ISSN: 1692-7257 - Volumen 1 – Número 47 - 2026

ORIGINAL

RCTA
Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada
UNIPAMPLONA

Gestión de la capacidad en condiciones de incertidumbre en un servicio médico especializado

Capacity management under uncertainty in a specialized medical service

Yasniel Sánchez Suárez[1,4]
Carlos Alberto Gómez Cano[2]
Verenice Sánchez Castillo[3]

[1] **Universidad de Matanzas, Facultad de Ingeniería Industrial, Gestión de Procesos y Cadenas de Suministro, Matanzas, Cuba.**
[2] **Corporación Unificada Nacional de Educación Superior, Dirección de Investigaciones, Florencia, Caquetá, Colombia.**
[3] **Universidad de la Amazonia, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación "GIADER", Florencia, Caquetá, Colombia.**
[4] **Proyecto de Desarrollo Local RUTA FUTURO, Centro de Estudios Futuro, Matanzas, Cuba.**

Recibido: 12 julio 2025. Revisado: 12 septiembre 2025. Aceptado: 22 diciembre 2025. Publicado: 07 enero 2026.
Autor de correspondencia: Yasniel Sánchez Suárez

Cómo citar: Y. Sánchez Suárez, C. A. Gómez Cano, and V. Sánchez Castillo, "Gestión de la capacidad en condiciones de incertidumbre en un servicio médico especializado", *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, vol. 1, no. 47, ene. 2026, art. no. 3484, doi: 10.24054/rcta.v1i47.3484

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Resumen:

La asistencia médica exige una respuesta organizada de los gestores sanitarios, en este sentido, planificar y gestionar la capacidad permitirá satisfacer la demanda de atención. El objetivo de la investigación es gestionar la capacidad en condiciones de incertidumbre en un servicio de Urología. Se llevó a cabo una investigación cuantitativa a partir de un estudio de caso de tipo descriptivo y retrospectivo, se desarrolló durante el año 2024 (enero – diciembre). Se diseñó un procedimiento estructurado en cuatro etapas que permite la propuesta de estrategias de mejora de la capacidad. Se determinó la demanda de atención de los grupos relacionados por el diagnóstico definidos y se calculó la capacidad del servicio considerando factores de incertidumbre. Se determinó que el recurso limitante es el salón de operaciones con un porcentaje de utilización de 135 %. La aplicación del procedimiento propuesto en la entidad objeto de estudio, permitió demostrar la utilidad del mismo para la mejora de la gestión de la capacidad bajo incertidumbre.

Palabras clave: capacidad; previsión de la demanda; flujo de pacientes; servicio de urología; método proporcional.

Abstract:

Medical care requires an organized response from health care managers, in this sense, planning and managing capacity will allow meeting the demand for care. The objective of the research is to management capacity under uncertainty in a Urology service. Quantitative research was carried out on the basis of a descriptive and retrospective case study, developed during the year 2024 (January - December). A four-stage structured procedure was designed to allow the proposal of strategies for capacity improvement. The demand for care of the groups related to the defined diagnosis was determined and the capacity of the service was calculated considering uncertainty factors. It was determined that the limiting resource is the operating room with a utilization rate of 135 %. The application of the proposed procedure in the entity under study allowed demonstrating its usefulness for the improvement of capacity management under uncertainty.

Keywords: capacity; demand forecasting; patient flow; urology service; proportional method.

INTRODUCCION

La gestión sanitaria requiere respuestas organizadas dirigidas a maximizar el rendimiento hospitalario y la satisfacción del paciente [1]. En este marco, se han impulsado políticas alineadas con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 3 (salud y bienestar) [2], [3], que destacan la salud como bien público con impacto social y económico, lo que exige la colaboración de múltiples actores del sistema (sistemas de salud, sistema empresarial, comunidad, gobierno) [4], en función de potenciar las capacidades de la cadena de valor médica.

En este escenario, Marqués León [5] plantea que, para mejorar la eficiencia, las diferentes investigaciones evidencian la necesidad de superar las barreres funcionales y avanzar hacia una gestión por procesos, mediante la integración de los departamentos clínicos y administrativos en un modelo colaborativo. En la literatura [6], [7], se distinguen dos visiones principales en la gestión de los diferentes procesos: la clínica, centrada en la atención al paciente, y la administrativa, orientada al gobierno y soporte de los servicios sanitarios [8].

Los hospitales, como componentes esenciales del sistema de salud, deben gestionarse mediante una adecuada planificación, organización y control[9]. Para ello, se han desarrollado herramientas que abordan desde la planificación de recursos hasta la gestión de trayectorias de pacientes y la optimización de capacidad[5],[10],[11]. No obstante, resulta crucial lograr una sinergia entre los procesos asistenciales y administrativos que permita adaptarse a las variaciones en la demanda[8],[12].

La gestión de la demanda hospitalaria es un proceso complejo, influido por el diseño de rutas asistenciales[13], la capacidad instalada[14]y la incertidumbre en los arribos[15]. La demanda se caracteriza por ser virtualmente infinita, volátil e impredecible[16], lo que hace necesario adoptar métodos de pronóstico que permitan anticipar su comportamiento[10]. Entre estos métodos se encuentran los cualitativos (juicio experto), cuantitativos (modelos matemáticos) y aquellos basados en inteligencia artificial[17].

El diseño de rutas de atención está estrechamente relacionado con la gestión de las trayectorias de pacientes[13], considerado en la literatura como el movimiento de estos por las diferentes etapas de tratamiento con el objetivo de recibir atención[10], además su coordinación eficiente garantiza rutas de atención más efectivas.

Por su parte, la capacidad instalada depende de la demanda de asistencia, una vez que la demanda supera la capacidad, los pacientes deben esperar para recibir un tratamiento, por lo que gestionar la capacidad implica a su vez una gestión de la demanda con las diferentes fluctuaciones o incertidumbres en el arribo[18].

La aplicación correcta y la estructuración de la información para el despliegue potencia la toma de decisiones acertadas de la capacidad, reconocida como una de las funciones principales de la administración de operaciones (AO)[19], y mide en el contexto de los servicios de salud, la cantidad de atención que se puede brindan en un período de tiempo.

