de salud: el tratamiento del problema de localizar unidades de atención es mostrado por Datta (2012) y Vahidnia, Alesheikh y Alimohammadi (2009) quien empleó el proceso analítico jerárquico (AHP); la toma de decisiones en la administración de la sala de emergencias de un hospital fue abordada por Amaral y Costa (2014) usando el método jerárquico multiobjetivo PROMETHEE II, y por Abo-Hamad y Arisha (2012 y 2013) usando simulación, la tarjeta de puntajes balanceada y AHP. Por su parte, Kim y Augenbroe (2013) muestran la evaluación de sistemas de ventilación de salas de emergencias, incorporando la actitud al riesgo de los involucrados y distintos objetivos, mientras que Abed-

Elmdoust y Kerachian (2012) utilizan el razonamiento evidencial para optimizar el manejo de residuos hospitalarios, y Schuwirth, Reichert y Lienert (2012) emplearon el método de toma de decisiones multiutilidad para evaluar la remoción de fármacos del agua de desecho de un hospital. Finalmente, Bodily (1977) aplicó un análisis de modelos de decisión multiatributo para valorar tecnologías de conservación en un banco de sangre.

Los trabajos mencionados, si bien abordan las decisiones de las instituciones de salud como problemas multiobjetivo, no aplican herramientas de AD o PEV, ni presentan un análisis de los objetivos de la institución tratada. Desde la perspectiva del PEV, el modelo de una decisión se construye con base en los objetivos del decisor. Dado que la estructura de objetivos de una institución privada es radicalmente distinta de la de una pública, el modelo usado para analizar la factibilidad de una alternativa debe de ser cualitativamente distinto dependiendo de la naturaleza de la institución. Ninguno de los reportes encontrados en referencias publicadas aborda el efecto de la naturaleza de la institución y su estructura de objetivos sobre la modelación de sus decisiones. El propósito del presente trabajo es, precisamente, evidenciar este efecto, a través del desarrollo de modelos de decisión para casos de estudio.

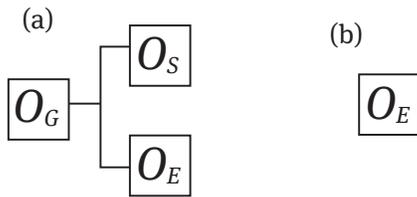
Para lograr el objetivo del artículo, primero se discute las estructuras de objetivos para entidades públicas y privadas, y cómo éstas indican en dónde se requiere mayor cuidado en el modelado de la situación. Enseguida, se toma como caso de estudio una clínica de salud hipotética, cuyo administrador debe decidir el tipo de analizador a emplear de entre dos modelos (que difieren en precio y velocidad) y el tiempo que debe transcurrir entre las citas de los pacientes. Se usa AD para abordar estas decisiones para dos casos: en el primero, la clínica es privada; en el segundo, pública. Al tratar este último caso, se presenta un método gráfico denominado “círculo de utilidad”, útil para obtener los pesos de la función de valor y que permite determinar el *trade-off* entre objetivos de distinto tipo. Finalmente, se discuten las diferencias en la construcción de los modelos para cada caso.

OBJETIVOS FUNDAMENTALES Y OBJETIVOS MEDIOS

Se dice que un objetivo “fundamental” (OF) si es inhe-

rentemente valioso para el decisor. Los OF se estructuran en una “jerarquía de objetivos fundamentales” (JOF) en la cual los objetivos más amplios se colocan más a la izquierda, y los objetivos conectados, directamente a la derecha de otro objetivo, definen a este último. Por ejemplo, una institución pública tiene por lo menos dos objetivos fundamentales: uno social (O_S) y otro económico (O_E), este último, expresado como búsqueda de eficiencia en el uso de recursos. La JOF de esta situación se muestra en la figura 1a, donde se ilustra cómo ambos objetivos definen al objetivo global O_G . Si la institución es privada tiene un único objetivo fundamental de naturaleza económica (O_E) y su JOF se muestra en la Figura 1b.

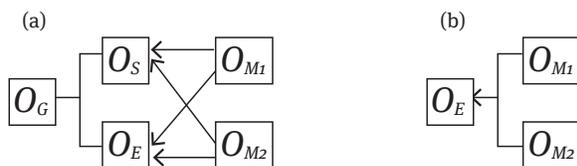
Figura 1. Jerarquía de objetivos de una institución: (a) pública, (b) privada



Fuente: elaboración propia.

Los “objetivos medios” (OM) son objetivos que no se buscan por sí mismos, sino por su impacto en otros. Los OM se estructuran en la “red de objetivos medios-fines” (ROMF), en la cual una flecha de un OM a otro, indica que la realización del primero favorece el logro del segundo. En la figura 2 se muestran dos OM (O_{M1} y O_{M2}) y sus conexiones con los OF para ambos tipos de instituciones.

Figura 2. Red de objetivos medios fines con dos objetivos medios para una institución: (a) pública, (b) privada

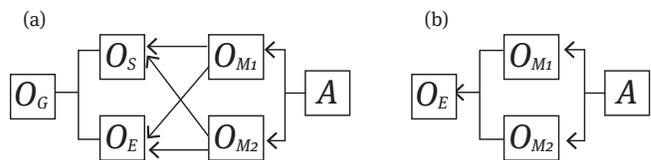


Fuente: elaboración propia.

Una “alternativa” se define como una acción al alcance del decisor. Ésta se coloca en la ROMF a la derecha de los objetivos, señalando mediante flechas aquellos que serían beneficiados por su ejecución. En la figura 3, una

alternativa se muestra como un cuadro con la letra “A”. El modelo matemático para evaluar la factibilidad de la alternativa se compone de las conexiones que van desde “A” hasta el OF que encabeza la estructura.

Figura 3. Red de objetivos medios fines con dos objetivos medios y alternativa A para una institución: (a) pública, (b) privada



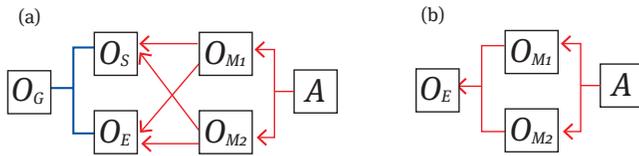
Fuente: elaboración propia.

Al examinar la figura 3, se puede notar que hay dos tipos de conexiones entre los cuadros: líneas sin dirección y flechas. Esto hace énfasis en que las conexiones mostradas en la figura 3 no son todas de la misma naturaleza.

Las líneas que unen O_S , O_E y O_G en la figura 3a representan conexiones de valor o de preferencia. Para generar un modelo cuantitativo de estas conexiones, se requiere que el decisor establezca qué tan importante es un objetivo frente a otro y cuánta ganancia en un objetivo compensa una pérdida dada en el otro. Estas apreciaciones reciben el nombre de “juicios de valor”, y son inevitablemente subjetivos, dependiendo de la persona que esté considerando la decisión. El conjunto de juicios de valor se captura matemáticamente en un “modelo de valor”, cuya construcción implica identificar atributos para medir los objetivos fundamentales, definición de funciones de utilidad sobre los mismos y la integración de éstas en una función de utilidad global.

Las flechas en la figura 3 representan conexiones fácticas o factuales. Se modelan utilizando distribuciones de probabilidad, observaciones experimentales o simulaciones. En la práctica, muchas de estas conexiones son distribuciones subjetivas de probabilidad, expresadas por el decisor o la persona más experta en la materia del grupo que tome la decisión. La figura 4 muestra las ROMF usando colores para diferenciar los juicios de valor de las conexiones factuales.

Figura 4. Red de objetivos medios fines con dos objetivos medios y alternativa A para institución: (a) pública, (b) privada (Línea azul: Conexión de valor; línea roja: Conexión factual)



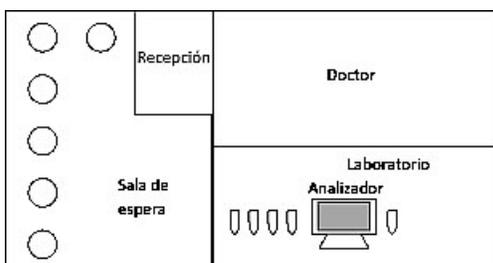
Fuente: elaboración propia.

Las conexiones que van desde la representación de una alternativa en la ROMF hasta el objetivo que encabeza la red forman el “modelo de factibilidad” de la alternativa. Para una institución pública (figura 4a) dicho modelo se integra por dos secciones: un modelo de preferencias (azul) y uno factual (rojo). En contraste, el modelo de factibilidad para una institución privada sólo tiene elementos factuales (figura 4b). Por tanto, un modelo para la toma de decisiones en una institución pública deberá ser sustancialmente distinto a uno desarrollado para una institución privada. En el primer caso, el modelo de valor deberá ser cuidadosamente construido y sintonizado para capturar las preferencias del decisor. Para el caso de una institución privada, la mayor dificultad consiste en la construcción de un modelo que tome en cuenta la incertidumbre sobre los impactos de las alternativas.

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

En esta sección se describe una clínica de atención a la salud, hipotética, que se usa como caso de estudio. La clínica consiste en una sala de espera, una recepción, un doctor en un consultorio y un laboratorio de análisis clínicos, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Esquema de clínica de atención a la salud



Fuente: elaboración propia.

