

## **Propuesta de una solución tecnológica como alternativa a los problemas de saturación en las salas de urgencias de Bogotá, Colombia**

### **Proposal of a technological solution to overcrowding in emergency departments of Bogotá, Colombia**

**Juan Carlos Morales,<sup>1</sup> Juan Manuel Aranda López-King,<sup>1</sup> Sandra Milena Cala García<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Escuela de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad Sergio Arboleda. Colombia.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina. Universidad de la Sabana. Colombia.

---

#### **RESUMEN**

En este trabajo ofrecemos una propuesta de solución tecnológica al problema asociado a la saturación de las salas de urgencias en Bogotá. Se realizó un estudio diagnóstico durante el primer semestre del año 2015 en tres servicios de urgencias de Bogotá. Del estudio realizado se pudo determinar que existen elevados tiempos de atención y asimetrías de información entre los diferentes actores del sistema. Asimismo, se observó que el sistema de atención primaria no está coordinado con el de atención de urgencias, lo que crea incentivos para acudir directamente a este servicio. La solución propuesta consiste en un sistema no invasivo al sistema de urgencias, que se compone principalmente de: 1) dispositivos inteligentes de medición de signos vitales, 2) un sistema de telecomunicaciones, 3) un servidor para el procesamiento y análisis de los datos y generación de alertas. Con esta solución se busca contribuir con la reducción de la asimetría de información.

**Palabras clave:** Servicios Médicos de Urgencia; aglomeración; eficiencia; tecnología de sensores remotos.

## ABSTRACT

A proposal is presented of a technological solution to overcrowding in emergency departments of Bogotá. A diagnostic study was conducted at three emergency departments of Bogotá during the first semester of the year 2015. The study revealed that waiting times are long and there is information asymmetry between the various actors in the system. It was also found that the primary care system is not well coordinated with the emergency services, creating an incentive for patients to go directly to the latter. The solution proposed is a non-invasive system to support the emergency service, which is mainly composed of: 1) smart devices for the measurement of vital signs, 2) a telecommunications system, 3) a server for data processing and analysis, and alert generation. This solution is expected to contribute to reduce information asymmetry.

**Key words:** emergency medical services; overcrowding; efficiency; remote sensing technology.

---

## INTRODUCCIÓN

El sistema de atención en salud colombiano se ha presentado en los últimos años como modelo de gestión. Presume del efecto positivo de la descentralización y la incorporación de competencia en el sector; sin embargo, el beneficio de esta situación no ha sido percibido como tal ni por la población, ni por la academia. De hecho, *Gómez y Nieto*<sup>1</sup> consideran que, con las reformas implantadas, el Estado se debilitó como ente rector de la salud, y creó nuevos círculos de poder económico y político alrededor de los grupos privados. Esto ha derivado, como lo señalan *Londoño y Molano*,<sup>2</sup> en un sistema de salud paradójico que, al tiempo que ha incrementado la inversión en salud y la cobertura en términos de población asegurada, no ha logrado mejorar el acceso efectivo a la atención en salud y a la calidad en el servicio.

Uno de los procesos, aunque no el único, donde se evidencia las debilidades del sistema, es en los servicios de atención urgente. En un estudio que se realizó recientemente en los servicios de atención urgente de Bogotá, se analizaron las características y las capacidades de estos departamentos, y se llegó a la conclusión de que los servicios mantienen altos volúmenes de visitas y largos tiempos de espera.<sup>3</sup> Por eso los autores consideran que se debe incrementar la capacidad de atención en los centros urbanos y aumentar la oferta de personal médico especializado. Sin embargo, la saturación en los servicios de urgencias no es un problema local sino global, que afecta la calidad y el acceso al servicio,<sup>4</sup> y el debate sobre las causas que pueden explicar ese comportamiento y las posibles soluciones, tal como lo explican *Tudela y Mòdol*,<sup>5</sup> sigue abierto.