Sin embargo, en escenarios de alta incertidumbre como los sistemas hospitalarios especialmente en contextos con recursos limitados, los enfoques tradicionales de pronóstico y planificación suelen resultar insuficientes[20]. Estudios recientes señalan que la mayoría de los modelos existentes no logran capturar adecuadamente la variabilidad e imprevisibilidad de la demanda, ni se integran de manera operativa en la gestión diaria de la capacidad[19],[21]. Esta brecha se acentúa en servicios especializados como la Urología, donde la fluctuación en la demanda y las limitaciones de recursos pueden generar listas de espera prolongadas, subutilización de camas y salas, y deficiencias en los sistemas de información para el seguimiento de pacientes[22].

En el Servicio de Urología del Hospital Clínico Quirúrgico Docente “Faustino Pérez” de Matanzas, Cuba, se han observado problemas concretos como la programación deficiente de camas y salas, listas de espera extensas, deficiente sistemas de información e informáticos en apoyo al seguimiento de la demanda y una planificación insuficiente de recursos limitados. Estos aspectos evidencian un vacío en la capacidad para planificar bajo condiciones de incertidumbre, donde los métodos actuales no ofrecen soluciones adaptativas y proactivas.

En este contexto, el aporte específico de esta propuesta metodológica radica en que combina modelación cuantitativa con ajuste basado en estudios de la demanda en condiciones de incertidumbre, diseñada para entornos con restricciones de recursos y alta variabilidad en la demanda, lo que contribuye así a una gestión más resiliente y eficiente de los servicios urológicos hospitalarios.

En consecuencia, el objetivo de la investigación es gestionar la capacidad en condiciones de incertidumbre en un servicio de Urología.

REVISION BIBLIOGRAFICA

La optimización de recursos limitados para satisfacer las necesidades de los pacientes se convierte en una necesidad de las instituciones hospitalarias, en función de cumplir con su objeto social[23], en este escenario, la planeación y coordinación

de recursos médico y no médicos se convierte en un reto para los gestores sanitario[22].

Jiménez Paneque [24] enuncia alguno de los criterios para el análisis de la capacidad hospitalaria, entre ellos: calidad, seguridad, eficiencia o eficacia; desde la perspectiva de la AO es una de las herramientas que permiten determinar la cantidad de recursos (quirófanos, personal asistencial, camas, recursos materiales, mobiliario y medios de diagnóstico), por unidad de tiempo disponible para afrontar la demanda [25], [26].

La optimización de recursos en entornos hospitalarios ha evolucionado desde enfoques tradicionales, como la planificación mediante métodos heurísticos [27], hacia metodologías analíticas más sofisticadas [28], [29]. Esta transición responde a la necesidad de gestionar la inherente incertidumbre en la demanda de servicios de salud y de mejorar la eficiencia operativa.

La planificación de la capacidad en función de la incertidumbre se debe realizar desde los niveles estratégicos (largo plazo) hasta lo operativo (corto plazo), elemento que según Sánchez Suárez y otro[30]permite la mejora de los porcentajes de utilización de la capacidad hospitalaria (Fig. 1), además, favorece el control y la organización del trabajo.

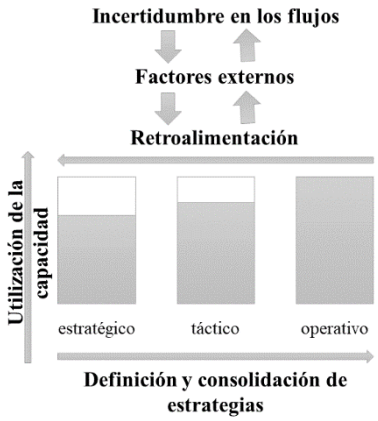

Fig. 1. Estrategia para la planificación de la capacidad hospitalaria. Fuente: Sánchez Suárez y otro [30].

En la tabla 1 se muestra un análisis de procedimientos para la planificación de la capacidad en instituciones hospitalarias.

Tabla 1: Análisis de procedimientos para la planificación de la capacidad en instituciones hospitalarias

Enfoque / Referencia	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]	[11]	[37]	[30]	[38]
año	2011	2016	2019	2020	2020	2021	2022	2023	2023	2023
Teoría de cola			X							
Indicadores	X									
Dinámica de sistemas				X	X					
Simulación		X			X		X			
Análisis Envolvente de Datos (DEA)						X				
Métodos heurísticos								X	X	X

Fuente: elaboración propia.

Del estudio de procedimientos se analizan sus brechas y se identifican posibilidades de mejoras en cuanto a: (1) la identificación de restricciones en la planificación de la capacidad, (2) la identificación de factores de incertidumbre y su utilización en el cálculo de la previsión de la demanda, (3) el despliegue de tecnologías informáticas en apoyo a la toma de decisiones y (4) potenciación de soluciones integrales a partir del uso de coordinadores.

Mientras que los métodos tradicionales o heurísticos ofrecen simplicidad y rapidez[30], los enfoques avanzados como la simulación discreta, los modelos estocásticos, la optimización matemática y la programación robusta permiten un análisis más profundo y adaptativo de los sistemas de salud[39].

Los métodos heurísticos y la planificación basada en criterios proporcionales se fundamentan en reglas prácticas, experiencias previas o ratios históricas[30]. Su principal ventaja reside en su implementación sencilla y su bajo requerimiento computacional, lo que los hace útiles en contextos de decisión rápida o con limitaciones de datos. No obstante, presentan limitaciones significativas[40]: no garantizan soluciones óptimas, suelen ser poco adaptativos a cambios dinámicos y no manejan explícitamente la variabilidad e incertidumbre del sistema, lo que puede derivar en subutilización de recursos o saturación de servicios.

En contraste, la simulación discreta de eventos emerge como una herramienta poderosa para modelar la complejidad de los flujos hospitalarios. Este enfoque permite reproducir de manera dinámica procesos como la admisión de pacientes, la utilización de quirófanos y el alta hospitalaria, facilitando la identificación de cuellos de botella y la evaluación de escenarios “what-if” sin alterar el sistema real[41]. Su fortaleza radica en incorporar comportamientos estocásticos y variabilidad, aunque no

proporciona por sí misma soluciones optimizadas, sino más bien un diagnóstico detallado del sistema.

