

Análisis y Rediseño de una Red de Centros de Atención Primaria de la Salud

Analysis and Redesign of a Network of Primary Health Care Centers

Presentación: 4 y 5/10/2022

Doctoranda:

Graciela Moreno

Grupo de Economía e Ingeniería de Sistemas de Salud (gEISS). Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
gmorenoing@gmail.com

Director:

Aníbal Blanco

Codirectora:

Nebel Moscoso

Resumen

El primer nivel de atención en salud, está organizado en nuestro país en base a Centros de Atención Primaria de la Salud (CAPS). Las redes de CAPS de las ciudades brindan servicios sanitarios preventivos a la sociedad en general y en especial a la población que no posee cobertura médica. A pesar de los esfuerzos de los municipios para ir adaptando el sistema a la necesidad de sus poblaciones, la dinámica poblacional, y el crecimiento demográfico y territorial hace que los CAPS no siempre estén distribuidos de forma adecuada, o presten el tipo y volumen de servicio en niveles óptimos. El objetivo principal de este trabajo es analizar información relevante sobre los CAPS en el partido de Bahía Blanca, mediante el estudio de la necesidad, la demanda y la oferta de servicios del primer nivel y proponer rediseños de la red con el objeto de mejorar los indicadores de acceso. Para ello se implementó un modelo matemático de localización óptima integrado con un Sistema de Información Geográfico (SIG) para la visualización de resultados.

Palabras clave: CAPS, SIG, Necesidad, Oferta, Demanda, Modelo matemático.

Abstract

The first level of healthcare, organized in our country on Primary Health Care Centers (PHCC), provides preventive health services to the society in general and especially to the population that does not have health coverage. Despite the efforts of the local governments to adapt the system to the need of the people, population dynamics and demographic and territorial growth makes that the PHCCs are not always adequately distributed, or provide the adequate type of services at optimal rates. The aim of this work is to analyze relevant information about the PHCC network in Bahía Blanca district, by studying the need, the demand and the supply of services of the first level and proposing redesigns of the network in order to improve access indicators. For this purpose, an optimal location mathematical model was implemented and integrated with a Geographic Information System (GIS) to visualize the results.

Keywords: CAPS, GIS, Need, Supply, Demand, Mathematical model.

Introducción

La salud pública está organizada típicamente en tres niveles de atención. La Atención Primaria de la Salud (APS) está conformada por centros que se ocupan de la prevención de enfermedades y de la atención de patologías menos graves. El segundo nivel de atención se presta en hospitales generales que atienden a pacientes derivados del primer nivel. Finalmente, el tercer nivel se centra en hospitales o centros especializados en donde se tratan patologías más complejas que exigen un diagnóstico preciso y un tratamiento más sofisticado.

En nuestro país, la APS se organiza mayormente sobre la base de centros de atención primaria de la salud (CAPS, salas médicas, dispensarios) los cuales poseen una amplia distribución territorial en las ciudades. Para brindar una cobertura apropiada, estos centros deben estar localizados adecuadamente.

Las decisiones sobre localización de las instalaciones desempeñan un papel fundamental en el diseño estratégico de sistemas de organizaciones públicas y privadas. Esto se debe a que instalaciones mal ubicadas o en número inadecuado puede aumentar los costos de capital e inventario y degradar la calidad de los servicios prestados a los usuarios. El modelado de localización de instalaciones sanitarias puede tener un nivel de complejidad aún mayor que en otras áreas debido a que aspectos como la redistribución demográfica de la población, la disminución de las tasas de natalidad y la mayor longevidad de la población, inciden en las necesidades de atención médica. Debido a esto, el modelado de localización de centros de salud sigue siendo de gran interés para la comunidad de la investigación operativa (Ahmadi-Javid et al., 2017).