Entre las causas más comunes asociadas a este problema se encuentran aspectos tanto externos a los servicios de urgencia, como intrínsecos a la propia unidad: visitas no urgentes, reconsultas, temporadas de influenza, falta de personal, pacientes pendientes de ingreso y escasés de camas en el hospital.<sup>4-6</sup> Respecto a las visitas no urgentes, *Espinel* y otros,<sup>7</sup> mencionan que entre los motivos por los cuales acuden pacientes por cuenta propia a los servicios de urgencias están: 1) los servicios de urgencias presentan una mejor capacidad, uso y gestión de medios técnicos; 2)

---

comodidad en cuanto a tiempo, disponibilidad y accesibilidad al servicio; 3) búsqueda de una segunda opinión médica; 4) alto nivel de preocupación por la "gravedad" del problema de salud, entre otros. De acuerdo con *Hoot y Aronsky*,<sup>4</sup> entre los efectos más representativos de este problema están: mortalidad de pacientes, retrasos en el transporte y tratamiento, desvío de ambulancia, errores diagnósticos, fuga de pacientes y costos financieros. Finalmente, el uso de los servicios de urgencias se ve agravado por condiciones sociodemográficas de la ubicación del hospital, y el problema se concentra en poblaciones con bajos niveles socioeconómicos.<sup>8,9</sup>

Ante la problemática en cuestión, se plantean múltiples soluciones potenciales para mejorar la calidad y la eficiencia en el uso de los servicios de urgencia, especialmente durante períodos de saturación. Las más representativas son: asignación inmediata de camas a pacientes (*immediate bedding*), registro de "cabecera" ("*bedside registration*"), triaje avanzado y directrices médicas específicas, médico/practicante en triaje, salidas rápidas, sistemas de seguimiento y pizarras electrónicas, dispositivos de comunicaciones inalámbricas, kioscos de autorregistro, unidades de observación, desvío de ambulancias, medidas de saturación y teoría de cola.<sup>4,5,10</sup>

Dentro de los trabajos relacionados con estudios de apropiación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) por agentes del sistema de urgencias, encontramos el de *Vezyridis* y otros,<sup>11</sup> quienes realizaron una investigación que consistió en examinar las aptitudes y posterior reflexión de las prácticas de trabajo de las enfermeras, luego de la implementación de un sistema de información TIC para salas de urgencias (denominado EDIS, por sus siglas en inglés). Los resultados obtenidos indican un impacto positivo a largo plazo como herramienta de apoyo; sin embargo, se deben superar un conjunto de retos a corto plazo para su éxito (resistencia al cambio, optimización de nuevos procesos, arquitectura robusta de TI para reducción de fallos, etc.).

Por otra parte, *Pennathur* y otros<sup>12</sup> presentan el desarrollo y evaluación de un simulador electrónico para el seguimiento a pacientes en una sala de emergencias. El simulador plantea un modelo realista de flujo de personas y eventos con un conjunto de ayudas electrónicas para desplegar la información. El modelo fue evaluado con dos equipos humanos con experiencia de trabajo en salas de emergencias. Los resultados obtenidos validan el simulador y plantean desafíos en la incursión de medios electrónicos en departamentos de urgencias con un flujo alto de trabajo.

Por último, *Jung* y otros<sup>13</sup> proponen una solución M2M (máquina a máquina) inalámbrica para el monitoreo en tiempo real y global de condiciones de salud en pacientes, empleando sensores de baja potencia para la adquisición de señales biomédicas (PPG, fotopleletismografía); servicios de base de datos para el almacenamiento local de las señales adquiridas, y dispositivos móviles Android para la visualización de dichas señales por pacientes y médicos. Las pruebas experimentales realizadas a la solución presentaron resultados satisfactorios. Esta solución no se limitó a los servicios de urgencias, pero sirvió de base para la solución propuesta planteada en el presente estudio.

Con este trabajo ofrecemos una propuesta de solución tecnológica al problema mencionado, utilizando como base un estudio diagnóstico de los factores asociados a la saturación de las salas de urgencias en Bogotá.