Para abordar directamente la incertidumbre, los modelos estocásticos incorporan distribuciones de probabilidad para variables clave, como los tiempos de servicio o la llegada de pacientes. Esto permite cuantificar riesgos y calcular métricas de desempeño bajo condiciones variables, ofreciendo una base más sólida para la previsión de la demanda[42]. Sin embargo, requieren supuestos estadísticos y pueden volverse matemáticamente complejos.

La búsqueda de asignaciones óptimas de recursos encuentra su marco natural en la optimización matemática y, particularmente, en la programación robusta. Estas metodologías formulan el problema de planificación con un conjunto de restricciones y una función objetivo (como minimizar costos o tiempos de espera)[43]. La programación robusta extiende este enfoque para considerar múltiples escenarios de incertidumbre, lo que genera soluciones que son factibles y de buen desempeño ante una gama de condiciones futuras, sin depender de una distribución de probabilidad completa. Aunque su costo computacional y requerimiento de datos son mayores, ofrecen el mayor rigor y potencial de optimalidad entre los enfoques analizados.

MATERIALES Y METODOS

Se llevó a cabo una investigación cuantitativa[9], a partir de un estudio de caso de tipo descriptivo y retrospectivo con la finalidad de planificar la capacidad en un servicio de Urología bajo condiciones de incertidumbre, se desarrolló durante el año 2024 (enero – diciembre), se seleccionó estudiar los pacientes con síndrome obstructivo urinario, con 143 egresos que representan el 52,5 % del total (Fig. 2).

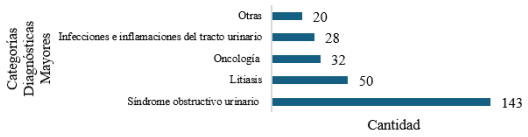

Fig. 2. *Análisis de la cantidad de egresos del servicio Urología.*
Fuente: elaboración propia.

En función de las brechas encontradas y las oportunidades de mejoras sugeridas se confeccionó un procedimiento para la planificación de la capacidad en servicios hospitalarios bajo condiciones de incertidumbre, estructurado en cuatro etapas.

Descripción del procedimiento

Etapa 1. Descripción del servicio seleccionado

Para la descripción del servicio seleccionado se pueden utilizar diagramas de flujo As – Is[10]o de funciones cruzadas que permite observar la secuencia de actividades por etapas del tratamiento, elemento que permite a los gestores localizar con mayor rapidez los recursos disponibles. Para apoyar el proceso de confección se recomiendan las siguientes preguntas: ¿Qué produce este paso?, ¿Quién recibe este resultado? y ¿Qué pasa después? Para la confección se utilizó el Microsoft Visio 2016.

Para el análisis de los problemas relacionados con la capacidad en el servicio se utilizó la teoría de las restricciones (TOC) con la confección del árbol de realidad actual y futuro (Fig. 3), estructurado en tres pasos[10]: Paso 1. Construcción del mapa de flujo de valor actual, Paso 2. Construcción de la nube o diagrama de conflicto y Paso 3. Construcción del mapa de flujo de valor futuro.

Etapa 2. Determinación de la demanda de asistencia

Inicialmente se identificaron los objetivos de pronóstico y se realizó la agrupación de pacientes a partir del procedimiento propuesto por Marqués León, et al.[5]. La recogida de datos relacionadas con la demanda de asistencia de los grupos relacionados por el diagnóstico (GRD) definidos la realizaron los estudiantes verticales en el servicio.

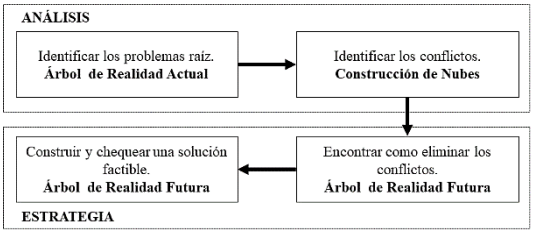

Fig. 3. *Análisis del servicio mediante el pensamiento TOC.*
Fuente: Sánchez Suárez [10].

Este proceso se organizó en tres grupos con horarios diferentes: el primero de 8:00 am – 4:00 pm, el segundo de 4:01 pm – 12:00 am y el tercero de 12:01 am – 7:59 am, supervisados por el coordinador de flujos (jefe del equipo de enfermería del servicio).

Para el cálculo del pronóstico se utilizó el software IBM SPSS Statistics 22 por las potencialidades que muestra con el modelizador experto, que apoya el proceso de selección del modelo de pronóstico que más se ajusta a cada uno de los GRDs, se incorpora el criterio de expertos mediante la encuesta propuesta por Sánchez-Suárez, et al.[27], con apoyo de(1).

$Previsión = Pronóstico \pm O_e$	(1)

Donde:

- O_e: Representa el criterio subjetivo del experto con un margen de error.

Etapa 3. Cálculo de la capacidad del servicio

Para el cálculo de la capacidad del servicio se identificaron los recursos limitantes del sistema con el apoyo de la tabla 2.

Tabla 2: Identificación y priorización de recursos limitantes

Recurso limitante	Etapa del tratamiento	Nivel de prioridad
Recurso 1	X1	1 o 2
Recurso 2	X2	1 o 2
Recurso z	Xn	1 o 2

Fuente: elaboración propia.

El nivel de prioridad para la gestión de la capacidad de recursos limitantes se interpreta como: [1] Prioridad máxima, representado por los recursos indispensables en la asistencia en la etapa del tratamiento x y [2] Prioridad media – baja, representado por los recursos complementarios a la asistencia. La delimitación y clasificación de los recursos quedó a cargo del jefe de servicios.

Para la determinación de la capacidad del servicio (C_s) que es la demanda de atención que puede asumir el servicio en un período de tiempo (ecuación 2), es necesario recopilar las demandas de atención resultantes de la previsión de la demanda, calcular el los fondos de tiempo (F_j) de cada recurso limitante con prioridad máxima, mediante la ecuación 3 que se expresa como la cantidad de horas disponibles de los recursos al año (horas/año).