Los pacientes que llegan pueden ser de dos tipos: “pacientes nuevos”, aquellos que por primera vez vienen a la clínica, o “pacientes con cita”, que ya han hecho consultas anteriores y se presentan nuevamente a seguir con su tratamiento. Si un paciente nuevo observa una gran cantidad de personas en la sala de espera, se retira. Los pacientes deben completar un número determinado de consultas para terminar con su tratamiento.

Si un paciente sale de consulta y aún no termina su tratamiento, se manda al analizador una muestra suya y se le cita a una consulta posterior. Al llegar, un paciente con cita se forma en el segundo lugar de la cola del consultorio y, al pasar con el médico, se revisa si se tienen los resultados de sus análisis; de ser así, se procede a efectuar la consulta. Si los resultados del análisis del paciente no están listos, el doctor lo programa para regresar en una nueva cita. Cuando la visita de un paciente con cita es infructuosa porque sus análisis no están listos, el paciente puede abandonar su tratamiento, con una probabilidad que depende del número de visitas que se hayan acumulado sin consulta y del número de consultas que lleve.

El administrador de la clínica debe seleccionar uno de dos tipos de analizador (tabla 1), que difieren en velocidad de análisis y costo. Adicionalmente, se debe determinar el valor óptimo del tiempo entre citas.

Tabla 1. Cualidades de los analizadores

Analizador	Tiempo para procesar una muestra (Δt_λ)	Costo por análisis (\$)
Lento (<i>L</i>)	Entre 7 y 9 horas	50
Rápido (<i>R</i>)	Entre 3 y 5 horas	100

Fuente: elaboración propia.

En el caso de una clínica privada, el costo de los análisis se transfiere al paciente, por lo que no impacta directamente el margen de ganancia. Sin embargo, dicho costo afecta la frecuencia de llegada de pacientes nuevos a la clínica: un costo alto para el paciente aumenta la probabilidad de tener una frecuencia baja de pacientes nuevos. En contraste, una clínica pública absorbe el costo de los análisis, por lo que este costo no impacta la frecuencia de llegada de pacientes nuevos.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Esta sección presenta el desarrollo del modelo de decisión, basado en el análisis de decisiones, para dos casos. En el primero la clínica es privada (operada para obtener ganancias económicas), y en el segundo es pública (operada por el Gobierno).

Siendo este un caso de estudio hipotético, la información fáctica (distribuciones de probabilidad) usada para la obtención de los resultados de la sección siguiente “Modelo factual”, así como los juicios de valor sobre la importancia de las distintas variables (“Aplicación al caso de estudio de la clínica pública”) representan una apreciación, plausible desde el punto de vista de los autores de este trabajo, de la operación y objetivos de una clínica de salud. Sin embargo, el procedimiento de análisis para una clínica real sería equivalente al aquí presentado salvo por las siguientes variaciones: 1) Las distribuciones de probabilidad usadas en el modelo deberán ser obtenidas mediante observaciones empíricas, registros estadísticos o proporcionadas por el personal involucrado de forma que tengan una connotación válida como probabilidades, por ejemplo, usando un disco de probabilidad (Clemen, 1996); y, 2) los juicios de valor usados para construir los círculos de utilidad deberán ser proporcionados por las personas afectadas por la decisión, en este caso los pacientes, doctores y administradores.

Clínica privada

La operación de la clínica tiene por objetivo producir ingresos económicos para su dueño.

Modelo de valor

Los ingresos de la clínica provienen del pago de la consultas por los pacientes. Por ello, el único objetivo fundamental es “maximizar el número de consultas”. Una métrica para este objetivo es el número de consultas efectuadas por año.

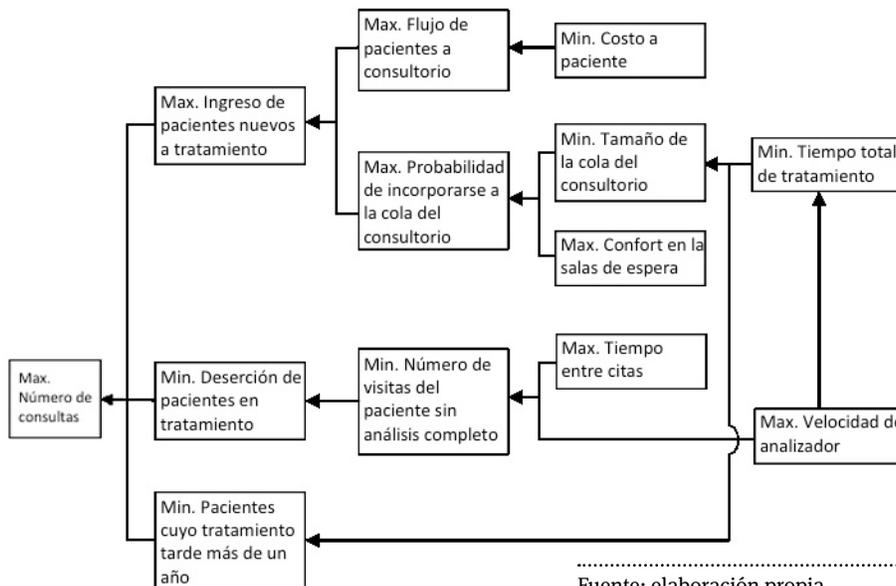
Figura 6. Jerarquía de objetivos fundamentales (JOF) de clínica privada



Fuente: elaboración propia.

Los “objetivos medios” son aquellos objetivos de la clínica que puedan redituar en un mayor número de consultas. Estos se estructuran en la “red de objetivo medios-fines” mostrada en la figura 7.

Figura 7. Red de objetivos medios-fines de clínica privada



Fuente: elaboración propia.

El “tiempo de tratamiento” se refiere al tiempo total que toma al paciente completar el conjunto de consultas que requiere para su curación.

Modelo factual

El modelo factual debe conectar las decisiones (el tipo de analizador y el tiempo entre citas) con el objetivo fundamental (maximizar el número de consultas). Sea N_{CON} el número de consultas al año.

Como se muestra en la tabla 1, se tiene como opciones un analizador lento (L) y uno rápido (R) con distinto costo por análisis. El costo del análisis es cubierto por el paciente, por lo que el incremento en este costo no se refleja directamente en un menor ingreso para la clínica. Sin embargo, un mayor gasto del paciente puede producir un menor flujo de pacientes nuevos a la clínica, pues más de ellos optarían por clínicas más baratas.

Por otro lado, un analizador más rápido permitiría trabajar con tiempos entre visitas más cortos, aumentando el número de consultas por año. Además, tener los análisis del paciente rápidamente, disminuiría la probabilidad de que este se presentara a su cita y no pueda pasar a consulta porque sus análisis no están disponibles. Dado que los pacientes que visitan la clínica y no son atendidos por esta causa son los que abandonan el tratamiento, esto disminuiría la cantidad de deserciones.

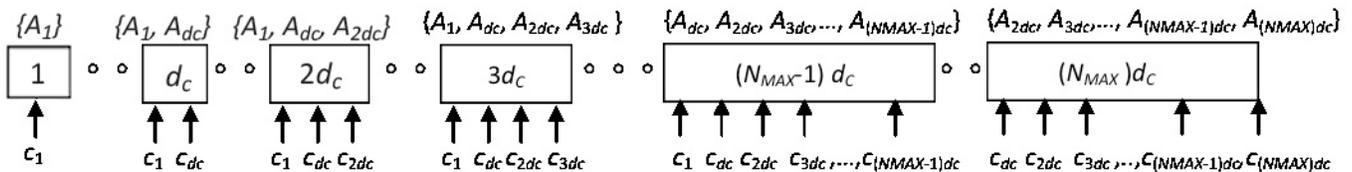
La probabilidad de que un paciente deserte luego de una visita donde no pudo ser atendido por falta de sus análisis depende de dos factores: el primero es cuántas consultas lleva, pues es más probable desertar al principio del tratamiento. El segundo es cuántas visitas a la clínica, sin pasar a consulta, se hayan acumulado desde su última consulta. Esto se modela con una “probabili-

dad de deserción” $p_D(i, j)$, definida como la probabilidad de que el paciente deserte al salir de una visita a la clínica que no produjo consulta, dado que lleva i consultas y ha realizado j visitas desde su última consulta.

Para estimar la cantidad de análisis diarios requeridos, consideremos que la velocidad de llegada de pacientes nuevos es de un paciente por día, el tiempo entre citas es d_c días y la cantidad de consultas requeridas para completar el tratamiento es N_{MAX} . El paciente c_1 llega el día 1 a su primera consulta, genera el análisis A_1 , y regresará cada d_c días hasta completar N_{MAX} consultas, esto es, los días $d_c, 2d_c, 3d_c, \dots, (N_{MAX-1})d_c$. Esto se muestra en la figura 8, donde se denota A_i al análisis del paciente c_i . En los días 1 al (d_c-1) sólo se necesitará un análisis; a partir del día d_c se producen análisis para el paciente que regresa y para el paciente nuevo del día, resultando en dos análisis por día hasta el día $2d_c-1$. A partir del día $2d_c$ y hasta el día $3d_c-1$ se requieren tres análisis diarios. Para cada nueva cita del paciente c_i , la cantidad de análisis va aumentando, pues llegan pacientes que tienen cita ese día y pacientes nuevos. El número de análisis se estabiliza a N_{MAX-1} a partir del día $(N_{MAX-1})d_c$, ya que el paciente 1 termina su tratamiento y no precisa nuevos análisis. El analizador deberá ser capaz de procesar por lo menos N_{MAX-1} análisis diarios. Generalizando este razonamiento, se puede ver que para evitar que la cola del analizador crezca indefinidamente, éste deberá ser capaz de procesar una cantidad de trabajos diarios igual o mayor a (N_{MAX-1}) veces a la frecuencia diaria de llegada de pacientes nuevos.

