

# Índice de saturación modificado en el servicio de urgencias médicas

Carlos Polanco-González<sup>1\*</sup>, Jorge Alberto Castaño-González<sup>2</sup>, Thomas Buhse<sup>4</sup>, José Lino Samaniego-Mendoza<sup>3</sup>, Rocío Arreguín-Nava<sup>1</sup> y Sebastián Villanueva-Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Subdirección de Epidemiología Hospitalaria y Control de Calidad de la Atención Médica, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México, D.F.; <sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Anáhuac, Huixquilucan, Estado de México, México;

<sup>3</sup>Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.; <sup>4</sup>Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Mor., México

## Resumen

**Introducción:** La sobresaturación de los servicios de urgencias médicas impacta en forma negativa la eficiencia y calidad de la atención médica. **Objetivo:** Describir el sistema matemático-computacional denominado índice de saturación modificado (ISM), que mide en tiempo real y reporta en cuatro niveles de advertencia (no saturado, saturado, saturación alta y saturación extrema) el grado de saturación de los servicios de urgencias médicas de una red hospitalaria a partir de siete variables simples que incluyen: número de camas útiles en el servicio, número de médicos y de enfermeras adscritos al servicio, número de pacientes en espera de consulta, en consulta y en observación y número de pacientes en estado crítico (definidos como aquellos que por la gravedad de su padecimiento de fondo y/o comorbilidad asociada requieren de monitoreo intensivo o de intervención terapéutica médica o quirúrgica de urgencia para salvar su vida). **Material y método:** La evaluación y conectividad del sistema ISM se efectuó con una prueba exhaustiva introduciendo al sistema 245,280 censos, equivalentes a un monitoreo horario ininterrumpido de los servicios de urgencias médicas de una red de siete hospitales durante un lapso de 4 años. **Resultados:** De 224 eventos virtuales de sobresaturación, 216 (97%) fueron advertidas por el ISM. Sus series de tiempo proporcionaron información útil relativa a la distribución de recursos humanos y materiales de los servicios de urgencias. **Conclusiones:** Esta herramienta administrativa es simple de implementar y eficiente para detectar el grado de saturación de los servicios de urgencias de una red hospitalaria.

**PALABRAS CLAVE:** Servicio de urgencias médicas. Sobresaturación. Índice de saturación modificado. Red de hospitales.

## Abstract

**Introduction:** Overcrowd of emergency rooms affects efficiency and quality of medical care. **Objectives:** To describe the mathematical-computational system modified overcrowd index which measures in real time and in four levels of warnings (non crowded, crowded, overcrowded and extreme overcrowded) emergency room saturation in a network of hospitals, from only seven simple variables (number of available beds, physicians and nurses, number of patients in the waiting room, in medical consultation and admitted for further evaluation, as well as number of critically ill patients admitted). **Materials and methods:** The modified overcrowd index was exhaustively tested with 245,280 virtual transactions from seven hospitals in an uninterrupted schedule basis simulating hourly surveillance for four years. **Results:** From 224 episodes of overcrowd, 216 (97%) where correctly identified and verified by the network of hospitals warnings, its time series also provided useful information about available personnel and resource distribution within the hospital network. **Conclusions:** Modified overcrowd index is an efficient tool detecting emergency room overcrowd outbreaks in a network of hospitals.

**KEY WORDS:** Emergency room. Overcrowd. Modified overcrowd index. Network of hospitals.

### Correspondencia:

\*Carlos Polanco González

Subdirección de Epidemiología Hospitalaria

y Control de Calidad de la Atención Médica

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

Vasco de Quiroga, 15

Col. Sección XVI, C.P. 14000, México, D.F.