La ecuación 4 muestra la carga real del recurso limitante durante toda la asistencia (Q_j)que se expresa como el consumo de los recursos al año (horas/año). El coeficiente de capacidad (W_j) relaciona el fondo de tiempo disponible al año con su consumo (ecuación 5) y el porcentaje de utilización(P_j), que se expresa en porciento (%), lo que apoya el desarrollo de estrategias de mejora (ecuación 6).

$$C_s = \text{Demanda de atención} * W_j$$

$$F_j = \text{cantidad de recursos} * \frac{\text{horas}}{\text{días}} * \frac{\text{días}}{\text{semana}} * \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} * \frac{\text{meses}}{\text{año}} * (1 - P_s)$$

$$Q_j = \sum_{i=1}^{n} \text{Demanda de atención} * \text{tiempo de atención}$$

$$W_j = \frac{F_j}{Q_j}$$

$$P_j = \frac{1}{W_j} * 100$$

Donde:

- P_s: Porcentaje de paradas por mantenimiento u otras causas.

En entrevista con la subdirectora de asistencia médica se identificó que el servicio cuenta con el salón con actividad 5 horas al día, 3 días a la semana, 4 semanas al mes, los 12 meses del año y que según datos históricos las interrupciones programadas en un 10 %.

Los criterios para la selección de la etapa del tratamiento que limita la atención y el punto fundamental se utilizaron los criterios de[27]y[30].

Etapa 4. Propuesta de estrategias

Para la propuesta de estrategias de mejora de la capacidad del servicio se deben tener en cuenta las causas y subcausas identificadas durante el proceso de pensamiento TOC. Estas estrategias fueron consensuadas en la reunión matutina del servicio entre todos los estudiantes, residentes, especialistas, directivos que participan.

RESULTADOS

Se presentan los resultados de la aplicación del procedimiento propuesto.

Etapa 1. Descripción del servicio seleccionado

La Fig. 4 muestra la representación del servicio de Urología.

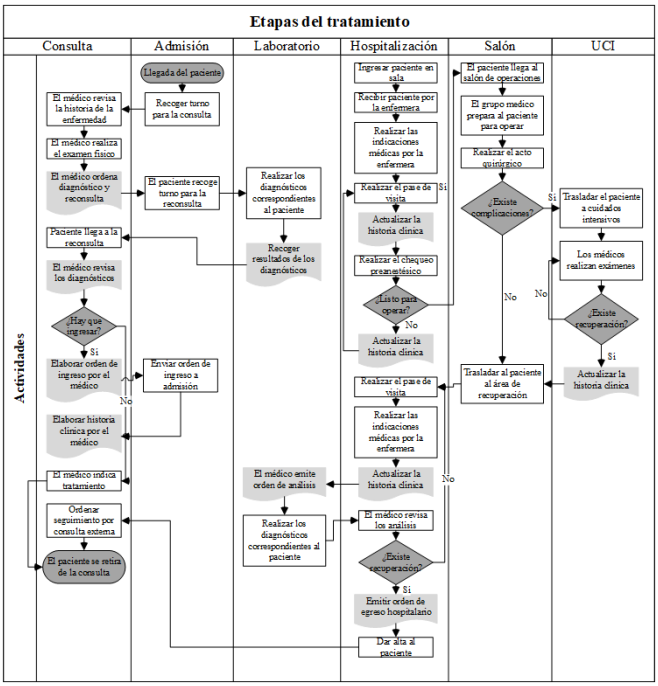

Fig. 4. *Diagrama de funciones cruzadas del servicio Urología.*
Fuente: elaboración propia.

Se realizó una tormenta de ideas con el equipo de trabajo, de manera no estructurada, admitiéndose todo tipo de criterios, enfocados en las situaciones que impiden que exista una planeación agregada de la capacidad bajo incertidumbre en el servicio. A partir de los resultados de la lluvia de idea se aplica la técnica del Árbol de Realidad Actual y Futura que permite detallar la problemática del flujo de paciente en este proceso y mostrar los estados deseables que se quieren alcanzar (Fig. 5).

Al analizar los resultados se aprecia que el problema más importante a juicio de los expertos son los relacionados con la planeación agregada de la capacidad bajo incertidumbre en el servicio asociado a causas como desaprovechamiento de los salones de operaciones, insuficiente capacidad de salas, deficiente planificación de las actividades y escasez de insumos médicos.

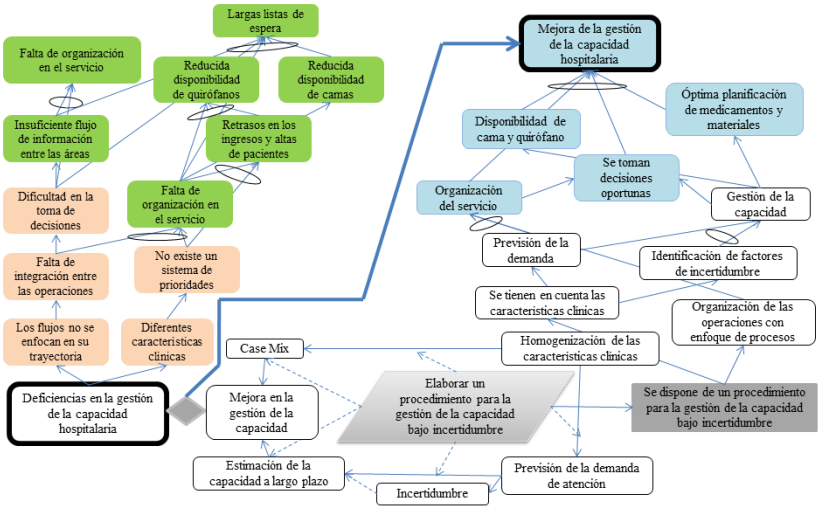

Fig. 5. *Análisis de la situación actual del servicio Urología.*
Fuente: elaboración propia.

Se identificaron como los principales GRDs en el servicio según la categoría diagnóstica mayor (CDM) definida a: Estenosis de uretra con tratamiento médico (CIE 10 N35), Estenosis de uretra con tratamiento instrumental (CIE 10 N35.1), Estenosis de uretra con tratamiento endoscópico (CIE 10 N35.2), Estenosis de uretra con cirugía abierta (CIE 10 N40), Hiperplasia Benigna Prostática con tratamiento médico (CIE 10 N40.1), Hiperplasia Benigna Prostática con tratamiento endoscópico (CIE 10 N40.2), Hiperplasia Benigna Prostática con cirugía abierta (CIE 10 C61), Adenocarcinoma prostático con tratamiento médico (CIE 10 C61.1), Adenocarcinoma prostático con tratamiento endoscópico (CIE 10 C61.2), Adenocarcinoma prostático con tratamiento laparoscópico (CIE 10 C61.3) y Adenocarcinoma prostático con cirugía abierta (CIE 10 N35).