Si se trabaja con un analizador más lento, el crecimiento de la cola del analizador provocará tiempos muy largos para tener listos los análisis, por lo que una gran cantidad de pacientes se presentarán a sus citas para encontrar que su análisis no está listo y terminarán de-

Figura 8. Llegadas a la clínica y requerimiento de análisis para los días 1, $d_c, 2d_c, \dots, (N_{MAX})d_c$



Fuente: elaboración propia.

sertando del tratamiento.

Para determinar el efecto de la frecuencia de llegada de los pacientes, tiempo entre citas y velocidad del analizador sobre el número de consultas al año, se elaboró un modelo de simulación de la operación de la clínica y se corrió para un año de operación, con días de 8 horas hábiles.

El tiempo entre llegadas se tomó distribuido exponencialmente con promedio $1/\lambda$ y se definieron dos frecuencias de llegada: frecuencia Alta (λ^A) donde llega en promedio un paciente nuevo al día (1/8 paciente/h), y Baja (λ^B) con un paciente nuevo cada dos días en promedio (1/16 paciente/h). Se prueban cuatro alternativas para el tiempo entre citas (d_c): al día siguiente (8h), en tres días (24 h) en una semana (56 h) y a las dos semanas (112 h). Se tomó como 5 el tamaño de la cola del consultorio para el cual un paciente nuevo no se incorpora a la clínica y el número máximo de consultas (N_{MAX}) se fijó en 3. El tiempo de consulta está uniformemente distribuido entre 1.5 y 2 horas. Las probabilidades de deserción $p_d(i,j)$ se tomaron de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 2. Probabilidad de deserción del paciente $p_d(i,j)$

Número de consultas	Número de visitas desde la última consulta				
	1	2	3	4	5
1	0.2	0.4	0.8	1	1
2	0	0.2	0.4	0.8	1

Fuente: elaboración propia.

Se realizaron 1000 réplicas de simulación, de donde se obtuvo el valor esperado del número de consultas al año ($E[N_{CON}]$) que se muestra en la tabla 3.

Los valores de $E[N_{CON}]$ se incorporan al árbol de decisión de la figura 9. En estos árboles, las decisiones se dibujan como rectángulos y los eventos inciertos como círculos. Las líneas que emanan de las decisiones son alternativas, mientras las que lo hacen de las incertidumbres representan posibles resoluciones del evento incierto. El árbol se dibuja de izquierda a derecha, en un orden dado por la secuencia temporal de decisiones e incertidumbres. En la figura 9 primero se selecciona el analizador (L o R), lo que afecta la probabilidad de observar una frecuencia alta o baja de llegadas de pacientes nuevos (λ). Una vez observado el valor de λ se ajusta el

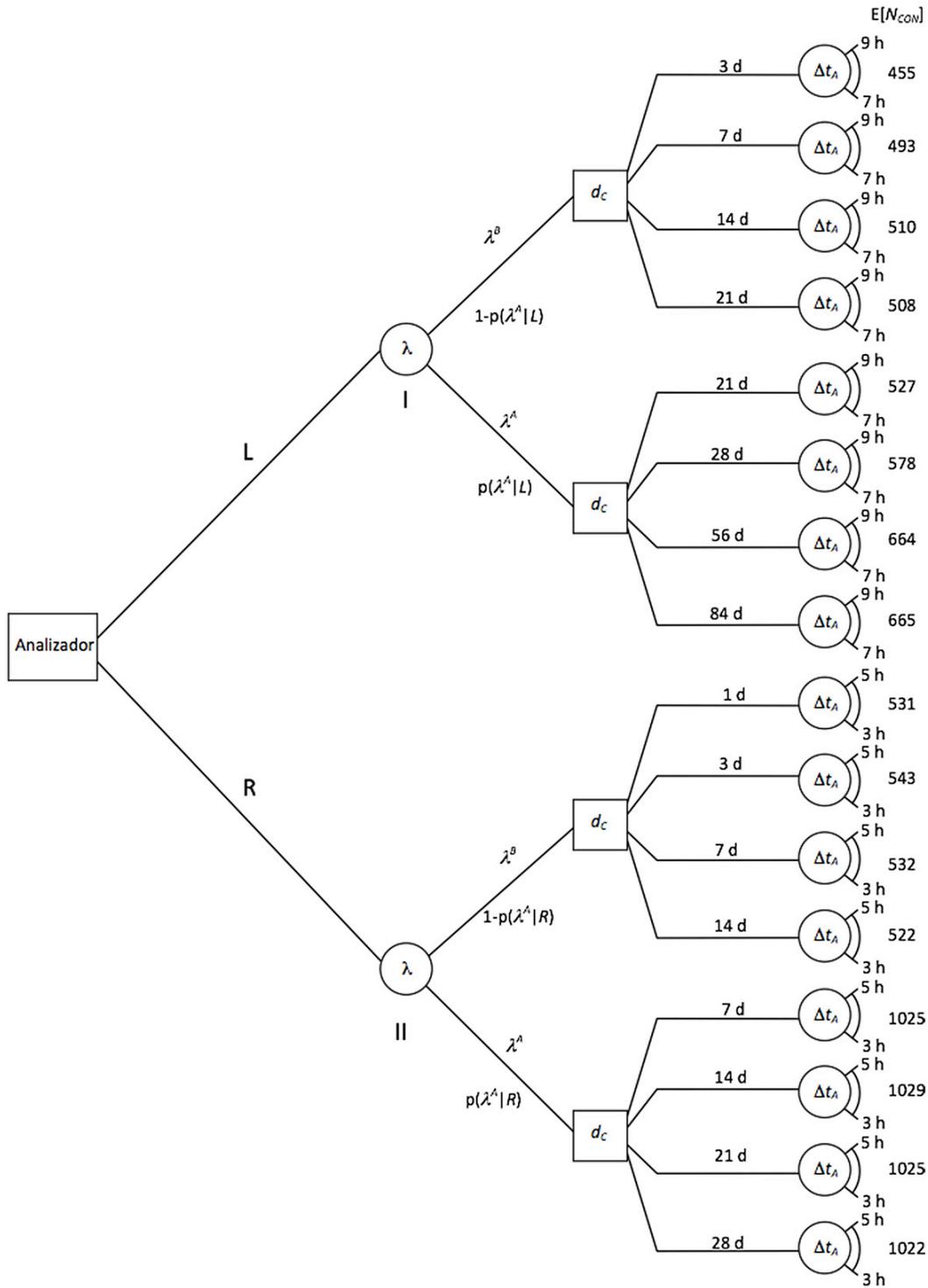
tiempo entre citas (d_c) para maximizar el valor esperado del número de consultas.

Tabla 3. Resultados de la simulación de un modelo de operación de la clínica

Promedio de tiempo entre llegadas de pacientes nuevos ($1/\lambda$)	Tiempo para procesar un análisis (Δt_A)	Días entre citas (d_c)	$E[N_{CON}]$
16 horas	7 a 9 horas	1	358
		3	455
		7	493
		14	510
		21	508
		28	503
		56	460
		84	417
	3 a 5 horas	1	531
		3	543
		7	532
		14	522
		21	517
		28	512
		56	471
		84	421
8 horas	7 a 9 horas	1	388
		3	402
		7	427
		14	477
		21	527
		28	578
		56	664
		84	665
	3 a 5 horas	1	873
		3	989
		7	1025
		14	1029
		21	1025
		28	1022
		56	937
		84	848

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Árbol de decisión de la clínica privada



Fuente: elaboración propia.