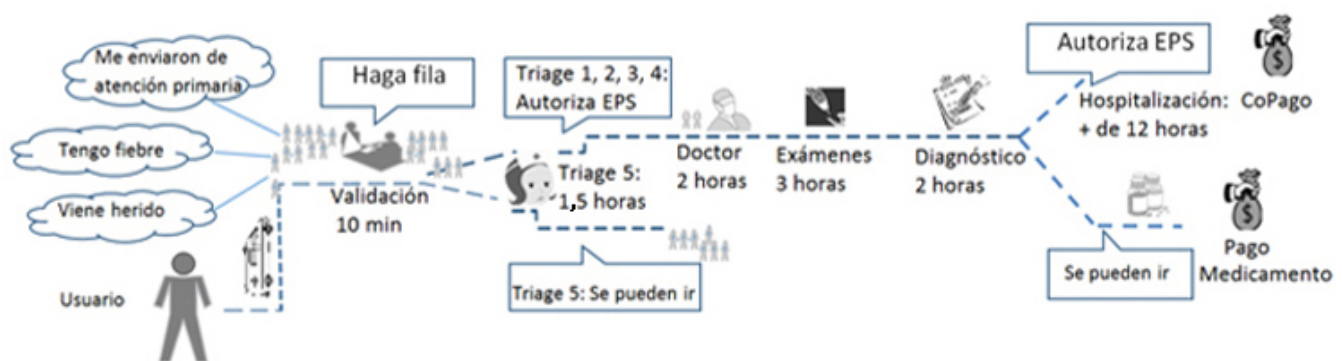
## MÉTODOS

Se realizó un estudio exploratorio, mediante la observación directa, buscando diagnosticar el estado actual del Servicio de Urgencias y de esta manera registrar los tiempos, procesos y vulnerabilidades del sistema. Las variables a observar durante el proceso de atención fueron: tiempo de espera en las diferentes etapas, sistemas de información para el paciente, información registrada en triaje y por el médico tratante, opciones de acceso al servicio, controles de seguridad. El estudio se desarrolló durante el primer semestre del año 2015 en tres Servicios de Urgencias de hospitales pediátricos de Bogotá. La paciente objeto de estudio fue una menor de 4 años, quien se consultó por cuadro clínico febril de más de dos días de evolución en tres oportunidades diferentes. La madre de la paciente participó en el estudio, previo consentimiento informado. El protocolo de la investigación fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Sergio Arboleda.

A partir de la información recabada durante el diagnóstico se diseñó una propuesta de solución basada en el concepto de Internet de las cosas. Esta propuesta de solución incluyó 3 componentes: 1) dispositivos inteligentes de medición de signos vitales, 2) un sistema de telecomunicaciones, y 3) un servidor para el procesamiento y análisis de los datos y generación de alertas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la información obtenida por el estudio se procedió a elaborar el diagrama que se muestra en la figura 1 para describir el proceso que debe seguir el paciente durante su paso por el Servicio de Urgencias. El paciente puede ingresar al Servicio de Urgencias por una ambulancia, remitido por un médico de atención primaria, o acudir por cuenta propia. En los dos últimos casos puede acercarse a cualquier servicio cubierto por su entidad aseguradora (Entidad Promotora de Salud, EPS) y esperar su turno para ser atendido en el triaje. En esta espera puede pasar entre 30 min y 1,5 horas en la cola. En el triaje es atendido por enfermería quien, después de tomar los signos vitales, asigna una clasificación (no conocida por el paciente) que puede ir del 1 al 4, dependiendo de la prioridad que requiera, o enviarlo para la casa si no clasifica como urgencia.



**Fig. 1. Diagrama de funcionamiento del Servicio de Urgencias.**

Una vez que el paciente pasa por el triaje inicial, debe autorizar el servicio por su EPS, lo cual puede tardar entre 20 y 30 min. Una vez autorizado, espera su turno para ser atendido por el médico, lo que puede suponer de 30 min a 2 o 3 horas

dependiendo del tipo de triaje que le hayan asignado y de la congestión que presente el servicio. Si el médico solicita exámenes, debe esperar de 1 a 2 horas para que los tomen y de 3 a 5 horas para que los resultados lleguen al médico que los solicitó. Una vez que llegan los resultados, puede tardar alrededor de una hora para que lo llamen nuevamente. Si los resultados apoyan un diagnóstico, el médico puede enviar al paciente a su casa con tratamiento o puede solicitar la hospitalización si lo requiere. Si el médico necesita una interconsulta con un especialista puede, dependiendo del caso, dejar en observación al paciente hasta que sea valorado por el especialista, o solicitar la valoración como un servicio no urgente.