La Fig. 6 muestra la serie de tiempo con el pronóstico para el modelo_1 CIE 10 N35.2.

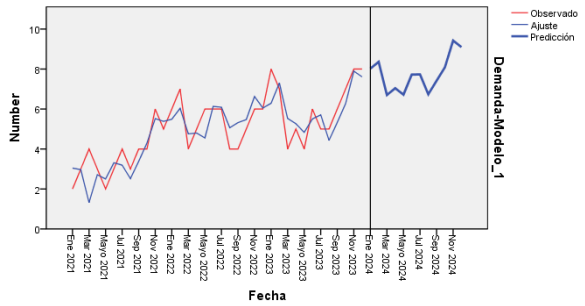

Fig. 6. *Pronóstico para el modelo_1 CIE 10 N35.2.*
Fuente: elaboración propia.

La previsión de la demanda de atención se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Previsión de la demanda de atención

CIE	Ene 2023	Feb 2023	Mar 2023	…	Nov 2023	Dic 2023	Total
CIE 10 N35.2	8	8	8	…	9	9	96
CIE 10 N40	7	6	8	…	7	8	88
CIE 10 C61	9	9	9	…	9	10	110
CIE 10 C61.2	9	7	7	…	8	10	96
CIE 10 C61.3	9	8	9	…	7	8	94
CIE 10 N65	6	6	7	…	7	7	74

Fuente: elaboración propia.

La tabla 4 muestra el resumen de recursos limitantes en el servicio.

Etapa 3. Cálculo de la capacidad del servicio

Tabla 4: Identificación de recursos limitantes

Recurso limitante	Etapa del tratamiento	Nivel de prioridad
Camas	Hospitalización	1
Medios de diagnóstico	Consulta interna	2
Salones	Etapa quirúrgica	1
Recursos humanos	Todas	2

Fuente: elaboración propia.

Los valores relacionados con el tiempo de duración de las cirugías y en salón de los GRDs definidos y el tiempo promedio de hospitalización (tiempo que el paciente demora en el hospital ocupando una cama), se relacionan en la tabla 5.

Tabla 5: Información de los GRDs

GRDs	Duración de la cirugía (minutos)	Tiempo en Salón quirúrgico (minutos)	Duración media de estadía (unidad/días = cama)
CIE 10 N35.2	75	105	2
CIE 10 N40	60	90	4
CIE 10 C61	60	90	3
CIE 10 C61.2	60	90	2
CIE 10 C61.3	60	90	2
CIE 10 N65	70	100	2

Fuente: elaboración propia.

De la aplicación del método para el cálculo de la capacidad del servicio se obtuvieron los siguientes resultados: La capacidad disponible del servicio urología para el año 2024 es de 71, 65, 81, 71, 69 y 55 para los GRDs: CIE 10 N35.2, CIE 10 N40, CIE 10 C61, CIE 10 C61.2, CIE 10 C61.3 y CIE 10 N65 respectivamente.

Se determinó el recurso salón como punto fundamental bajo el criterio de que es ahí donde radica el mayor empleo de recursos gastables, ser los más costosos y los más escasos actualmente debido a la difícil situación en la que se encuentra el

país. La aplicación de este método arrojó que los salones son el recurso que más limita la capacidad en este servicio con un valor de W_j=0,74.

Etapa 4. Propuesta de estrategias

Entre las estrategias de mejoras al servicio el equipo de expertos propone:

1. Estudiar la cantidad y organización de las camas en las salas para detectar reservas en cuanto a la distribución de las mismas. Valorar la posibilidad de aumentar su número.
2. Continuar con la implementación de técnicas innovadoras que permitan la realización de cirugías no invasivas. Esto aumenta realización de cirugías ambulatorias, reduce la estadía hospitalaria, y por tanto disminuye el empleo de las camas en las salas.
3. Incrementar ocho camas a la sala de ingreso del servicio de Urología, las cuales no afectan ningún protocolo de higiene.
4. Realizar una planificación de medicamentos en función de las necesidades de atención a nivel estratégico, táctico y operativo.
5. Realizar la asignación de materiales de uso médico y no médico en función de la demanda del servicio.
6. Continuar con el proceso de auditorías, revisión de evaluación de Historia Clínica (H.C.) que se desarrolla para mejorar la calidad de los documentos metodológicos en especial la H.C.
7. Verificar sistemáticamente por muestreo que los casos que se operen provengan del registro y actuar consecuentemente si se detectan casos fuera de lo establecido.
8. Controlar el libro de registro de pacientes pendientes y garantizar su completamiento y uso sistemático.

DISCUSION

La gestión de la capacidad es un tema de interés en investigaciones recientes[27],[29], y obtuvo mayor relevancia luego de la pandemia del COVID-19 donde la demanda de atención aumentó bruscamente[44]. En este escenario, la organización de los servicios y su descripción es fundamental identificar todas las actividades y sus relaciones de precedencia para garantizar la continuidad en la atención con un enfoque en la trayectoria del paciente. Este proceso puede optimizarse mediante el uso de coordinadores de flujo, lo cual está en línea con lo reportado por Subramony, et al.[45], quienes destacan el papel de estos coordinadores en la gestión de trayectorias de pacientes, especialmente en contextos de alta demanda y variabilidad. La representación gráfica del flujo mediante diagramas de funciones cruzadas como el mostrado en la Figura 4 permite visualizar las conexiones entre actividades y facilita la identificación de cuellos de botella.

Por otra parte, la identificación de restricciones de capacidad se realizó mediante un enfoque colaborativo entre expertos, guiado por un investigador con experiencia, lo que permitió integrar múltiples perspectivas y priorizar los recursos limitantes de manera consensuada. Esta práctica es consistente con lo sugerido por Loorbach and Wittmayer[46], quienes enfatizan la importancia del trabajo interdisciplinario en la planificación de capacidad hospitalaria.