Definimos $p(\lambda^A|L)$ como la probabilidad de observar una frecuencia de llegada de pacientes nuevos alta dado que se escoge el analizador “lento” y $p(\lambda^A|R)$ la correspondiente para el analizador “rápido”. Estas probabilidades se dejan como parámetros para realizar un análisis de sensibilidad. Los valores esperados de los nodos I y II del árbol, respectivamente son:

$$E_I = 510 \times [1 - p(\lambda^A|L)] + 665 \times p(\lambda^A|L) \quad (1)$$

$$E_{II} = 543 \times [1 - p(\lambda^A|R)] + 1029 \times p(\lambda^A|R) \quad (2)$$

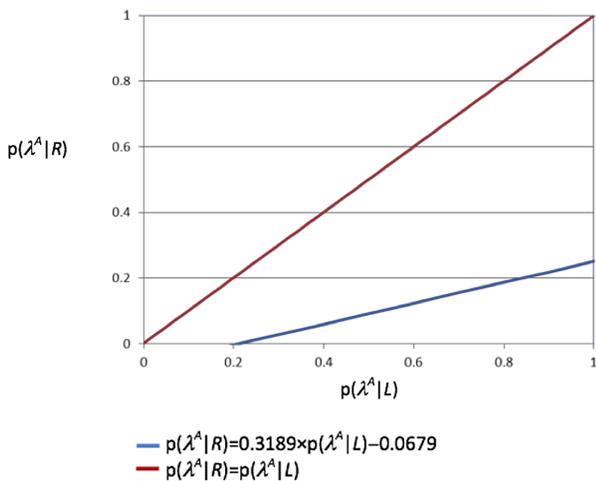
Se prefiere el analizador rápido al lento si $E_{II} > E_I$, lo que conduce a la condición

$$p(\lambda^A|R) > 0.3189 \times p(\lambda^A|L) - 0.0679 \quad (3)$$

Por otro lado, como el analizador rápido representa un costo mayor para el paciente, la selección de este analizador disminuye la probabilidad de que se presente una frecuencia alta de llegada de pacientes nuevos, entonces:

$$p(\lambda^A|L) \geq p(\lambda^A|R) \quad (4)$$

Figura 10. Región de factibilidad para la compra del analizador rápido



Fuente: elaboración propia.

El lugar geométrico de las probabilidades que cumplen las condiciones (3) y (4) se encuentra entre las líneas azul y roja de la figura 10. Si, para el administrador de la clínica, las probabilidades de una frecuencia alta de llegada de pacientes nuevos dado el analizador rápido

do $p(\lambda^A|R)$ y dado el analizador lento $p(\lambda^A|L)$ caen en esta zona, la clínica deberá seleccionar el analizador rápido. De no ser así, convendrá el analizador lento. El tiempo entre citas se lee del árbol de decisión, una vez observada la frecuencia de llegadas que se presente en la realidad.

Clínica pública

En esta sección se presenta el modelo de decisión para una clínica de salud pública, esto es, operada por el Gobierno y que ofrece servicios de salud sin costo para la población.

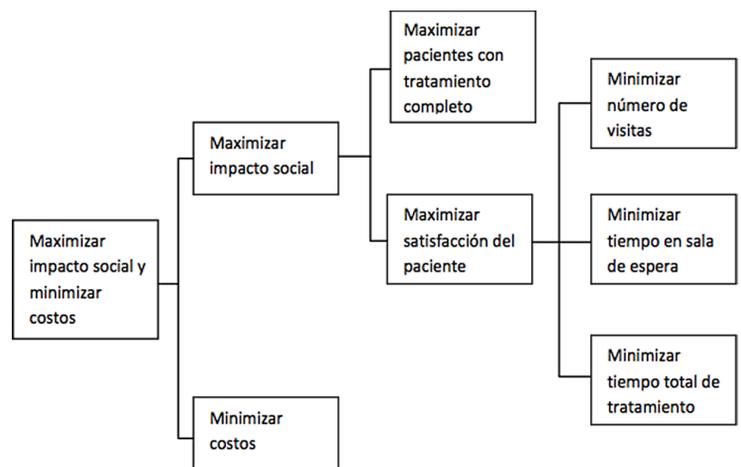
Modelo de valor

Un examen de los enunciados de la misión y visión, políticas y otros documentos donde se especifiquen los motivos de existencia de una clínica pública, muy probablemente revelará que los objetivos de su operación están relacionados con

- 1) Tener un impacto social positivo, medido por el número de pacientes que completan su tratamiento.
- 2) Maximizar la satisfacción de los pacientes durante su tratamiento.
- 3) Operar de manera económicamente eficiente.

Por lo que la jerarquía de objetivos fundamentales quedaría como en la figura 11.

Figura 11. Jerarquía de objetivos fundamentales de una clínica pública



Fuente: elaboración propia.

Primero, se debe identificar métricas para el logro de los objetivos fundamentales de menor envergadura. Para “maximizar pacientes con tratamiento completo” una métrica natural es el número de pacientes que completan su tratamiento al año (*NP*).

En cuanto a la satisfacción del paciente, se identifican tres elementos: el número total de visitas que deba realizar a la clínica (*NV*) para completar su tratamiento, el tiempo que tarda en la sala de espera (*DtES*) y el tiempo que toma en completar su tratamiento (*DtTRAT*). El objetivo “maximizar la satisfacción del paciente” se mide por la utilidad *USP* que vale uno para un resultado de máxima satisfacción y cero para la más baja. Suponemos que esta utilidad puede calcularse aditivamente:

$$USP = k_{NV} \times UNV + k_{TES} \times U_{TES} + k_{TRAT} \times U_{TRAT} \quad (5)$$

UNV, *U_{TES}* y *U_{TRAT}* son utilidades sobre los valores del número de visitas, tiempo de espera en la sala y tiempo total de tratamiento. Las funciones de utilidad asignan 1 al valor más bajo del número de visitas, tiempo de espera y tiempo para terminar el tratamiento (*NV⁻*, *DtES⁻* y *DtTRAT⁻*, respectivamente) y cero a los valores más altos de estas variables (*NV⁺*, *DtES⁺* y *DtTRAT⁺*, respectivamente). Si se supone neutralidad al riesgo sobre estas variables, las funciones de utilidad serían líneas rectas entre estos valores (figura 12).

Los pesos de la función aditiva de utilidad k_{NV} , k_{TES} y k_{TRAT} expresan las preferencias del decisor en relación con los objetivos componentes y se pueden obtener usando el método del “balanceo de pesos” (BP) (Clemen, 1996). La sección que sigue propone un método gráfico alternativo, llamado “círculo de utilidad” (CU) para obtener estos pesos, que busca ayudar al decisor a clarificar su sentir sobre la importancia de los objetivos. El CU, como el BP,

toma en cuenta tanto la naturaleza como el rango total de variación en los objetivos. Sin embargo, a diferencia del BP, el CU modifica el tamaño del cambio en los objetivos cuando determina su peso en la función de utilidad aditiva. Esto le proporciona al decisor un elemento más para entender sus propias preferencias, pues además de comparar rangos y naturaleza de los objetivos, hace un juicio sobre los cambios en los mismos. Además, el CU permite al decisor, por su naturaleza gráfica, ver las consecuencias de los juicios de valor que está realizando. La siguiente sección describe el método CU para dos y tres objetivos.

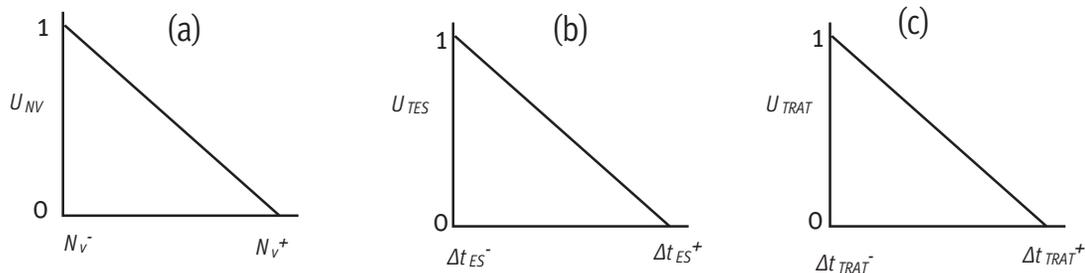
Método de círculo de utilidad (cu)

Sean los objetivos 1 y 2, que tienen por métrica respectivamente las variables O_1 y O_2 , que varían respectivamente entre los valores máximos O_1^+ y O_2^+ y mínimos O_1^- y O_2^- . Sobre ambos objetivos se tienen definidas escalas de utilidad $U_1(O_1)$ y $U_2(O_2)$ y para ambos las preferencias van en sentido ascendente. Supongamos que el cambio en el objetivo 1 de su peor a mejor valor es más valorado por el decisor que el cambio respectivo en el objetivo 2

$$O_1^- - O_1^+ \text{ es preferible a } O_2^- - O_2^+ \quad (6)$$

La figura 13 representa un CU para esta situación, cuya área total representa la preferencia total del decisor. El círculo de utilidad se divide en secciones, una para cada objetivo. El área de cada sección (o bien el ángulo que abarcan los rayos que la limitan) es proporcional a qué tanto valora el decisor un cambio en el logro del objetivo correspondiente en comparación a un cambio en el logro de otro objetivo. Los cambios se indican con

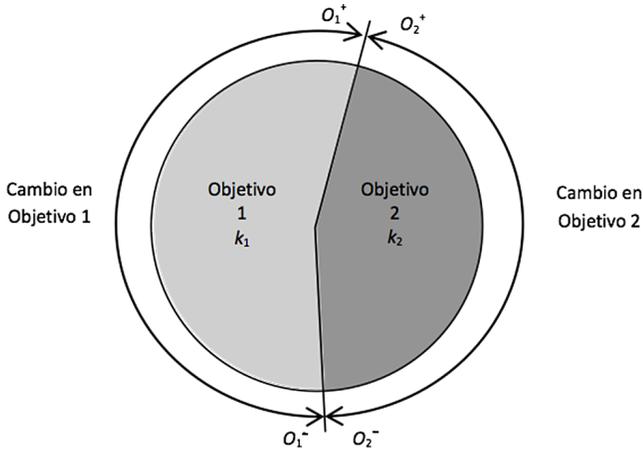
Figura 12. Funciones de utilidad sobre (a) número de visitas, (b) tiempo de espera en la sala y (c) tiempo de tratamiento



Fuente: elaboración propia.

flechas de doble punta, y los valores de las variables que los determinan se colocan próximos a sus puntas. Esta ilustración permite mostrar qué tanto varían las métricas de cada objetivo, y la importancia de este cambio relativa al cambio en las métricas de otros objetivos.