La espera en la atención de urgencias suele tardar entre 6 y 10 horas. En ningún caso el paciente puede superar las 12 horas, dado que necesitaría solicitar una nueva autorización de la EPS para su hospitalización. En este caso la EPS puede autorizar la permanencia o gestionar el traslado a una institución prestadora de salud (IPS) adscrita a su red.

De la observación realizada se identificaron los siguientes eventos:

- El paciente no tiene ningún mecanismo de información *a priori* sobre el estado y la capacidad de atención del servicio de urgencias que le faciliten la toma de decisiones.
- Cuando el paciente acude al servicio de urgencias remitido por un centro de atención primaria, recibe el mismo trato que los que ingresan por cuenta propia para acceder al triaje inicial.
- La demanda de atención sobrepasa la capacidad del servicio. Como posibles causas uno de los centros publica que esto sucede por el aumento de enfermedades respiratorias y gastrointestinales.
- El tiempo medio de atención para el triaje inicial estuvo entre 45 minutos y 1,5 horas. La atención inicial por el médico tardó entre 2 y 3 horas. En los casos donde se realizaron exámenes de apoyo diagnóstico, el tiempo de espera para la aplicación del estudio tardó hasta 3 horas para tomar el examen y 2 horas para ser atendido nuevamente por el médico. En general el tiempo de espera osciló entre 6 y 9 horas desde el ingreso hasta la salida con diagnóstico.

Se pudo verificar la vulnerabilidad del control de salida en uno de los servicios al poder salir con el paciente sin haber terminado el diagnóstico. En la fase inicial de atención (traje) se observó:

- Falta de claridad en el proceso de cara al paciente, ya que este último no tiene información sobre el tipo de clasificación que se le asignó.
- En algunos casos no existe un mecanismo de información transparente (para el paciente) sobre el criterio utilizado para avanzar en la atención.
- Una vez realizada la clasificación inicial, esta no se actualiza con los cambios que pueda presentar el paciente durante su estadía en la sala de urgencias.
- El médico no tiene información sobre la evolución del paciente durante su estadía en la sala, aparte de la indicada por el propio paciente (familiar) o por la valoración inicial de enfermería (traje).
- Al darse los cambios de turno en los médicos, la única información que tiene el médico que retoma los casos es la registrada en el computador.