El primer nivel de atención de salud se ha estudiado extensamente empleando modelos matemáticos. Típicamente, se emplean modelos de cobertura máxima y de localización óptima. La literatura sobre el tema es muy amplia. Una revisión muy completa puede encontrarse en Ahmadi-Javid et al. (2017). Entre los trabajos más recientes se encuentran, por ejemplo, Pu et al. (2020) que evalúa el acceso espacial a centros de salud en la República Democrática del Congo y Mendoza-Gómez y Ríos-Mercado (2022), donde se presenta una variación del problema de localización de cobertura máxima en los centros de atención primaria de la salud en México.

El modelo matemático propuesto en este trabajo es una extensión del problema de localización de cobertura máxima (MCLP, *Maximal Covering Location Problem*) que tiene como objetivo ubicar un determinado número de instalaciones de tal forma que la máxima demanda posible sea cubierta dentro de una distancia determinada. Se dice que la demanda está cubierta por la instalación si se encuentra dentro de la distancia de cobertura. La distancia es un elemento importante, ya que cualquier cambio en ella afecta a la solución del problema. El MCLP (Church y ReVelle, 1974) no obliga que se cubra toda la demanda, pero busca localizar un número fijo de instalaciones que la maximice.

Este trabajo tiene como propósito estudiar la relación necesidad/oferta/demanda de la APS en el partido de Bahía Blanca con el auxilio de un modelo matemático. Se busca identificar en que grado la oferta se ajusta a la necesidad y como respondería la demanda de la población, en particular, para el segmento sin cobertura médica.

Este estudio se complementa con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten georreferenciar y analizar gráficamente los datos en función de su posición geográfica y además presentar la necesidad de consultas en los distintos servicios sanitarios, la cual depende de la estructura etaria y socioeconómica de la población en cada localización, así como la oferta de servicios que brinda puntualmente cada CAPS.

Desarrollo

La información utilizada para este trabajo se obtuvo del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (CNPHyV 2010) para estimar la necesidad anual de consultas de servicios en las CAPS y se relevó la oferta existente en la red municipal a través de la información proporcionada por la secretaria de salud para cada CAPS del sistema, que se encuentra registrada en el sistema de información de la red de atención de los centros del municipio¹.

El estudio se realizó en el partido de Bahía Blanca cuya extensión es de 2300 km². El distrito cuenta con una población aproximada de 300000 habitantes con alrededor del 40% de la población sin cobertura de salud. Para el censo 2010 la población estaba distribuida en 369 radios censales, de los cuales 9 son rurales.

El primer nivel de atención primaria de la salud de la ciudad cuenta con 7 Centros de Salud, 1 Centro Integral Comunitario y 48 Unidades Sanitarias. La diferencia entre Centros de Salud y Unidades Sanitarias radica en la cantidad de especialidades que ofrecen, los horarios y capacidad de atención, siendo mayor en los Centros de Salud. Para actualizar los datos del censo 2010 a valores más actuales se realizó una proyección sencilla afectando la población de cada radio censal por el factor 1.0175 para estimar la población al año 2019ⁱⁱ (Accatoli Colaneri et al., 2019).

Para estimar la necesidad de la población y cuantificar la oferta, se utilizó la metodología de cálculo presentada por Elorza et al. (2018). La necesidad se estimó como el número de consultas médicas necesarias de cada especialidad para los diferentes grupos de la población objetivo correspondiente según edad y sexo, en base anual. Con respecto a la oferta, se utilizaron los datos de la cantidad de profesionales por servicio por CAPS y la cantidad de horas trabajadas por cada profesional, considerando que el promedio de duración de una consulta médica ronda los 15 minutos, dando lugar a 4 consultas por hora. Se aplicó además un modulador de oferta que reduce el número de posibles consultas ofrecidas en un intento por modelar el hecho que no el 100% de tiempo de cada profesional en el centro se destina a atender consultas. En cada centro, la cantidad de consultas que puede ofrecer se categorizó en bajo, medio y alto. Los servicios considerados en el presente estudio son: enfermería, medicina familiar/general, ginecología, obstetricia, pediatría, psicología y odontología.