Figura 13. Círculo de utilidad para dos objetivos fundamentales



Fuente: elaboración propia.

Si se tiene la función aditiva de utilidad (7) sobre O_1 y O_2 , con funciones de utilidad escaladas de tal modo que

$$U_1(O_1^-) = U_2(O_2^-) = 0 \text{ y } U_1(O_1^+) = U_2(O_2^+) = 1$$

$$U = k_1 U_1(O_1) + k_2 U_2(O_2) \tag{7}$$

$$0 = k_1 U_1(O_1^-) + k_2 U_2(O_2^-) \tag{8}$$

La utilidad por un cambio del primer objetivo de su peor a mejor valor, manteniendo el otro en su peor valor, es

$$U_1^+ = k_1 U_1(O_1^+) + k_2 U_2(O_2^-) \tag{9}$$

y la correspondiente al segundo objetivo es

$$U_2^+ = k_1 U_1(O_1^-) + k_2 U_2(O_2^+) \tag{10}$$

Como el decisor prefiere el cambio en el objetivo 1 sobre el correspondiente en el objetivo 2, entonces

$$U_1^+ > U_2^+ \tag{11}$$

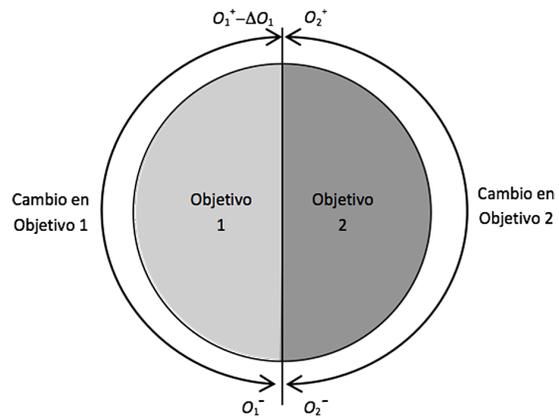
$$k_1 U_1(O_1^+) > k_2 U_2(O_2^+) \tag{12}$$

O bien $k_1 > k_2$. Si el círculo de la figura 13 tiene un área total de uno, las áreas de las secciones corresponden a los valores de k_1 y k_2 .

Enseguida consideramos un cambio en el objetivo 1 desde O_1^- hasta un nuevo valor $O_1^- - \Delta O_1$. ΔO_1 se aumenta hasta lograr indiferencia entre este cambio y un cambio de O_2^- a O_2^+ en el objetivo 2; esto puede entenderse como “cerrar” el sector del círculo de utilidad que corresponde al cambio en el objetivo 1 (figura 14). Dado que

$$(O_1^- - \Delta O_1) - O_1^- \text{ es indiferente a } O_2^+ - O_2^- \tag{13}$$

Figura 14. Círculo de utilidad con reducción del cambio en el objetivo 1



Fuente: elaboración propia.

Entonces:

$$k_1 U_1(O_1^- - \Delta O_1) = k_2 U_2(O_2^+) \tag{14}$$

Como $U_2(O_2^+) = 1$, se obtiene

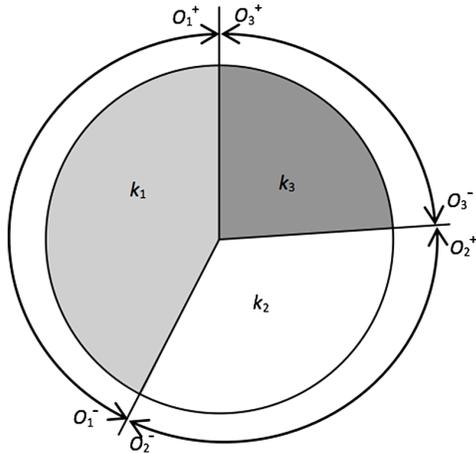
$$(k_1/k_2) = 1 / U_1(O_1^- - \Delta O_1) \tag{15}$$

Que con la condición $k_1 + k_2 = 1$, permite determinar k_1 y k_2 . La figura 15 muestra el CU para tres objetivos, medidos por el atributo O_i con valores máximos O_i^+ y mínimos O_i^- , funciones de utilidad U_i ($i=1,2,3$) y que se combinan en la función de utilidad (16).

$$U = k_1 U_1(O_1) + k_2 U_2(O_2) + k_3 U_3(O_3) \tag{16}$$

Figura 15. Círculo de utilidad para tres objetivos fundamentales

Fuente: elaboración propia



Supóngase que se determina que el orden de preferencia del cambio en niveles de los objetivos está dado por

$$O_1^+ - O_1^- \text{ es preferible a } O_2^+ - O_2^- \text{ que es preferible a } O_3^+ - O_3^- \quad (17)$$

Se tiene:

$$0 = k_1 U_1(O_1^-) + k_2 U_2(O_2^-) + k_3 U_3(O_3^-) \quad (18)$$

$$U_1^+ = k_1 U_1(O_1^+) + k_2 U_2(O_2^-) + k_3 U_3(O_3^-) \quad (19)$$

$$U_2^+ = k_1 U_1(O_1^-) + k_2 U_2(O_2^+) + k_3 U_3(O_3^-) \quad (20)$$

$$U_3^+ = k_1 U_1(O_1^-) + k_2 U_2(O_2^-) + k_3 U_3(O_3^+) \quad (21)$$

De acuerdo a (17) se tiene que $U_1^+ > U_2^+ > U_3^+$ de donde

$$k_1 U_1(O_1^+) > k_2 U_2(O_2^+) > k_3 U_3(O_3^+) \quad (22)$$

Se procede entonces igual que en el caso de dos objetivos, pero tomando dos de los tres objetivos a la vez. Por ejemplo, se disminuye el cambio en el objetivo 1 en una cantidad ΔO_1^2 , hasta lograr indiferencia entre un cambio de O_1^- a este valor reducido y un cambio de O_2^- a O_2^+ en el objetivo 2 (Figura 16a). Como

$$(O_1^+ - \Delta O_1^2) - O_1^- \text{ es indiferente a } O_2^+ - O_2^- \quad (23)$$

Entonces

$$k_1 U_1(O_1^+ - \Delta O_1^2) = k_2 U_2(O_2^+) \quad (24)$$

Como $U_2(O_2^+) = 1$, se obtiene

$$(k_1/k_2) = 1 / U_1(O_1^+ - \Delta O_1^2) \quad (25)$$

Siguiendo con la comparación entre los objetivos 1 y 3, se obtiene ΔO_1^3 tal que

$$(O_1^+ - \Delta O_1^3) - O_1^- \text{ es indiferente a } O_3^+ - O_3^- \quad (26)$$

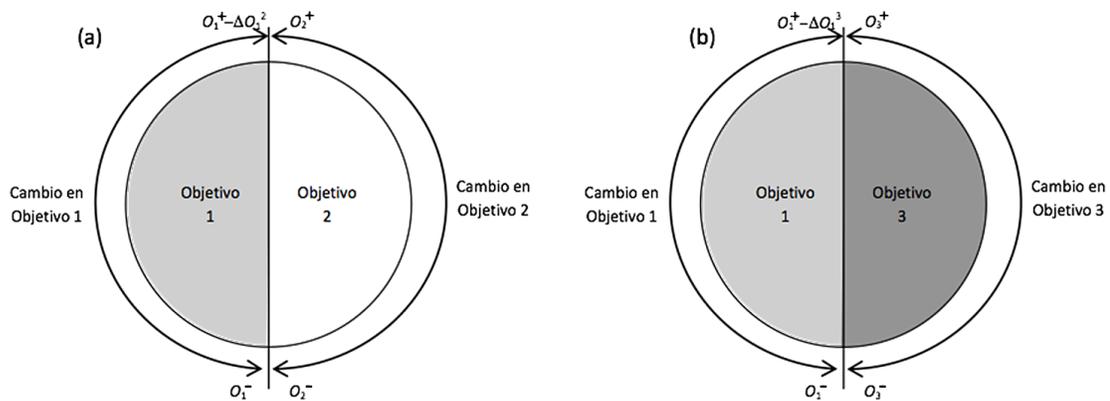
Entonces

$$k_1 U_1(O_1^+ - \Delta O_1^3) = k_3 U_3(O_3^+) \quad (27)$$

$$(k_1/k_3) = 1 / U_1(O_1^+ - \Delta O_1^3) \quad (28)$$

Los cocientes k_1/k_2 y k_1/k_3 y la condición $k_1 + k_2 + k_3 = 1$ permiten calcular las k_i 's.