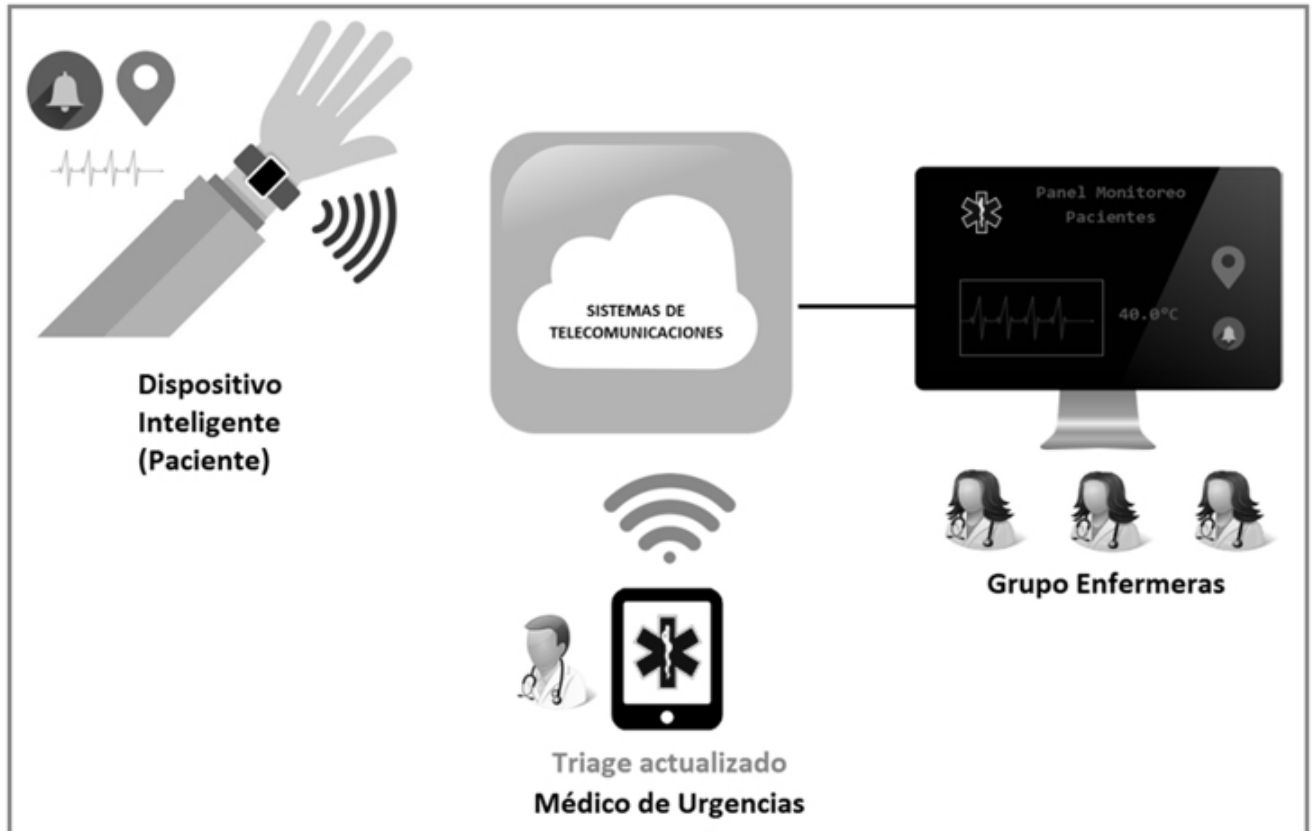
Los hallazgos de nuestra investigación concuerdan con los resultados descritos en otros estudios realizados en la ciudad de Bogotá. *Bustos* y otros<sup>3</sup> describen el funcionamiento de 70 servicios de urgencias de Bogotá, bajo los lineamientos internacionales del *National Emergency Department Inventories* (NEDI). Dentro de las conclusiones destacan la saturación de los servicios de urgencias de la capital colombiana, donde encontraron una alta demanda de usuarios (una media de 50 000 visitas al año, correspondientes a 569 visitas por cada 1 000 habitantes); e identifican, además, estancias prolongadas en urgencias con esperas mayores a 6 horas en el 39 % de los centros evaluados, datos comparables a nivel internacional solo con ciudades densamente pobladas como Beijing. Es evidente que la saturación en los Servicios de Urgencias refleja una falla en el sistema de salud a múltiples niveles,<sup>14</sup> que amerita intervenciones prácticas en los diferentes escalones de atención.

#### PROPUESTA DE UNA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Con el fin de minimizar los problemas observados en el caso de estudio, se propone una solución tecnológica, basada en el concepto de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), aplicada a los servicios de urgencias. El IoT es un nuevo paradigma tecnológico que consiste en un sistema de sistemas de miles de millones de cosas, objetos inteligentes (físicos y virtuales), altamente conectados e identificados de manera única en Internet, con capacidades de medición, procesamiento y comunicación. Estos objetos son capaces de interactuar entre sí y de cooperar entre ellos para alcanzar objetivos comunes.<sup>15</sup> Se habla también del "Internet de uno". IoT tiene un gran potencial para optimizar los procesos y operaciones en el sector salud, específicamente en los servicios de urgencias.