Con respecto a la Demanda, la secretaria de salud registra en el sistema las consultas atendidas por cada CAPS. Un análisis de la demanda efectiva fue presentado por Accatoli Colaneri et al. (2019). La demanda es un factor difícil de modelar ya que se ve afectado por la componente geográfica, que sugiere que la proximidad en distancia hará que un CAPS sea más demandado por cierto nodo de necesidad que otro que este más alejado. Por lo tanto, es importante modelar la tendencia de una cierta población a buscar servicios en los centros ubicados a una determinada distancia. En este trabajo se aplicó un modulador de demanda que depende de la distancia entre el nodo de necesidad (radio censal) y el CAPS (nodo de oferta). En este estudio se adoptó el siguiente criterio: si la distancia es menor a 500 m hay una predisposición total a visitar el CAPS (modulador=1); si la distancia es mayor a 1500 m esta predisposición es nula (modulador=0); entre 500 m y 1500 m la predisposición va decreciendo linealmente entre 1 y 0.

Metodología

El modelo desarrollado, de tipo MILP (*Mixed Integer Linear Programming*) busca maximizar la demanda del sistema, esto es, la atención de cada servicio en cada CAPS sea la mayor posible al cubrir la mayor cantidad de necesidad de consultas de servicios de la población. Se estudian 56 CAPS y 2 hospitales públicos en el modelo. Si bien los hospitales pertenecen al 2do nivel de atención, en la práctica muchas personas recurren al hospital por consultas del primer nivel.

La formulación del modelo está basada en los siguientes conjuntos y variables: sea N el conjunto de nodos de necesidad (radios censales), O el conjunto finito de posibles sitios donde localizar una CAPS (nodo oferta), G grupos de la población n , S el conjunto de servicios y T tipo de capacidad de los servicios. La distancia entre el nodo $n \in N$ y la posible localización $o \in O$ es $ds_{n,o}$. Se define $dr_{n,o}^{min}$ distancia mínima recorrida desde el nodo necesidad n a nodo oferta o , y $dr_{n,o}^{max}$ distancia máxima que se está dispuesto a recorrer desde el nodo necesidad n al nodo oferta o , utilizado para calcular el modulador de distancia $\delta_{n,o}$. Se definen las siguientes variables de decisión binarias: Y_o , que será 1 si se localiza un CAPS en el sitio o y 0 de lo contrario y $W_{s,t,o}$, que será 1 si el servicio s tiene capacidad t en el nodo oferta o . Las variables continuas son: $D_{g,n,s,o}$, demanda del grupo poblacional g del nodo n del servicio s en el nodo oferta o , $SCA_{s,o}$ es la capacidad del servicio s en el nodo oferta o , CAT costo total de atención de todos los servicios, CFT costo total de apertura de nodo oferta y CT costo total. La función objetivo a maximizar es la totalidad de la demanda de los servicios s por parte de los diferentes grupos de la población g de los nodos de necesidad n en todos los nodos ofertas o ($D_{g,n,s,o}$).

Las restricciones del modelo aseguran que: la demanda de consultas no supere la capacidad de los nodos oferta por servicio, que la asignación de la demanda no supere la distancia de traslado de la población al nodo oferta para requerir el servicio, que la totalidad de la demanda de consultas sea inferior o igual a la necesidad de consultas de servicios de la población. Adicionalmente se asegura que la capacidad de consultas por servicio en cada CAPS corresponda a alguna de las opciones posibles (baja, media o alta) si el CAPS existe ($Y_o = 1$). Otras restricciones evalúan los costos del sistema, tanto el operativo que es proporcional a la demanda de cada servicio, como los costos fijos de apertura de los nodos oferta, diferenciando el término por CAPS y por servicio ofrecido en cada centro. Finalmente se calcula el costo total. Restricciones adicionales establecen que la relación entre la demanda de servicios y la capacidad ofrecida se mantengan dentro de cotas inferior y superior para asegurar un nivel de servicio mínimo (NS) ($n_{S_s}^{inf}, n_{S_s}^{sup}$). La cota inferior sobre NS persigue asegurar que el servicio que se ofrezca en un dado CAPS tenga un nivel de concurrencia mínimo para evitar la subutilización de los recursos. Finalmente, se establecen restricciones de integridad para las variables binarias y otras para indicar que las variables continuas sean positivas.