Figura 16. Círculos de utilidad con reducción del cambio en el objetivo 1 para los objetivos (a) 1 y 2 (b) 1 y 3

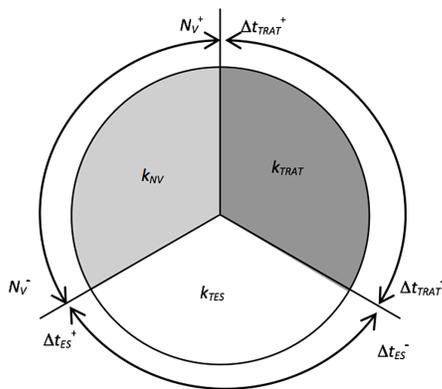


Fuente: elaboración propia.

Aplicación al caso de estudio de la clínica pública

De acuerdo con la JOF (figura 11) y la ecuación (5), la métrica de satisfacción de paciente integra preferencias sobre el número de visitas, tiempo de espera y tiempos de tratamiento. Introduciendo N_V^- y N_V^+ respectivamente como los valores bajo y alto del número de visitas, y Δt_{ES}^- y Δt_{ES}^+ como los correspondientes del tiempo de espera y Δt_{TRAT}^- y Δt_{TRAT}^+ los del tiempo de tratamiento, el CU de la satisfacción del paciente queda como la figura 17.

Figura 17. CU entre el número de visitas, tiempo de espera y tiempo de tratamiento



Fuente: elaboración propia.

En el siguiente nivel de la JOF de la figura 11 está el “impacto social” (IS) que debe combinar resultados sobre el número de pacientes con tratamiento completo N_p con

resultados relativos al atributo construido “satisfacción de paciente”. La utilidad por impacto social U_{IS} se calcula aditivamente como

$$U_{IS} = k_{NP} \times U_{NP} + k_{SP} \times U_{SP} \quad (29)$$

Donde $k_{SP} = 1 - k_{NP}$ y U_{NP} es una función de utilidad sobre el número de pacientes con tratamiento completo al año, que se supone recta con un valor de 1 para el valor alto (NP^+) y cero para el bajo (NP^-) de esta variable. El CU de la función 29 se muestra en la figura 18a. En ella, se muestra como el valor alto de USP ocurre para los valores bajos de N_V , $DtES$ y $DtTRAT$, pues para estas variables se prefieren valores bajos que altos.

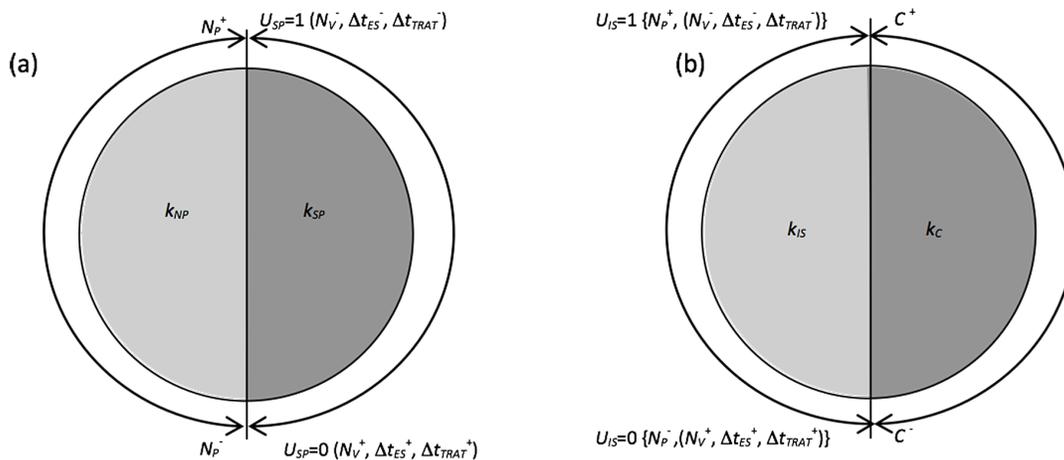
En el nivel más alto de la jerarquía, la integración se da entre la utilidad del impacto social y una función de utilidad sobre los costos incurridos U_C , lineal entre el costo anual de análisis menor (C^-) y el mayor (C^+) y definida de tal manera que $U_C(C^+) = 0$ y $U_C(C^-) = 1$

$$U = k_{IS} \times U_{IS} + k_C \times U_C \quad (30)$$

Donde $k_C = 1 - k_{IS}$.

Como se ve en los CU de las figuras 17 y 18, la determinación de los pesos requiere conocer los valores extremos de las variables. Simulando el sistema para un tiempo entre llegadas de pacientes exponencial con promedio ($1/\lambda$) de 12 h y los mismos parámetros descritos anteriormente, se obtienen los resultados mostrados en

Figura 18. Círculos de utilidad (a) entre el número de pacientes con tratamiento completo y satisfacción del paciente y (b) entre el impacto social y el costo



Fuente: elaboración propia.

la tabla 4. Para encontrar los valores de k_{NV} , k_{TES} y k_{TRAT} se sustituyen en el CU los valores mayor y menor de las variables número de visitas (N_V), tiempo de tratamiento (Δt_{TRAT}) y tiempo de espera en la cola de consultorio (Δt_{TES}); esto se muestra en la figura 19a.

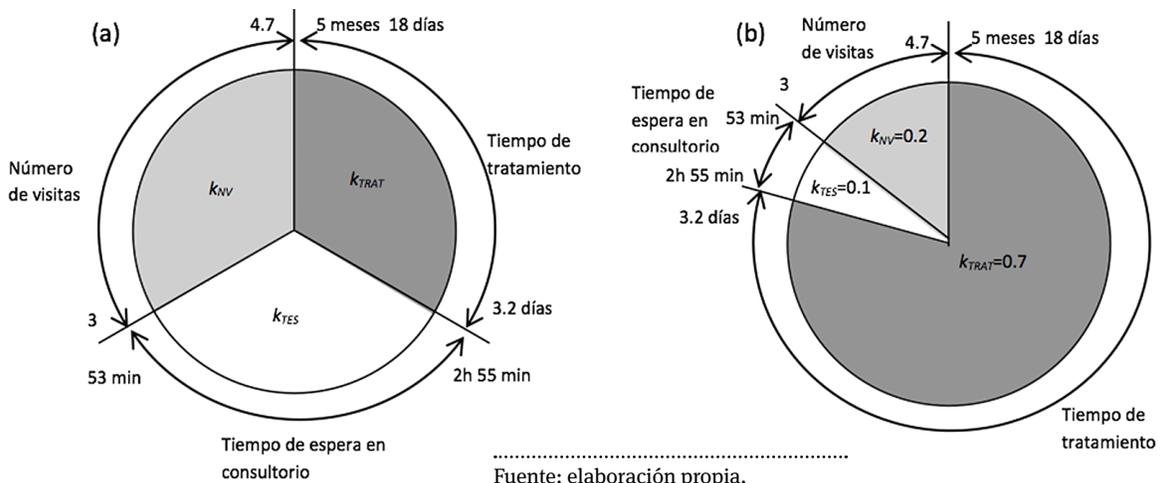
Tabla 4. Resultados de la simulación de un modelo de operación de la clínica con $\lambda=1/12$ h

Tiempo de procesamiento (Δt_A)	Tiempo entre citas (horas)	$E[N_P]$	$E[\Delta t_{TRAT}]$ (días)	$E[\Delta t_{ES}]$ (horas)	$E[N_V]$	E [Número de análisis al año]
7 a 9 horas	8	57	43.0	0.89	4.6	326.7
	24	90	111.1	1.03	4.6	361.7
	56	103	261.0	1.08	4.7	376.6
	112	125	443.5	1.24	4.5	391.1
	168	127	616.0	1.32	4.4	407.6
	224	142	681.7	1.54	3.9	413.8
	448	133	973.8	1.86	3.1	413.8
	672	129	1348.9	2.11	3.0	428.4
3 a 5 horas	8	220	26.3	1.79	3.62	469
	24	240	54.6	2.15	3.05	489.6
	56	232	117.38	2.19	3	477.6
	112	219	229.28	2.17	3	465.5
	168	213	341.23	2.15	3	463.3
	224	203	453.3	2.18	3	460
	448	171	901.1	2.13	3	451.7
	672	131	1349	2.14	3	433.8

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Círculos de utilidad entre el número de visitas, tiempo de tratamiento y tiempo de espera del consultorio con valores sustituidos (a) inicial, (b) final

Dados estos valores máximos y mínimos de las variables, se establecen los valores de las constantes razonando



Fuente: elaboración propia.

como sigue:

- 1) El paciente prefiere esperar dos horas adicionales en el consultorio (pasar de 53 min a 2h 55min) realizando el mínimo de visitas (3) que esperar sólo 53 min haciendo aproximadamente dos visitas adicionales (4.7). Esto implica $k_{NV} > k_{TES}$.
- 2) El paciente preferiría terminar su tratamiento 5 meses y medio antes (pasar de 5 meses 18 días a 3.2 días) incluso haciendo dos visitas adicionales, $k_{TRAT} > k_{NV}$.
- 3) El paciente preferiría terminar su tratamiento 5 meses y medio antes, aun cuando esperase en el consultorio casi tres horas (2 h 55 min) en lugar de esperar aproximadamente una hora (53 min), $k_{TRAT} > k_{TES}$.
- 4) Si el paciente termina su tratamiento 5 meses y medio antes, esto justificaría hacer dos visitas infructuosas y esperar dos horas más en la clínica, $k_{TRAT} > k_{TES} + k_{NV}$.