La solución propuesta (Fig. 2) está basada en un sistema no invasivo al sistema de información actual del Servicio de Urgencias, que se compone principalmente de un dispositivo inteligente, el cual consiste en un componente electrónico esencial en la solución, empleado para la adquisición de señales biológicas del paciente presente en la sala de espera. Este dispositivo debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Tener la ergonomía de un reloj de pulso.
- Ser "escalable" a pacientes según contextura física (ej. bebés, niños, adultos).
- Poseer una malla de seguridad con activación de alarma al desprenderse del paciente sin previo aviso.
- Medir signos vitales con precisión "tolerable" (ej. ritmo cardíaco, temperatura, glucosa, nivel de oxigenación).
- Transferir la información censada en tiempo real a un centro de control (ej. *Wifi*, *Bluetooth*).
- Localizar pacientes dentro del establecimiento (ej. GPS, técnicas de triangulación).
- Mostrar viabilidad para desarrollar aplicaciones de software libre.



**Fig. 2.** Propuesta de solución tecnológica aplicada a los Servicios de Urgencias.

En el cuadro se resumen diferentes dispositivos inteligentes comerciales, desarrollados a nivel global, que reúnen la mayoría de los requerimientos previamente definidos, disponibles para la solución.

**Cuadro.** Dispositivos similares existentes

Dispositivo	1	2	3	4	5	6	7	8
Infra Vitals <sup>a</sup>	X			X	WiFi		X	X
Angel Sensor M1 <sup>b</sup>	X		X	X	Bluetooth	X		
AMIIGO <sup>c</sup>	X			X	Bluetooth	X		
Vitall Watch <sup>d</sup>	X			X	Bluetooth		X	
Embrace <sup>e</sup>	X	X		X	Bluetooth	X		
Hexiwear <sup>f</sup>	X	X		X	Bluetooth			X

<sup>a</sup> <https://www.indiegogo.com/projects/infrav-no-blood-glucose-vital-signs-monitor-watch#/story>

<sup>b</sup> <http://www.angelsensor.com/>

<sup>c</sup> <http://vandrico.com/wearables/device/amiigo-fitness-band>

<sup>d</sup> <http://www.vitallhealth.com/>

<sup>e</sup> <https://www.empatica.com/>

<sup>f</sup> <http://www.hexiwear.com/>



### **Sistema de telecomunicaciones**

Este sistema consiste en una plataforma de transmisión de datos entre los diferentes dispositivos que conforman la solución. Los dispositivos inteligentes transfieren los datos adquiridos del paciente a través de la tecnología de acceso Bluetooth o WiFi, que se conectan a la red IP (*Internet Protocol*) del Centro de Servicios de Urgencias, y por medio del cual los demás actores del sistema (médicos de urgencias, enfermeras) acceden a la información desde sus dispositivos móviles o paneles de monitoreo de pacientes. El protocolo de aplicación que se emplea es el HTTP.

### **Plataforma de visualización de datos**

Los datos adquiridos de los pacientes son almacenados en bases de datos locales (implementada en SQL) y en la "nube" (ej. Ubidots). El historial de cada paciente y su información en tiempo real, y las alertas son visualizados por medio de paneles electrónicos que corren aplicaciones Web implementadas en HTML CSS y javascript. Los médicos de urgencias visualizan el historial clínico y el triaje actualizado del paciente desde su dispositivo móvil, conectado a la red IP del Centro de Servicio de Urgencia.

Del estudio realizado se pudo determinar que el sistema de atención primaria no está coordinado con el sistema de atención de urgencias, lo que crea incentivos para que el usuario acuda directamente a la urgencia. Asimismo, se observó que los tiempos de atención son muy elevados y que existe asimetría de información entre los diferentes actores del sistema que puede afectar su eficiencia. Con el fin de minimizar los problemas presentados, se propone una solución tecnológica que consiste en un sistema no invasivo al sistema de información actual del Servicio de Urgencias, que se compone principalmente de: 1) dispositivos inteligentes de medición de signos vitales, con ergonomía de un reloj de pulso; 2) un sistema de telecomunicaciones y 3) un servidor central para el procesamiento y análisis de los datos medidos y generación de alertas. Con esta solución se busca contribuir con la reducción de la asimetría de información antes planteada. A continuación, se enumeran los beneficios específicos que se obtienen al implementar la solución propuesta:

- a) Calcular el tiempo de espera y de atención en tiempo real y con veracidad.
- b) Tener un registro de la evolución de los signos vitales del paciente, lo que permitiría:
  - Agilizar la consulta médica de urgencias.
  - Conocer estados de empeoramiento del paciente.
  - Lanzar alertas en caso de alteración de los signos vitales.
  - Actualizar el triaje, lo que aportaría elementos para reducir errores en el diagnóstico.
  - Conocer la ubicación del paciente en la sala de urgencias y evitar salidas no autorizadas.
  - Centralizar la información de los servicios de urgencias y con esto facilitar la eficiencia en la asignación.



En una nueva fase de este trabajo se espera realizar la implementación y validación de la propuesta a partir de una prueba piloto en un servicio de urgencias de Bogotá.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en el presente artículo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Gómez-Arias R, Nieto E. Colombia: ¿qué ha pasado con su reforma de salud? *Rev Per Med Exp Salud Públ.* 2014; 31(4):733–9.
2. Londoño E, Molano P. Are Colombia's reforms enough for a health-care system in crisis? *Lancet.* 2015;385(9981):1943.
3. Bustos Y, Castro J, Wen LS, Sullivan AF, Chen DK, Camargo CA. Emergency department characteristics and capabilities in Bogotá, Colombia. *Int J Emerg Med.* 2015;8(1):79.
4. Hoot NR, Aronsky D. Systematic review of emergency department crowding: causes, effects and solutions. *Ann Emerg Med.* 2008;52(2):126-36.
5. Tudela P, Mòdol JM. La saturación en los servicios de urgencias hospitalarios. *Emergencias.* 2015;27(2):113-20.
6. Flores CR. La saturación de los servicios de urgencias: Una llamada a la unidad. *Emergencias.* 2011;23(1):59-64.
7. Espinel M, Romero M, Fernández L, Torres J, Maceiras S. Utilización por cuenta propia de los Servicios de Urgencias hospitalarias: razones que dan las personas con problemas de salud de baja complejidad para utilizar estos servicios. *Polít Soc.* 2011;48(2):329-52.
8. Braun T, García Castrillo-Riesgo L, Kraffta T, Díaz-Regañón Vilchesb G. Frecuentación del Servicio de Urgencias y factores sociodemográficos. *Gac Sanit.* 2002;16(2):139-44.
9. Tudela P, María Mòdol J, José Rego M, Bonet M, Vilaseca B, Tor J. Error diagnóstico en urgencias: relación con el motivo de consulta, mecanismos y trascendencia clínica. *Med Clin (Barc).* 2005;125(10):366-70.
10. Wiler JL, Gentle C, Halfpenny JM, Heins A, Mehrotra A, Mikhail MG, et al. Optimizing Emergency Department Front-End Operations. *Ann Emerg Med.* 2010;55(2):142-60.
11. Vezyridis P, Timmons S, Wharrad H. Going paperless at the emergency department: A socio-technical study of an information system for patient tracking. *Int J Med Inform.* 2011;80(7):455-65.

12. Pennathur PR, Cao D, Bisantz AM, Lin L, Fairbanks RJ, Wears RL, et al. Emergency department patient-tracking system evaluation. *Int J Ind Ergon.* 2011;41(4):360-9.
13. Jung SJ, Myllyla R, Chung WY. Wireless Machine-to-Machine Healthcare Solution Using Android Mobile Devices in Global Networks. *IEEE Sens J.* 2013;13(5):1419-24.
14. Trzeciak S, Rivers EP. Emergency department overcrowding in the United States: An emerging threat to patient safety and public health. *Emerg Med J.* 2003;20:402-5.
15. Atzori L, Iera A, Morabito G. The Internet of Things: A survey. *Comput Networks.* 2010;54(15):2787-805.

Recibido: 16 de diciembre de 2016.

Aprobado: 11 de abril de 2017.

*Juan Carlos Morales.* Escuela de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad Sergio Arboleda. Colombia. Correo electrónico: [juan.morales@usa.edu.co](mailto:juan.morales@usa.edu.co)