E-mail: polanco@unam.mx

Fecha de recepción en versión modificada: 13-03-2013

Fecha de aceptación: 21-03-2013

## Introducción

Hoy, en gran parte del mundo, cuando los sistemas de salud están sumergidos en un proceso sin precedentes en cuanto a la ampliación de su cobertura médica a toda la población y reducir los costos de la atención médica, enfrentamos la paradoja de una sobresaturación de los servicios de urgencias médicas que impacta en forma global, directa y negativa la calidad de la atención que brindan<sup>1-5</sup>, al ser estos servicios clave para el ingreso de pacientes a áreas críticas del hospital (unidades de cuidados intensivos, intermedios y quirófanos).

La sobresaturación de los servicios de urgencias médicas –definida como el momento en el cual la necesidad de atención médica excede a los recursos disponibles en los servicios de urgencias médicas, del hospital o de ambos– resulta en un retraso significativo en la evaluación y tratamiento de los pacientes con una condición aguda y conlleva el abordaje o atención de pacientes en áreas distintas a las destinadas para ello, como son los pasillos, corredores, salas de espera, etc., lo que ocasiona que algunos pacientes se retiren sin recibir la atención médica que requieren<sup>6,7</sup>.

La prevalencia de estas condiciones afecta en forma negativa a todos los indicadores de calidad, pues aunque el acto médico sea óptimo desde el punto de vista técnico-médico, el incremento en los tiempos de espera, de estancia en el servicio de urgencias y el subsiguiente retraso para el ingreso a quirófano y a hospitalización impactan desfavorablemente (morbilidad y mortalidad) en la evolución de los enfermos, incrementan los costos de la atención médica y bajan la satisfacción de los usuarios y prestadores de servicios. Por estas razones, el contar con un índice que mida el «grado de saturación» del servicio de urgencias médicas resulta muy útil para evaluar y eventualmente prevenir –aplicando las debidas rectificaciones en el momento preciso– la sobresaturación de este servicio.

Un antecedente a este índice se atribuye al grupo de Asplin, et al., en el año 2003, que propusieron un modelo predictivo de regresión lineal que mide la sobresaturación, a partir de la evaluación de 23 variables distribuidas en tres niveles<sup>8</sup>, pero, desafortunadamente, la medición de un número tan elevado de variables se traduce en un obstáculo para su implantación y su consecuente operación, sin considerar que la orientación de este modelo no ofrece al usuario la oportunidad de relacionar las variables que se están registrando.

El método matemático-computacional, denominado ISM, que proponemos es un método que con el monitoreo diario de siete variables provee a toda la red de hospitales adscritos de un sistema de alertas tempranas de sobresaturación en sus servicios de urgencias médicas y, en forma retrospectiva, ofrece una base de datos con 16 indicadores (obtenidos a partir de las 7 variables), que se presentan como «series de tiempo» y que permiten un análisis rápido de eventos pasados de «fina granularidad», que facilita la determinación de las causas y períodos que preceden a esa sobresaturación, lo que es evidencia de gran valor para resolver desde su origen las causas mismas de la sobresaturación.

El ISM es una herramienta computacional de uso gratuito y accesible desde cualquier ordenador, ya sea dentro o fuera de las instalaciones médicas. No requiere de permisos comerciales ni uso de requerimientos especiales de software. Su simplicidad la hace fácil de entender y provee en todo momento de un panorama detallado de las variables de sobresaturación que está midiendo en todos los servicios de urgencias médicas adscritos a la red de hospitales.

La verificación del sistema ISM fue exhaustiva y abarcó dos aspectos fundamentales: la precisión en los avisos de alerta de sobresaturación y su conectividad. La primera tuvo que ver con la eficiencia de alertar la presencia de sobresaturación, tanto en el servicio de urgencias médicas donde el usuario consulta el sistema, como en la red de hospitales adscritos; en este sentido se estableció un criterio que mide la densidad de alertas de sobresaturación sobre una región formada a partir de los códigos postales de las entidades hospitalarias adscritas. El segundo tipo de verificación fue relativa a la capacidad para mantener el sistema ISM en línea o activo, sin importar el número de usuarios que por entidad hospitalaria estuvieran consultando el sistema en forma simultánea.