En cuanto a la estimación de la demanda, el procedimiento propuesto incorpora la opinión de expertos para ajustar los pronósticos cuantitativos, tal como recomiendan Ackermann and Sellitto[17]. Este enfoque híbrido permite corregir posibles sesgos de los modelos estadísticos y adaptar las proyecciones a condiciones locales o cambios contextuales. Es crucial que estos valores sean actualizados y monitoreados continuamente, dada la dinámica propia de los sistemas hospitalarios y la influencia de factores externos imprevistos.

El análisis del comportamiento de los GRD es esencial para seleccionar el método de pronóstico adecuado. Como señalan Rodríguez Jáuregui, et al.[16], la demanda hospitalaria es volátil e impredecible, por lo que no todos los GRD pueden modelarse únicamente con series de tiempo; en algunos casos, pueden requerirse métodos cualitativos o de inteligencia artificial. La elección del método influye directamente en la precisión de la previsión y, por ende, en la planificación de capacidad.

La capacidad del servicio se calcula mediante el coeficiente de proporcionalidad (W_j), que relaciona el fondo de tiempo disponible con la carga impuesta por los recursos limitantes. Cuando $W_j < 1$, el servicio carece de capacidad para atender la demanda prevista, lo que exige decisiones de ajuste inmediatas por parte de los gestores. Por el contrario, un $W_j > 1$ indica que el servicio dispone de capacidad suficiente.

La tabla 6 muestra un análisis de sensibilidad con la finalidad de validar y demostrar la solidez del procedimiento propuesto. Para ello se crearon cuatro escenarios (E):

- E_1: Aumenta la demanda en 5 pacientes y disminuye en un 5 % las interrupciones programadas.
- E_2: Disminuir la demanda en 5 pacientes y se eliminan las interrupciones.
- E_3: Se aumenta el tiempo de atención a 5 días a la semana (referencia 3 días) y las interrupciones se mantienen en un 10 %.
- E_4: Se aumenta el tiempo de atención a 4 días a la semana (referencia 3 días) y disminuye en un 5 % las interrupciones programadas.

Tabla 6: Análisis de sensibilidad

Escenario	^{r}j	^{q}j	^{w}j	Análisis
E_1	41040	52464	0,78	$W_j < 1$
E_2	38880	49575	0,78	$W_j < 1$
E_3	64800	52400	1,24	$W_j > 1$
E_4	54720	52400	1,04	$W_j > 1$

Fuente: elaboración propia.

Un aumento en la demanda de 5 pacientes, pero con una disminución del 5 % de las interrupciones programadas el coeficiente de capacidad aumenta de 0,74 a 0,78. De igual forma un aumento en los tiempos de atención de 3 a 5 días a la semana con interrupciones programas del 10 % el coeficiente de capacidad aumenta a 1,24 ($W_j > 1$) lo que representa que el servicio cuenta con capacidad y reservas del 24 %. Estos escenarios subrayan la importancia de monitorear continuamente los factores clave que influyen en la incertidumbre en la gestión del proceso para así establecer márgenes de seguridad elemento que permitiría construir un perfil de riesgo y definir umbrales para activar medidas correctivas.

Entre las limitaciones del procedimiento, en coincidencia con Marrero Otero, et al.[14], se encuentran los desafíos en la precisión de la planificación a largo plazo y la carencia de un instrumento formal para identificar y vincular factores de incertidumbre con los planes de prevención de riesgos hospitalarios. Además, el método depende críticamente de la calidad de los datos y de la recalibración periódica de los pronósticos.

Una simulación interna mostró que, sin la actualización continua con criterio experto, el error del pronóstico podría aumentar entre un 25 % y un 40 % tras seis meses, comprometiendo la validez deW_j[47]. Por tanto, la implementación exitosa exige un compromiso institucional con la mejora continua de los sistemas de información y la revisión periódica de los supuestos del modelo.

CONCLUSIONES

La aplicación del procedimiento propuesto en la entidad objeto de estudio sugiere su posible utilidad para la mejora de la planificación agregada de capacidad en contextos de incertidumbre. Los resultados obtenidos en este caso específico permiten observar su funcionamiento y la identificación sistemática de recursos limitantes lo que se traduce en construir perfiles de riesgo y definir umbrales para activar medidas correctivas.

El proceso de servicio fue representado gráficamente mediante diagramas de funciones cruzadas, una herramienta que facilita la descripción de las conexiones entre actividades y permite un análisis integrado de la trayectoria del paciente, desde la admisión hasta el alta. No obstante, la generalización de esta representación a otros servicios u hospitales con estructuras o flujos diferentes requiere de adaptaciones contextuales.

En cuanto al análisis de la demanda, se definieron 11 GRDs dentro del servicio y se estudió una muestra de 273 pacientes atendidos durante 2024. De estos, solo seis GRDs de tipo quirúrgico fueron analizados en profundidad para la previsión mensual de 2025. Cabe señalar que la validez del pronóstico está condicionada por la estabilidad temporal de los patrones de demanda y por la calidad de los registros históricos. La inclusión de la opinión de expertos, aunque enriquecedora, introduce un componente subjetivo que debe ser gestionado con transparencia metodológica.

Los resultados indicaron que el recurso más limitante en el servicio estudiado es el salón de operaciones, con un porcentaje de utilización del 135 %. La capacidad disponible calculada para 2024 varió entre 55 y 81 atenciones según el GRD. Sin embargo, estos valores dependen críticamente de los supuestos de tiempo de atención, fondos de tiempo disponibles y factores de incertidumbre considerados. El coeficiente de proporcionalidad (W_j) resultó ser un indicador útil para señalar brechas, pero su precisión está ligada a la rigurosidad de las estimaciones de entrada.

El estudio presenta limitaciones en su aplicabilidad a largo plazo, lo que disminuye la precisión en la planificación, por otro lado, la falta de mecanismos formales para identificar otras fuentes de incertidumbre, dependencia de datos históricos y personal especializado, un enfoque restrictivo en un servicio y hospital. En futuras líneas de investigación se propone desarrollar protocolos de calibración, una herramienta de decisión integrada, incorporar gestión de riesgo, complementar el procedimiento con simulaciones y evaluar la reproducibilidad en otros sistemas de salud.