Para ilustrar las prestaciones del modelo propuesto para estudiar la situación actual y posibles rediseños de red, se proponen los siguientes casos de estudio:

1. Simulación caso actual
 - a. Fijar todas las capacidades de los servicios en los CAPS existentes
 - b. Maximizar la demanda
2. Rediseño
 - a. Fijar la localización de los CAPS existentes
 - b. Liberar los servicios y las capacidades
 - c. Maximizar la demanda

El Caso 1 es básicamente una simulación de la situación actual que oficia de caso base con fines comparativos en el caso de rediseño. En el Caso 2 se asume la posibilidad de que algunos de los CAPS no estén correctamente dimensionados para atender la necesidad actual, es decir sub dimensionados o sobredimensionados para algunos servicios en algunos CAPS. Por eso se mantiene la localización de las CAPS existentes, pero se libera tipo y capacidad de servicios en todas ellas. Se persigue identificar las localizaciones y servicios que pueden impactar positivamente sobre la demanda, aunque en la realidad no sea factible incorporar dichos servicios o incrementar su volumen de oferta debido por ejemplo a restricciones en la infraestructura edilicia existente. Se impone un NS igual o superior al 70% para todos los servicios ofrecidos en el sistema, excepto para enfermería, el cual se ofrece en todos los CAPS independientemente de la demanda.

Cabe aclarar que al maximizar la demanda en el Caso 2 (ítem 2c), donde las capacidades de las CAPS están “libres”, puede resultar un sobredimensionamiento de algunos servicios, dado que no existe ningún término en el modelo que contrapesa por el lado de la oferta. Se procedió a resolver el problema en serie; 1) maximizando la demanda sin restricciones de oferta (todos los servicios admitiendo la máxima capacidad) y 2) minimizar la capacidad, sujeta a la demanda encontrada en el problema 1). De esta manera se garantiza cubrir la máxima demanda posible, con la menor infraestructura de servicios necesaria.

Resultados

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los datos y resultados de los casos mencionados anteriormente. La información se presenta integrada por servicio, pero los resultados obtenidos por el modelo poseen granularidad por CAPS. La primera columna de la Tabla 1 muestra los servicios proporcionados por cada CAPS y la segunda corresponde a la necesidad de consultas globales por servicio por parte de la población. El Caso 1 corresponde a la simulación de la situación actual del sistema que incluye la demanda global cubierta de cada servicio y la oferta global correspondiente de consultas ofrecidas de cada servicio. En la Figura 1(a) se muestra, para el caso del servicio de enfermería, la necesidad a nivel radio censal en escala de grises y con discos verdes y rojos, oferta y demanda respectivamente en cada CAPS.

Globalmente la oferta de servicios supera a la necesidad en un 31% lo que indica que el sistema posee un potencial amplio de cobertura, excepto en odontología que solo cubre un 45% de la necesidad ya que no todos los CAPS de la red ofrecen este servicio.

Servicios	Caso 1				Caso 2			A	C	Nivel de Servicio
	Necesidad	Demanda	Oferta	Nivel de Servicio	Demanda	Oferta	Nivel de Servicio			
Enfermería	186.984	157.263	235.391	66,81%	166.911	225069	14	19	74,16%	
Familia/Gral.	10.941	9.664	68.586	14,09%	8.639	11.206	5	44	77,09%	
Pediatría	62.023	46.461	61.603	75,42%	53.979	66.682	23	21	80,95%	
Ginecología	14.404	12.082	34.003	35,53%	11.502	14.573	11	33	78,93%	
Obstetricia	8.771	5.952	26.717	22,28%	6.561	8.906	9	22	73,67%	
Psicología	13.644	11.792	33.598	35,10%	10.750	13.763	11	36	78,11%	
Odontología	84.635	32.993	38.364	86,00%	74.917	99.636	44	5	75,19%	
Total	381.402	276.207	498.262		333.259	439.834				
Tiempo (s)			1,0		20,6	0,7				
Var. Binaria			1.194		1.682	1.682				

A: número de servicios que se abren o incrementan su capacidad con respecto al Caso 1. C: número de servicios que se cierran o reducen su capacidad con respecto al Caso 1.