Para tal efecto se construyó un escenario virtual computacional que tuvo como finalidad alimentar al sistema ISM con 245,280 censos de carácter aleatorio<sup>9</sup> que actualizaban en forma continua las siete variables que usa el sistema. Este número de censos virtuales equivale a un monitoreo horario ininterrumpido de siete hospitales, durante un lapso de 4 años.

## Material y método

### Variables del índice de saturación modificado

El método computacional denominado ISM fue diseñado para reportar la sobresaturación del servicio

**Tabla 1. Relación de variables que intervienen en la determinación del estado del servicio de urgencias médicas (Sección 2.1). Concepto: variable involucrada en la determinación del índice de sobresaturación ISM**

N.º	Concepto	Definición
1	Camas útiles	Número de camas en el servicio de urgencias médicas Descripción: cama en buenas condiciones de conservación y mantenimiento que proporcione comodidad y esté provista de la ropa necesaria. La cabecera de la cama debe estar en contacto con la pared, sin ubicarse por debajo de una ventana, ni próxima a una puerta que provoque obstrucción al paso libre de personal; deben ser articuladas, con un plano regulable de altura y fácilmente manejables y desplazables, provistas de ruedas; como accesorios debe contar con colchón impermeable al agua, hipoalergénico y transpirable al vapor, almohada con funda, barandillas laterales, manivela para regular altura y articular la cama. Cada cama debe estar en un espacio libre que cuente con toma de oxígeno, aire y succión, así como ser accesible a conexiones de suministro de energía. Dimensiones: 0.80-0.90 m (ancho) x 1.80-1.90 m (largo)/0.70 m de altura sin colchón. Distancia entre cama y cama: 1.20 m
2	Pacientes en espera	Número de pacientes que se encuentran en espera de consulta
3	Pacientes en consulta	Número de pacientes que reciben consulta en ese momento
4	Pacientes en observación	Número de pacientes que se encuentran en observación, en silla de ruedas, reposet o sillón, camillas o en los pasillos después de haber recibido consulta
5	Pacientes en estado crítico	Número de pacientes que por la gravedad de su padecimiento de fondo y/o comorbilidad asociada requieren de monitoreo intensivo o de intervención terapéutica médica o quirúrgica de urgencia para salvar su vida
6	Médicos	Número de médicos en el servicio de urgencias médicas
7	Enfermeras	Número de enfermeras en el servicio de urgencias médicas

de urgencias médicas en forma inmediata después de la actualización de cualquiera de las cifras recabadas en ese servicio relativas a: camas útiles, pacientes en espera, en consulta, en observación y pacientes en estado crítico, así como de número de médicos y enfermeras adscritos en ese momento al servicio (Tabla 1).

El ISM provee de un índice que a su vez está compuesto de dos subíndices: el primero es un indicativo de la proporción de pacientes con respecto al personal médico del servicio, y el segundo tiene que ver con la proporción de pacientes admitidos con respecto al número de camas útiles. Ambos subíndices se actualizan con la modificación de cualquiera de las variables referidas.

### Sistema índice de saturación modificado

El sistema computacional ISM comprende dos subíndices:

- $100 \times (\text{pacientes en espera} + \text{pacientes en consulta} + \text{pacientes en observación} + \text{pacientes en estado crítico}) / (\text{médicos} + \text{enfermeras})$ .

Esta tasa de saturación evalúa desde un punto de vista de suficiencia de recursos humanos únicamente en términos del número de pacientes con respecto al número de médicos y enfermeras. En caso de que el denominador sea cero (que no haya médicos o enfermeras al momento del censo en el servicio de urgencias médicas), el cociente correspondiente será 999.

- $100 \times (\text{pacientes en observación} + \text{pacientes en estado crítico}) / (\text{camas útiles})$ .