REFERENCIAS

[1] Y. Ferrer Lozano and Y. Morejón Trofimova, “Gestión intersectorial, herramienta para la gestión de políticas públicas. Una experiencia cubana en la atención primaria de salud,” *Panorama Cuba y Salud*, vol. 16, no. 2, pp. 142-145, 2021.

[2] J. L. Di Fabio, R. Gofin, and J. Gofin, “Análisis del sistema de salud cubano y del modelo atención primaria orientada a la comunidad,” *Revista Cubana de Salud Pública*, vol. 46, p. e2193, 2020.

[3] S. R. Tushar, M. A. Moktadir, S. Kusi-Sarpong, and J. Ren, “Driving sustainable healthcare service management in the hospital sector,”

Journal of Cleaner Production, vol. 420, p. 138310, 2023.

[4] D. A. Sánchez Torres, "Accesibilidad a los servicios de salud: debate teórico sobre determinantes e implicaciones en la política pública de salud," *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, vol. 55, no. 1, pp. 82-89, 2017.

[5] M. Marqués León, E. Negrin Sosa, A. Hernández Nariño, D. Nogueira Rivera, and A. Medina León, "Modelo para la planificación de medicamentos y materiales de uso médico en instituciones hospitalarias," *Gestión y política pública*, vol. 26, no. SPE, pp. 79-124, 2017.

[6] J. R. González-Juanatey, A. V. Lamela, J. M. García-Acuña, and B. P. Iglesias, "Gestión clínica en el área cardiovascular. Medir para mejorar," *Revista Española de Cardiología*, vol. 74, no. 1, p. 8, 2020.

[7] Y. Sánchez Suárez, L. Trujillo García, M. Marqués León, and O. Santos Pérez, "Los indicadores de gestión hospitalarias en tiempos de Covid 19.," *Visionario Digital*, vol. 5, no. 4, pp. 58-77, 2021.

[8] Y. Sánchez-Suárez, M. Marqués-León, and V. Sánchez-Castillo, "Markov chains in the improvement of hospital patient flows: a bibliometric analysis," *Revista Médica Electrónica*, vol. 46, 2024.

[9] Y. Sánchez Suárez, M. Marqués León, A. Hernández Nariño, and M. Suárez Pérez, "Metodología para el diagnóstico de la gestión de trayectorias de pacientes en hospitales," *Región Científica*, vol. 2, no. 2, p. 2023115, 2023.

[10] Y. Sánchez Suárez, "Instrumento metodológico para la gestión de flujos de pacientes de instituciones hospitalaria," Tesis de Doctorado, Universidad de Matanzas. Facultad de Ciencias Técnicas, Matanzas, Cuba, 2023.

[11] S. Hernández González, J. A. Jiménez García, M. D. Hernández Ripalda, and I. de la Cruz Madrigal, "Simulación y optimización de sistemas de vacunación con capacidad finita," *Horizonte sanitario*, vol. 21, no. 3, pp. 495-503, 2022.

[12] J. Flores Arévalo and H. P. Barbarán Mozo, "Plan integral de mejora para fortalecer la gestión hospitalaria a nivel institucional en la región San Martin, 2021," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, no. 1, pp. 2436-2460, 2022.

[13] P. Bhattacharjee and P. K. Ray, "Patient flow modelling and performance analysis of healthcare delivery processes in hospitals: A review and reflections," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 78, pp. 299-312, 2014.

[14] B. A. Marrero Otero, L. Trujillo García, Y. Sánchez Suárez, and O. Santos Pérez, "Aplicación de procedimiento para la planificación de capacidad en los servicios," *Ciencias Holguín*, vol. 28, no. 3, pp. 21-32, 2022.

[15] A. Chenou, L. Brillouet, S. Guillon, P. Bilbault, and T. Pelaccia, "Characteristics of emergency nurse practitioner professional identity: A multicenter qualitative study," International Journal of Nursing Studies Advances, Article vol. 9, 2025, Art. no. 100384.

[16] G. R. Rodríguez Jáuregui, A. K. González Pérez, S. Hernández González, and M. D. Hernández Ripalda, "Análisis del servicio de Urgencias aplicando teoría de líneas de espera," *Contaduría y administración*, vol. 62, no. 3, pp. 719-732, 2017.

[17] A. E. Ackermann and M. A. Sellitto, "Métodos de previsão de demanda: uma revisão da literatura," *Innovar*, vol. 32, no. 85, pp. 83-99, 2022.

[18] A. González-Portillo and G. Jaraíz-Arroyo, "To care for or to accompany? Determining factors for an inclusive work environment in Community Social Services of Andalusia (Spain)," Poverty and Public Policy, Article vol. 13, no. 3, pp. 293-305, 2021.

[19] R. G. Schroeder and S. M. Goldstein, Operations Management in the Supply Chain. Decisions and Cases, 8 ed. Estados Unidos, 2021.

[20] W. N. Harrison, V. S. Mittal, J. K. O'Toole, R. A. Quiñonez, R. Mink, and J. K. Leyenaar, "Child Health Needs and the Pediatric Hospital Medicine Workforce: 2020–2040," Pediatrics, Article vol. 153, 2024, Art. no. e2023063678M.

[21] C. Pérez Briceño, P. Ponce-Cruz, A. Robinson Fayek, B. Anthony, R. Bradley, and A. Molina-Gutierrez, "Discrete event simulation for photovoltaic integration in sustainable manufacturing– A review and future directions," Renewable and Sustainable Energy Reviews, Review vol. 216, 2025, Art. no. 115676.

[22] M. Grida and M. Zeid, "A system dynamics-based model to implement the Theory of Constraints in a healthcare system," *Simulation*, vol. 95, no. 7, pp. 593-605, 2019.

[23] A. R. Hernández Rodríguez, "Bases metodológicas para la gestión por procesos en los servicios hospitalarios," *Infodir (Revista de Información para la Dirección en Salud)*, vol. 17, no. 35, pp. 1-23, 2021.

[24] R. E. Jiménez Paneque, "Indicadores de calidad y eficiencia de los servicios hospitalarios: Una mirada actual," *Revista cubana de salud pública*, vol. 30, no. 1, pp. 0-0, 2004.