Tabla 1: Casos de estudio para las siete especialidades elegidas.

La demanda calculada, sin embargo, de acuerdo al modelo propuesto de predisposición de traslado por distancia, resulta en un 72% de la necesidad teórica. El nivel de servicio sugiere que la mayoría de los servicios poseen una capacidad que excede significativamente la demanda que reciben, excepto para enfermería, pediatría y odontología.

El Caso 2 corresponde al rediseño orientado a reestructurar la capacidad de los servicios de los CAPS manteniendo su ubicación asegurando un NS mínimo del 70% para todos los servicios (excepto enfermería cuyo nivel de servicio no se restringió). Se puede observar en la columna A la cantidad de servicios que aumentaron su capacidad y en la columna C la cantidad de servicios que disminuyeron su capacidad o se cerraron con respecto al Caso 1. Las demandas estimadas de consultas de servicios del Caso 2 se incrementaron con respecto al Caso 1 en 21%. Los servicios con mayores incrementos de consultas se observan en odontología 127%, pediatría 16%, obstetricia 10%, enfermería 6%. Se observa, también, una disminución de la demanda en los servicios: ginecología (5%), psicología (9%) y familia/general (11%). Esto se debe a que para asegurar un NS > 70% en todos los CAPS que los ofrezcan, en algunos casos se propone la reducción de su capacidad, y en otros su cierre directamente.

Específicamente, la oferta se incrementa en 160% en odontología y 8% pediatría, y disminuye las de enfermería (4%), ginecología (57%), psicología (59%), obstetricia (67%), y familia/general (84%). En este Caso 2, el 87 % de la necesidad teórica de la población se manifiesta como demanda en los CAPS. En la Figura 1(b) se muestra gráficamente la solución del Caso 2 indicando nuevamente con discos verdes la oferta y con discos rojos la demanda para el servicio de enfermería.

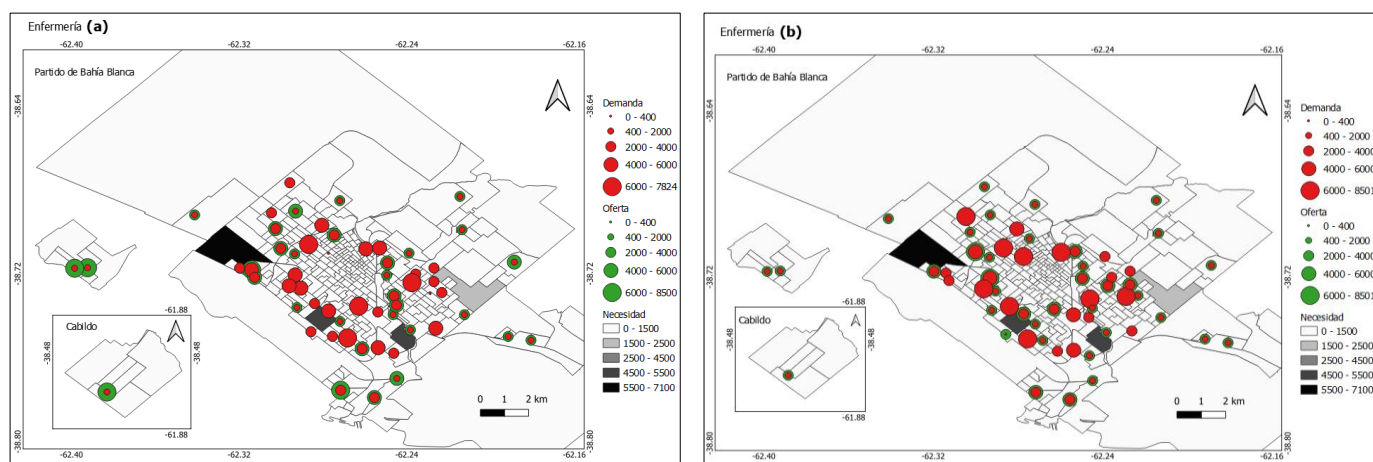


Figura 1: Necesidad, oferta y demanda del servicio enfermería.