Esta tasa de saturación evalúa desde el punto de vista de suficiencia de recursos materiales únicamente en términos del número de pacientes con respecto al número de camas útiles. En caso de que el denominador sea cero (que no haya camas útiles debido a que físicamente no exista ninguna en el servicio de urgencias médicas), a este cociente se le asigna el valor máximo 999.

El ISM asocia el índice de saturación a cuatro distintos niveles de advertencia (Tabla 3); ello permite ubicar en contexto el nivel de saturación del servicio de urgencias médicas.

**Tabla 2. ISM: calificación de los cuatro principales estados de saturación del servicio de urgencias médicas (Sección 2.2). Nivel de advertencia: Significado de riesgo de la saturación**

N.º	ISM	Nivel de advertencia
3	$x > 200$	Saturación extrema
2	$100 < x < 200$	Saturación alta
1	100	Saturado
0	$x < 100$	No saturado

El sistema ISM construye el índice de saturación tomando al mayor de los dos cocientes descritos  $ISM = \max(ISM\text{-}A, ISM\text{-}B)$ . Ejemplo. Si el ISM-A registra el valor 100 y el ISM-B registra el valor 165, entonces el ISM será 165 (3: saturación alta) de acuerdo con la tabla 2, mientras que si el ISM-A registra 50 y el ISM-B registra 100, entonces el ISM será 100 (1: saturado).

De manera resumida, el sistema ISM resuelve el análisis de la información que recoge en dos modos: modo en línea y como «series de tiempo».

### **Sistema índice de saturación modificado (en línea)**

El sistema ISM muestra en todo momento en el monitor del ordenador las cifras más recientes que

caracterizan al servicio de urgencias médicas (Tabla 3); entre las variables mostradas aparece la hora en la que se llevó a cabo la última actualización de las mismas, ello por cada unidad hospitalaria adscrita. De manera que el usuario del sistema puede observar en todo momento no únicamente sus cifras sino también las de todos los hospitales adscritos al sistema. Ello habilita al usuario para tener un panorama general del escenario de saturación de toda la red hospitalaria afiliada. El sistema ISM en adición emite una alerta en caso de que observe una tendencia creciente de sobresaturación en la red hospitalaria (Sección 2.5).

### **Sistema índice de saturación modificado (series de tiempo)**

El sistema ISM, además de mostrar en tiempo real los cocientes ISM-A e ISM-B (Sección 2.2), mantiene un archivo histórico con 16 cocientes derivados de las siete variables ya explicadas (Tabla 4), que permitirán al usuario en un proceso posterior generar «series de tiempo» con el fin de detectar el momento y causas que originan esa sobresaturación.

- Cocientes 2-6: corresponde a la demanda máxima de pacientes con respecto a equipamiento de la unidad hospitalaria.
- Cocientes 7-10: corresponde a la demanda máxima de servicio por los cuatro diferentes tipos de

**Tabla 3. Descripción de los campos que el sistema ISM muestra al usuario inmediatamente después de cada actualización (Sección 2.3). Concepto: variable usada en la determinación del índice de sobresaturación**

N.º	Concepto	Definición
1	Camas útiles	Número de camas en el servicio
2	Pacientes en espera	Número de pacientes en espera en el servicio
3	Pacientes en consulta	Número de pacientes en consulta en el servicio
4	Pacientes en observación	Número de pacientes en observación en el servicio
5	Pacientes en estado crítico	Número de pacientes en estado crítico en el servicio
6	Médicos	Número de médicos en el servicio
7	Enfermeras	Número de enfermeras en el servicio
8	ISM-A	$100 \times (\text{pacientes en espera} + \text{pacientes en consulta} + \text{pacientes en observación} + \text{pacientes en estado crítico}) / (\text{médicos} + \text{enfermeras})$ (Sección 2.2)
9	ISM-B	$100 \times (\text{pacientes en observación} + \text{pacientes en estado crítico}) / \text{camas útiles}$ (Sección 2.2)
10	Tiempo	Es el momento en que el servicio de urgencias médicas lleva a cabo la actualización de sus cifras (Sección 2.2)