[25] M. C. Córdova Aguilar, "Diseases and Care to Patients Admitted to the Hospital of San Cosme and San Damián de Antequera, Oaxaca (1703-1710)," Estudios de Historia Novohispana, Article vol. 2025, no. 72, pp. 41-75, 2025.

[26] O. Cosido-Cobos, "Predictive modeling of hospital emergency department demand using artificial intelligence: A systematic review," International Journal of Medical Informatics, Review vol. 207, 2026, Art. no. 106215.

[27] Y. Sánchez-Suárez, M. Marqués-León, A. Hernández-Nariño, and O. Santos-Pérez, "Hospital rough cut capacity planning in a General Surgery service," *Dyna*, vol. 90, no. 225, pp. 45-54, 2023.

[28] H. Huang, X. Huang, Z. Zhang, H. Chen, W. Wei, and W. Lu, "Implementing system dynamics in hospital services to improve operational efficiency: An empirical research study," Health Research Policy and Systems, Article vol. 23, no. 1, 2025, Art. no. 134.

[29] S. Watzinger et al., "A flexible hybrid simulation model for hospital capacity management through multimodal transfers of COVID-19 patients," Simulation Modelling Practice and Theory, Article vol. 144, 2025, Art. no. 103192.

[30] Y. Sánchez Suárez, C. A. Gómez Cano, and V. Sánchez Castillo, "Planificación de la capacidad hospitalaria en condiciones de incertidumbre," *Económicas CUC*, vol. 45, no. 1, pp. e35364-e35364, 2024.

[31] C. Reveco and R. Weber, "Gestión de capacidad en el servicio de urgencia en un hospital público.," *Revista Ingeniería de Sistemas*, vol. XXV, pp. 57-75, 2011.

[32] J. Báez Ardila, C. Araujo Cortés, M. Camacho, E. Duarte, and A. Naranjo, "Metodología para el análisis de capacidades del servicio de hospitalización en un hospital de Bogotá.," *Revista Ingenio*, vol. 9, no. 1, pp. 45-55, 2016.

[33] L. D. Canchanya Gago and K. S. Quispe Felipe, "Simulación del proceso de atención en el área de admisión basada en la metodología teoría de colas para disminuir los ingresos perdidos de los pacientes del puesto de salud Túpac Amaru II, SJL-2019," Tesis de Diploma, Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2019.

[34] E. L. Duarte Forero and M. Á. Camacho Oliveros, "Planeación de la capacidad hospitalaria: un enfoque desde el flujo de pacientes con Dinámica de Sistemas," *INGE CUC*, vol. 16, no. 1, pp. 217-233, 2020.

[35] J. A. Uribe Gómez and J. G. Barrientos Gómez, "Modelo de simulación sistémica para el dimensionamiento de camas hospitalarias en una institución de salud de alta complejidad utilizando la metodología de dinámica de sistemas," *Gerencia y Políticas de Salud*, vol. 19, pp. 1-20, 2020.

[36] L. H. Suin Guaraca, E. P. Feijoo Criollo, and F. A. Suin Guaraca, "La salud en territorio: una aproximación a la Eficiencia Técnica del Sistema de Salud en el Ecuador mediante el Análisis Envolvente de Datos DEA.," UDA AKADEM, no. 7, pp. 130-157, 2021.

[37] Y. Sánchez Suárez, M. Marqués León, A. Hernández Nariño, and O. Santos Pérez, "Hospital rough cut capacity planning in a General Surgery service," *Dyna*, vol. 90, no. 25, pp. 45-54, 2023.

[38] Y. Sánchez Suárez, M. Marqués León, and A. Hernández Nariño, "Procedimiento para la planificación de la capacidad mediante métodos heurísticos," in XI Convención Científica Internacional, Matanzas, Cuba, 2023.

[39] J. R. López Martínez, B. S. Ramos López, K. R. Ramos López, and D. J. Lozada López, "Aplicaciones de los Sistemas Matemáticos en la Resolución de Problemas de Optimización en Ingeniería y Finanzas," *Sapiens International Multidisciplinay Journal*, vol. 2, no. 2, p. 4, 2025.

[40] J. Song, W. Y. Szeto, B. Li, Y. Wang, and X. Zhan, "A hybrid e-bike sharing system design problem considering multiple types of facilities," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Article vol. 179, 2025, Art. no. 105267.

[41] A. Karakra, F. Fontanili, E. Lamine, and J. Lamothe, "A novel application of discrete event simulation as a digital twin for monitoring patient pathways in a hospital in real time," Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics, Article vol. 15, no. 1, 2026, Art. no. 15.

[42] J. Huang, L. Liu, K. Qi, and J. Wan, "Machine learning-based moment closure model for the linear Boltzmann equation with uncertainties," Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Article vol. 450, 2026, Art. no. 118569.

[43] J. Sun, Y. Yuan, M. S. Greco, F. Gini, X. Yang, and W. Yi, "Robust Resource Allocation for Multitarget Tracking in Multiradar Systems With Parameter Estimation Uncertainty," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Article vol. 60, no. 5, pp. 5823-5841, 2024.

[44] S. Watzinger et al., "A flexible hybrid simulation model for hospital capacity management through multimodal transfers of COVID-19 patients," Simulation Modelling Practice and Theory, p. 103192, 2025.

[45] R. Subramony, J. Gieschen, A. Kreshak, V. Tolia, and A. Minns, "The Introduction of Flow Facilitators-a targeted Wellness Initiative in the Emergency Department," The Journal of Emergency Medicine, 2025.

[46] D. Loorbach and J. M. Wittmayer, "Transformative Tensions in the Ivory Tower," Minerva, pp. 1-21, 2025.

[47] D. Budisetyawan et al., "Wind Turbine Reliability Forecast: A Technical Review on the Research Milestone and Assessment of the Energy Cost Using Monte Carlo Simulation," *Engineered Science*, vol. 35, p. 1502, 2025.

FINANCIACIÓN

Ninguna

CONFLICTOS DE INTERÉS

No existen

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Redacción - borrador original: Yasniel Sánchez Suárez, Carlos Alberto Gómez Cano, Verenice Sánchez Castillo.

Redacción - revisión y edición: Yasniel Sánchez Suárez, Carlos Alberto Gómez Cano, Verenice Sánchez Castillo.