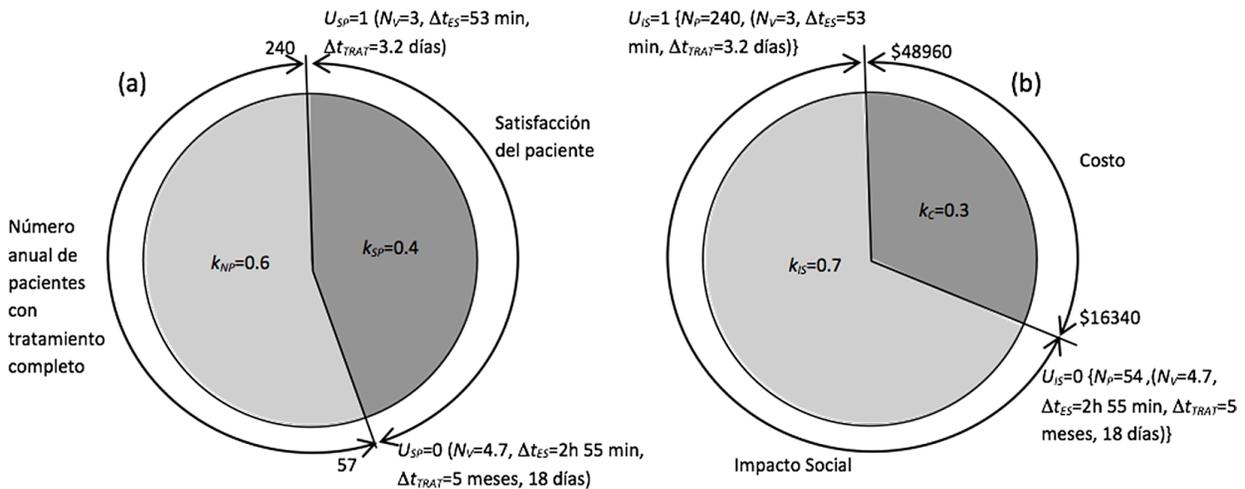
El punto 4 indica que $k_{TRAT} > 0.5$. Entonces, aplicando el método descrito anteriormente, se llega al valor de los parámetros mostrados en la figura 19b.

Para el balance entre el número de pacientes con tratamiento completo (N_p) y la satisfacción del paciente U_{SP} se tiene el CU de la figura 20a.

El cambio de 183 pacientes con tratamiento completo al año (de 57 a 240) es juzgado más importante que el cambio en la satisfacción de los pacientes atendidos, que está dominada por un cambio en el tiempo de tratamiento de 5 meses y medio. Esto implica que $k_{NP} > k_{SP}$. Aplicando el método anterior, se trabaja con k_{NP} de 0.6 y k_{SP} de 0.4.

La comparación de los costos con el impacto social, se lleva a cabo con el CU de la figura 20b. El diagrama permite valorar si vale la pena un gasto anual extra de \$32 mil 620 para pasar de las condiciones de impacto social descritas por $U_{IS}=0$ a las de $U_{IS}=1$. Para nuestro caso de estudio se considera aceptable este cambio, indicando que $k_{IS} > k_C$. La aplicación de la metodología del círculo de utilidad en este caso, se encuentra con la dificultad de que se debe disminuir el valor de U_{IS} hasta encontrar indiferencia con el cambio económico, y, dado que U_{IS} es una métrica compuesta de varios atributos, hay varias formas de hacerlo, las que podrían dar lugar a distintos valores de k_{IS} y k_C . En este caso, la metodología se aplica disminuyendo el número de pacientes con tratamiento completo hasta que el cambio en impacto social sea indiferente al cambio económico. Esto produce $k_{IS}=0.7$ y $k_C=0.3$.

Figura 20. Círculos de utilidad finales (a) entre el número de pacientes con tratamiento completo y satisfacción del paciente y (b) entre el impacto social y el costo



Fuente: elaboración propia.

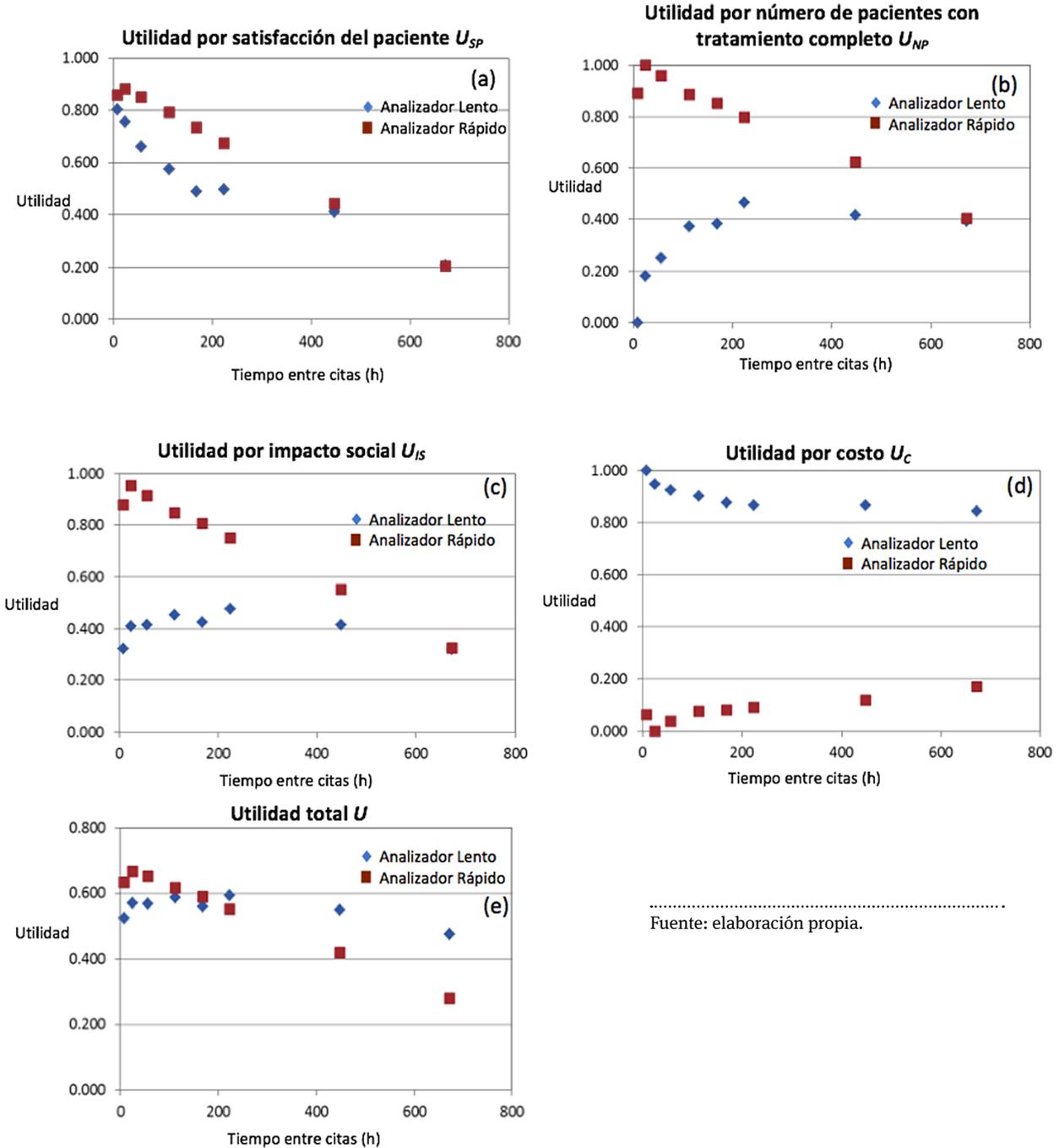
Resultados y análisis de sensibilidad

Usando los parámetros de las funciones de utilidad descritos en la sección anterior, se calculan las utilidades para las alternativas de tiempo entre citas y analizador (figura 21). De la figura 21e, se ve que para el analizador lento, se prefiere utilizar un tiempo entre citas de 224 horas (28 días), pues es el tiempo entre citas que maxi-

miza el número de pacientes con tratamiento completo. Tiempos entre citas más cortos resultan en una gran cantidad de pacientes que desertan y más largos prolongan el tiempo de tratamiento, resultando en menos pacientes con tratamiento completo por año.