**Tabla 4. Descripción de los campos contenidos en el archivo histórico que se adicionan después de cada actualización a las cifras (Sección 2.4). Concepto: variable involucrada en la determinación del índice de sobresaturación**

N.º	Concepto	Definición
1	Camas útiles	Número de camas en el servicio
2	Pacientes en espera	Número de pacientes en espera en el servicio
3	Pacientes en consulta	Número de pacientes en consulta en el servicio
4	Pacientes en observación	Número de pacientes en observación en el servicio
5	Pacientes en estado crítico	Número de pacientes en estado crítico en el servicio
6	Médicos	Número de médicos en el servicio
7	Enfermeras	Número de enfermeras en el servicio
8	Cociente 1	(Pacientes en espera + pacientes en consulta + pacientes en observación + pacientes en estado crítico)/(médicos + enfermeras)
9	Cociente 2	(Pacientes en observación + pacientes en estado crítico)/camas útiles
10	Cociente 3	Pacientes en espera/camas útiles
11	Cociente 4	Pacientes en consulta/camas útiles
12	Cociente 5	Pacientes en observación/camas útiles
13	Cociente 6	Pacientes en estado crítico/camas útiles
14	Cociente 7	Pacientes en espera/médicos
15	Cociente 8	Pacientes en consulta/médicos
16	Cociente 9	Pacientes en observación/médicos
17	Cociente 10	Pacientes en estado crítico/médicos
18	Cociente 11	Pacientes en espera/enfermeras
19	Cociente 12	Pacientes en consulta/enfermeras
20	Cociente 13	Pacientes en observación/enfermeras
21	Cociente 14	Pacientes en estado crítico/enfermeras
22	Cociente 15	Médicos/camas útiles
23	Cociente 16	Enfermeras/camas útiles
24	Fecha	Es la fecha del momento en que el servicio de urgencias médicas lleva a cabo la actualización de sus cifras
25	ISM	Es el cálculo del ISM (Sección 2.2)
26	Tiempo	Es el momento en que el servicio de urgencias médicas lleva a cabo la actualización de sus cifras (Sección 2.2)

- pacientes, con respecto a la oportunidad de atención médica.
- Cocientes 11-14: corresponde a la demanda máxima de servicio por los cuatro diferentes tipos de pacientes, con respecto a la oportunidad de atención por enfermería.
  - Cociente 15: corresponde a la atención por parte de médicos del servicio con respecto a equipamiento de la unidad hospitalaria.
  - Cociente 16: corresponde a la atención por parte de las enfermeras con respecto a equipamiento de la unidad hospitalaria.

### Sistema índice de saturación modificado (avisos de advertencia)

El sistema ISM agrupa los hospitales adscritos a la red construyendo una región a partir del código postal

**Tabla 5. Relación de siete hospitales relacionados por su código postal (Sección 2.5)**

Hospitales	1	2	3	4	5	6	7
Código postal	10400	10401	10400	10500	10501	10502	10410
ISM	150	200	251	99	67	45	156
Advertencias	251	251	251				

(CPHospital-x) de cada hospital y compara todos los hospitales asignando en una misma región a aquellos que cumplan  $| \text{CPHospital-A} - \text{CPHospital-B} | < 4$ . En esta expresión  $||$  significa valor absoluto y la diferencia entre ambas variables en menos de 4 induce un radio de 3 km, por lo que este algoritmo permite construir cúmulos equivalentes a un círculo con radio de 3 km. Aquellos hospitales adscritos a la red que el programa ISM no los considere en alguna región, los considerará como entidades individuales.