Conclusiones

La metodología planteada permite estimar la demanda considerando la necesidad de servicios de APS en función de la distancia de traslado de la población hacia los CAPS. En el Caso base se observa que la oferta supera a la demanda estimada para todos los servicios y que también supera la necesidad de consultas, excepto en el servicio de odontología por no prestarse en todos los CAPS del sistema. Con respecto al Caso 2, al liberar la apertura y capacidad de todos los servicios en todos los CAPS, se produce, naturalmente, el aumento de la demanda estimada y de la capacidad de la oferta. Al comparar el nivel de servicio en el Caso 2 se observa que en promedio los servicios se demandan en un 77%. Esto implica un aumento respecto del Caso 1 en todos los servicios, excepto para odontología, en el que se observa una disminución de 11%. Cabe aclarar que, si bien el NS promedio disminuyó para este servicio, tanto el total de consultas atendidas y la oferta es superior al del Caso 1 debido a la apertura de este servicio en muchos de los CAPS del sistema. Para lograr un NS superior al 70% el modelo en promedio propone cerrar o reducir la capacidad de servicios en 26 CAPS y abrir o ampliar en promedio en 17 CAPS. Odontología, sin embargo, se abrió/amplió en 44 CAPS, dado que es uno de los servicios más necesitados por la población y solo es ofrecido por pocas CAPS.

Por otra parte, si bien la demanda global aumenta, debido a que se ha cerrado o reducido la capacidad de algunos servicios en algunos CAPS para asegurar un NS > 70%, algunas de las demandas del Caso 2 resultan inferiores a las del Caso 1.

Cabe destacar que las soluciones propuestas en el Caso 2 pueden no resultar implementables directamente en la práctica, debido a que los edificios de los CAPS difícilmente puedan ampliar su infraestructura para alojar nuevos servicios o ampliar la capacidad de los existentes. Esta solución propone básicamente un guía para analizar qué modificaciones de capacidad de servicios tendrían un mayor impacto en la performance del sistema, siempre considerando que las personas no están dispuestas a trasladarse más de 1500 m en busca del servicio.

Se seguirá trabajando en refinar el modelo para estimar demanda y calcular oferta óptima, así como también en la estimación de la necesidad y demás parámetros para lograr un mejor ajuste a la realidad.

Referencias

- Accattoli Colaneri V., Moreno M.S., Blanco A.M., y Acrogliano P.L. (2020, 19 al 30 de octubre). Análisis del Primer Nivel de Atención de la ciudad de Bahía Blanca Usando SIG. Congreso 49 JAIIO: Jornadas Argentinas de Informática, 11° Congreso Argentino de Informática y Salud 2020 (CAIS 2020), Argentina.
- Ahmadi-Javid, A., Seyedi, P., y Syam, S. S. (2017). A survey of healthcare facility location. *Computers & Operations Research*, 79, 223–263. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.05.018>
- Church, R., y ReVelle, C. (1974). The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association*, 32(1), 101–118. <https://doi.org/10.1007/bf01942293>
- Elorza M. E., Moscoso N. S., Blanco A. M., y Gentili J. O. (2018). Estimating Need, Demand and Supply in Primary Health Care Services: A Local Application in Argentina. *MEDICC Review*, 20(3), 36-44.
- Mendoza-Gómez, R., y Ríos-Mercado, R. Z. (2022). Location of primary health care centers for demand coverage of complementary services. *Computers & Industrial Engineering*, 169, 108237. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108237>
- Pu, Q., Yoo, E. H., Rothstein, D. H., Cairo, S., y Malemo, L. (2020). Improving the spatial accessibility of healthcare in North Kivu, Democratic Republic of Congo. *Applied Geography*, 121, 102262. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102262>

ⁱ <https://gobiernoabierto.bahia.gov.ar/mapas/prestacionesmedicas/>

ⁱⁱ http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/images/Proyecciones_x_municipio__2010-2025.pdf