La gráfica de utilidad total (figura 21e), muestra que la selección óptima es el analizador rápido con un tiempo entre citas de 24 horas (tres días). Este diseño es el que

Figura 21. Valores de los componentes de utilidad

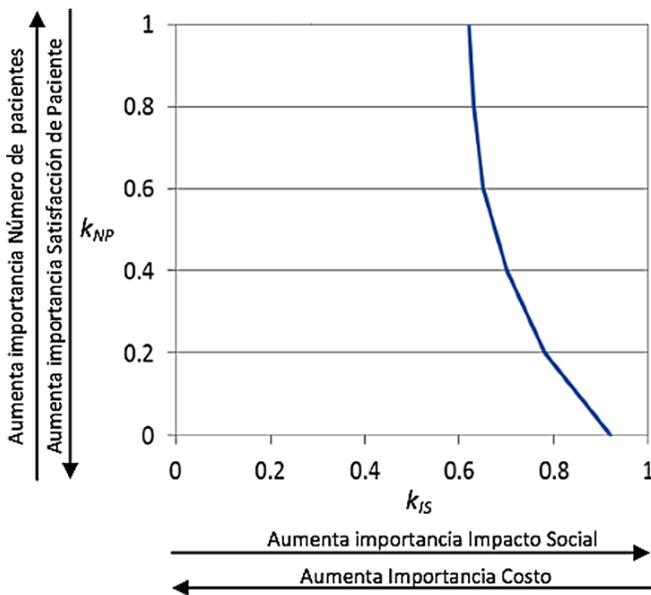


.....
Fuente: elaboración propia.

maximiza el número de pacientes con tratamiento completo al año, pero tiene el costo más alto (figuras 21b y d). Esto se debe al énfasis dentro del sistema de preferencias que se asigna al número de pacientes con tratamiento completo como parte del impacto social ($k_{NP}=0.6$) y al impacto social como parte de la preferencia total ($k_{IS}=0.7$ contra $k_C=0.3$).

La magnitud relativa de los pesos k_{NP} y k_{SP} representan el balance entre la cantidad de pacientes con tratamiento completo y la satisfacción del paciente (el balance cantidad vs. calidad). Por su parte, k_{IS} y k_C representan el balance entre el impacto social alcanzado y el costo incurrido. Un análisis de sensibilidad de la decisión al variar k_{NP} ($k_{SP}=1-k_{NP}$) y k_{IS} ($k_C=1-k_{IS}$) se muestra en la figura 22. La región de la figura donde se prefiere el analizador rápido, se encuentra a la derecha y arriba de la línea mostrada.

Figura 22. Análisis de sensibilidad para los parámetros de valor



Fuente: elaboración propia.

Previsiblemente, se prefiere utilizar el analizador rápido si se coloca un mayor énfasis en el impacto social que en el costo: Si la importancia concedida al rango de resultados de impacto social es de menos de 61% de la utilidad global (o bien se otorga al rango de resultados

de costos una importancia de más de 39% de utilidad global), entonces se prefiere el analizador lento.

Del mismo modo, entre más se enfatice la importancia de la satisfacción del paciente dentro de la métrica de impacto social existe una mayor preferencia por el analizador lento. Esto debido a que los valores máximos respecto de la métrica de satisfacción al paciente, mostrados en la figura 21a, no son muy diferentes entre los dos analizadores: el analizador lento, con tiempo entre citas de 8h, tiene un valor de U_{SP} de 0.8 y el rápido, con tiempo entre citas de 24 horas, de 0.882 (sin embargo, la diferencia entre el número de pacientes con tratamiento completo entre estos diseños es considerable, con sólo 54 para el primero y 240 para el segundo). Por ello, si se enfatiza la satisfacción al paciente dentro de la métrica de impacto social en detrimento del número de pacientes con tratamiento completo, pierde sentido pagar el costo extra del analizador rápido.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó el desarrollo de modelos de decisión para evaluar las decisiones de dos clínicas de atención a la salud. Si bien las alternativas a evaluar y las características de las clínicas eran las mismas, su naturaleza es distinta: en un caso la clínica era privada (cuyo objetivo de operación es obtener ganancias) y en el segundo era pública (operada por el Gobierno). El objetivo es evidenciar el efecto de la estructura de objetivos de la clínica sobre el modelo de decisión desarrollado.

Para casos de estudios hipotéticos de las clínicas, se aplicó una perspectiva de análisis de decisiones y pensamiento enfocado a valores para desarrollar los modelos de decisión, lo que permite una alineación entre los objetivos y el modelo desarrollado. Previsiblemente, cuando la clínica es privada la estructuración de objetivos es relativamente sencilla y no requiere de juicios de valor. La mayor fuente de dificultad es capturar las relaciones inciertas entre las decisiones y el ingreso monetario de la clínica.

Por el contrario, cuando la clínica es pública, la estructuración del modelo de valor (función objetivo) requiere un esfuerzo considerable. Múltiples juicios de valor son requeridos, desde seleccionar la métrica para los objetivos, las formas de la función de utilidad sobre cada uno y los pesos que llevarán para integrar la función global de utilidad.

En este contexto, se presentó una herramienta gráfica, el círculo de utilidad (CU) para obtener los pesos de una función de utilidad multiatributo aditiva. Al igual que el método del balanceo de pesos (BP) el CU considera tanto la naturaleza como el rango de variación en los objetivos, cosa que no hacen los métodos jerárquicos (por ejemplo, AHP). Sin embargo, a diferencia del BP que compara rangos completos de la variación de los objetivos, en el CU se pide al decisor que cambie el rango de los objetivos. Este cambio ayuda al interesado a clarificar su sentir sobre la importancia relativa de los objetivos, pues le permite considerar no sólo su rango de variabilidad y naturaleza, sino también valorar sus cambios. Además, la naturaleza gráfica del CU ayuda al decisor a tener presente las consecuencias de sus juicios de valor.

Dado que se trabajaron casos de estudio hipotéticos, los valores numéricos usados para la obtención de resultados representan una apreciación, plausible desde el punto de vista de los autores, sobre los objetivos y la operación de una clínica privada o pública. Sin embargo, las etapas de construcción y la estructura del modelo de decisión para un caso de la vida real serían equivalentes a los aquí presentados. En una aplicación real las distribuciones de probabilidad subjetiva deberán ser obtenidas de los involucrados mediante procedimientos que garanticen su validez (Lindley, 2006; Morgan y Henrion, 1990) y los juicios de valor proporcionados por los interesados y usados por el CU necesitarían ser probados para asegurar su consistencia (Keeney y Raiffa, 1993).

REFERENCIAS

- Abed-Elmdoust, A., y Kerachian, R. (2012). Regional hospital solid waste assessment using the evidential reasoning approach. *Science of The Total Environment*, 441, 67-76.
- Abo-Hamad, W., y Arisha, A. (2012). Multi-criteria framework for emergency department in Irish hospital. *Proc. of the 2012 Winter Simulation Conf. (WSC)*, 1-12.
- Abo-Hamad, W., y Arisha, A. (2013). Simulation-based framework to improve patient experience in an emergency department. *European Journal of Operational Research*, 224 (1), 154-166.
- Amaral, T. M., y Costa, A.P.C. (2014). Improving decision-making and management of hospital resources: An application of the PROMETHEE II method in an Emergency Department. *Operations Research for Health Care*, 3 (1), 1-6.
- Ballesteros, E., y Maldonado, J.A. (2004). Objective measurement of efficiency: applying single price model to rank hospital activities. *Computers and Operations Research*, 31 (4), 515-532.
- Bodily, S. E. (1977). A Multiattribute Decision Analysis for the Level of Frozen Blood Utilization. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 7 (10), 683-694.
- Chen, A., Hwang, Y., y Shao, B. (2005). Measurement and sources of overall and input inefficiencies: Evidences and implications in hospital services. *European Journal of Operational Research*, 161 (2), 447-468.
- Clemen, R.T. (1996). *Making Hard Decisions*. EUA: Duxbury Press.
- Edwards, W., Miles, R.F., y Winterfeldt, D. von (2007). *Advances in Decision Analysis*. EUA: Cambridge University Press.
- Datta, S. (2012). Multi-criteria multi-facility location in Niwai block, Rajasthan. *IIMB Management Review*, 24 (1), 16-27.
- Friedman, L., y Sinuany-Stern, Z. (1998). Combining ranking scales and selecting variables in the DEA context: The case of industrial branches. *Computers and Operations Research*, 25 (9), 781-791.
- Howard, R. A. (1988). Decision Analysis: Practice and promise. *Management Science*, 34 (6), 679-695.
- Howard, R.A., y Abbas, A.E. (2015). *Foundations of Decision Analysis*. EUA: Pearson.
- Keeney, R.L. (1992). *Value-Focused Thinking*. EUA: Harvard University Press.
- Keeney, R.L., y Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives*. EUA: Cambridge University Press.
- Kim, S. H., y Augenbroe, G. (2013). Decision support for choosing ventilation operation strategy in hospital isolation rooms: A multi-criterion assessment under uncertainty. *Building and Environment*, 60, 305-318.
- Lindley, D.V. (2006). *Understanding Uncertainty*. EUA: John Wiley and Sons.
- Morgan, M.G., y Henrion, M. (1990). *Uncertainty: A guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and*



- policy analysis*. EUA: Cambridge University Press.
- Resnik, M.D. (1987). *Choices*. EUA: University of Minnesota Press.
- Schuwirth, N., Reichert, P., y Lienert, J. (2012). Methodological aspects of multi-criteria decision analysis for policy support: A case study on pharmaceutical removal from hospital wastewater. *European Journal of Operational Research*, 220 (2), 472-483.
- Vahidnia, M. H., Alesheikh, A.A., y Alimohammadi, A. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, 90 (10), 3048-3056.