La advertencia de sobresaturación (ya sea alta o extrema) (Tabla 2) la emitirá el sistema ISM a todos los hospitales considerados en una misma región si el ISM del 75% de esos hospitales observa un  $\text{ISM} > 100$ . Ejemplo, considere una red de siete hospitales (Tabla 5), el sistema ISM los agrupará en dos regiones de acuerdo con el método descrito  $\{1,2,3\}$ ,  $\{4,5,6\}$ . Observe que el código postal del hospital 7 está más distante en una magnitud de 4 km con respecto a cualesquiera de los hospitales agrupados; por ese motivo, al hospital 7 el sistema ISM lo considerará en forma individual, mientras que los hospitales agrupados en las dos regiones observan una distancia entre ellos  $< 4$  km. Tomemos los hospitales 1 y 3 como ejemplo  $|10400 - 10400| = 0 < 4$ , ello no ocurre entre los hospitales 3 y 7, donde  $|10400 - 10410| = 10 > 4$ .

En lo que respecta a los avisos, para la región  $\{1,2,3\}$  con  $\text{ISM} = 251$  le corresponde el aviso de advertencia «3: saturación extrema», y para la región  $\{4,5,6\}$  con  $\text{ISM} < 100$  el aviso de advertencia será «0: no saturado». Note que para la región  $\{4,5,6\}$  no se presentará aviso de advertencia ya que el ISM es  $< 100$ .

En el caso del hospital 7, el ISM alcanzado es 156, por lo que el sistema ISM solo emitirá la alerta «2: saturación alta» a él y no al resto de las regiones.

En todos los casos el sistema ISM de manera automática actualiza las regiones si algún hospital se adiciona o se retira de la red, y en ese mismo sentido relocalizará los avisos de advertencia.

## Sistema índice de saturación modificado (preparación de datos de prueba)

### Escenario virtual computacional

El sistema ISM fue verificado a partir de un programa computacional que se diseñó para generar 245,280 transacciones aleatorias que equivalen a evaluar ininterrumpidamente cada hora siete hospitales por un lapso de 4 años. Cada transacción se compone de las siete variables referidas en la tabla 1, por lo que se generaron 1,716,960 cifras aleatorias. La asignación aleatoria en la generación de estas transacciones resulta fundamental para abarcar todos los posibles escenarios, y de esta manera poder considerar que la muestra poblacional es representativa, por lo que se implementó desde el punto de vista computacional de un generador de números aleatorios que este mismo grupo<sup>9</sup> ya había verificado matemáticamente.

Para observar la capacidad de conectividad, el sistema ISM fue saturado en forma aleatoria con esas transacciones a partir de esos siete hospitales y así observar su capacidad para evitar los «cuellos de botella» de tránsito al ser demandado por diversos usuarios de diversas unidades hospitalarias en forma simultánea.

La verificación del sistema ISM a partir de este censo consistió en verificar y contar, dentro de las 245,280 transacciones aleatorias producidas, aquellas que el sistema ISM debió de calificar como «alertas reales».

### Procedimiento de instalación

Las diversas pruebas de instalación que se desarrollaron en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán mostraron que, tanto para quienes consulten y/o actualicen las variables que usa el sistema ISM, el significado de estas debe ser completamente entendido antes de considerar su puesta en marcha final; en ese sentido, recomendamos que,

**Tabla 6. Coincidencias entre los avisos de advertencia que proporcionó el escenario virtual y el sistema ISM (Sección 2.5)**

Cocientes	Descripción	Escenario virtual	ISM
ISM-A	Pacientes (espera, consulta, observación y estado crítico)/personal médico	135	131
ISM-B	Pacientes (observación y estado crítico)/camas útiles	89	85

previo al uso del sistema, los usuarios consulten las definiciones de las variables que se describen detalladamente en la tabla 1.

## Resultados

La construcción del escenario virtual que recreó siete hospitales, suministrando un número considerable de transacciones al sistema ISM, permitió evaluar su conectividad y su oportunidad de alertas, mostrando un desempeño de 97% en la determinación de los cocientes ISM-A e ISM-B (Tabla 6), y en ningún momento la conectividad disminuyó cuando los siete hospitales simultáneamente lo consultaron.

Al generarse las series de tiempo para tres de los hospitales se encontró que estas confirmaban las alertas en todos los casos y que la sobresaturación del servicio de urgencias médicas creció en todos los casos en la misma proporción que la tasa de pacientes en espera.

## Discusión

La etiología de la sobresaturación de los servicios de urgencias médicas es multifactorial, tiene que ver con su ubicación, su prestigio ante la sociedad, si es público, privado o de especialización, etc., pero, por lo general, desde el punto de vista administrativo, esta es atribuible fundamentalmente a cuatro factores:

- Número de hospitales insuficiente para cubrir la demanda de atención médica de alguna región.
- Infraestructura hospitalaria insuficiente como falta de camas disponibles en las diversas áreas de hospitalización, lo que condiciona que los pacientes que se deben hospitalizar permanezcan tiempos prolongados en los servicios de urgencia en camillas o sillas, con la consecuente disminución en el flujo de pacientes y retraso en su atención médica.
- Procesos de atención deficientes o incompletos (carentes de retroalimentación y actualización), como por ejemplo la falta de un sistema de *triage*,

o que cuentan con «cuellos de botella» que bloquean los flujos y/o la salida del sistema.

- Recursos humanos sin las calificaciones adecuadas, insuficientes o mal distribuidos.

Estas deficiencias se agudizan cuando se enfrenta una epidemia o desastre; otras causas se asocian a diversos factores que incluyen el número de consultas no urgentes, que puede llegar a ser de hasta un 40% de las solicitudes de atención<sup>8,10</sup>, y que corresponden a pacientes que no pueden obtener cita en los servicios de consulta externa debido a tiempos prolongados de espera para las mismas<sup>8,10-13</sup>, falta de disponibilidad de citas en los días que lo requieren<sup>14</sup>, o bien por el cierre o falta de servicios de urgencias médicas en los hospitales locales<sup>15</sup>. Esta sobredemanda de atención incrementa el tiempo de espera de los pacientes en ambulancias y la posibilidad de tener un mal desenlace de la urgencia médica<sup>15-17</sup>.

Por otro lado, la atención médica a la población que no cuenta con seguridad social o cobertura médica es cada día más frecuente, y contribuye también a la sobresaturación de los servicios de urgencias médicas. En EE.UU. el crecimiento de los servicios de urgencias médicas no es proporcional a su demanda, e incluso el número de estos ha disminuido, lo que se ha considerado por algunos autores como una crisis en los servicios de salud<sup>17</sup>. En México no hay estadísticas al respecto, sin embargo existen hospitales de tercer nivel que funcionan con un sistema de referencia-contrarreferencia con otros hospitales de su organización, no teniendo servicios de urgencia como tal, sino de los denominados «admisión continua».

En México se tiene registro de que el 68% de los pacientes atendidos en los servicios de urgencias médicas de hospitales de tercer nivel han sido enviados a su domicilio por sobresaturación del servicio<sup>10</sup>. Este fenómeno ha influido en el hecho de que hasta un 15% de los pacientes que buscan atención de urgencia opten por abandonar el servicio de urgencias médicas sin haber sido evaluados por un médico<sup>18,19</sup>, lo que conlleva la insatisfacción y frustración de los pacientes y del propio personal, iniciando una espiral descendente

en la moral de usuarios y prestadores del servicio médico y una calidad deficiente.

Al identificar el ISM correctamente el estado de saturación y generar las alertas correspondientes en el 97% de los casos durante las pruebas a las que se sometió sin afectar su conectividad, este trabajo demuestra que, independientemente de la naturaleza multifactorial de la sobresaturación en los servicios de urgencias médicas, el ISM aborda con éxito a través de un sistema computacional la medición de la saturación, tomando en cuenta solo variables administrativas básicas de fácil acceso a los prestadores de servicios médicos de una red de hospitales.

## Conclusiones

El sistema ISM es una herramienta práctica y validada, desde el punto de vista matemático y computacional, para detectar el grado de saturación de un servicio tan complejo y sensible como lo es el de urgencias médicas.

En este sentido, el ISM es una alerta confiable, debido a que un ISM elevado correlaciona inversamente con variables de calidad inherentes al servicio, como son: satisfacción, congruencia, tiempo de espera, tiempo de hospitalización, así como otras de naturaleza externa al servicio, como exceso de demanda en relación con el prestigio de la unidad hospitalaria, insuficiente área física, falta de insumos, exceso de referencias al servicio y falta de contención de otros niveles de operación, entre otros.

Consideramos que el uso generalizado del sistema ISM por los servicios de urgencias médicas de las diferentes instituciones del sector salud contribuirá a solucionar parte de la compleja situación que prevalece en estas unidades a nivel nacional, proporcionando información útil para mitigar la sobresaturación que afecta a la calidad de la atención médica.

## Disponibilidad

El sistema ISM puede usarse sin costo alguno, solicitándolo al correo electrónico: polanco@unam.mx, bajo permiso del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos al Departamento de Cómputo, del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, por el soporte técnico y computacional brindado; a Samie Reyes, de la Subdirección de Medicina Crítica, por la preparación de la tabla 1, y a Concepción Celis Juárez por la revisión de este manuscrito.

## Bibliografía

- Trzeciak S, Rivers EP. Emergency department overcrowding in the United States: an emerging threat to patient safety and public health. *Emerg Med J.* 2003;5:402-5.
- Bagust A, Place M, Posnett JW. Dynamics of bed use in accommodating emergency admissions: stochastic simulation model. *BMJ.* 1999;319:155-8.
- Nawar EW, Niska RW, Xu J. National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2005 emergency department summary. *Adv Data.* 2007;386:1-32.
- Barkhdarian A, Hacker B, Chiappelli F. Dissemination of evidence-based standards of care. *Bioinformation.* 2011;7:315-9.
- Santos-Burgos C, Rodríguez-Cabrera L, Rivero L, et al. Implementation of Mexico's Health Promotion Operational Model. *Prev Chronic Dis.* 2009;6:A32.
- Moskop JC, Sklar DP, Geiderman JM, Schears RM, Bookman KJ. Emergency department crowding. Part 2: Barriers to reform and strategies to overcome them. *Ann Emerg Med.* 2009;53:612-7.
- Moskop JC, Sklar DP, Geiderman JM, Schears RM, Bookman KJ. Emergency department crowding. Part 1: Concept, causes, and moral consequences. *Ann Emerg Med.* 2009;53:605-11.
- Asplin BR, Magid DJ, Rhodes KV, Solberg LI, Lurie N, Camargo CA Jr. A conceptual model of emergency department crowding. *Ann Emerg Med.* 2003;42:173-80.
- Polanco C, Samaniego JL. Detection of selective cationic amphipatic antibacterial peptides by Hidden Markov models. *Acta Biochim Pol.* 2009;56:167-76.
- Forster AJ, Stiell I, Wells G, Lee AJ, Van Walraven C. The effect of hospital occupancy on emergency department length of stay and patient disposition. *Acad Emerg Med.* 2003;10:127-33.
- McCabe JB. Emergency department overcrowding: a national crisis. *Acad Med.* 2001;76:672-4.
- Rathlev NK, Chessare J, Olshaker J, et al. Time series analysis of variables associated with daily mean emergency department length of stay. *Ann Emerg Med.* 2007;49:265-71.
- Schull MJ, Kiss A, Szalai JP. The effect of low-complexity patients on emergency department waiting times. *Ann Emerg Med.* 2007;49:257-64.
- Newton MF, Keirns CC, Cunningham R, Hayward RA, Stanley R. Uninsured adults presenting to US emergency departments: assumptions vs. data. *JAMA.* 2008;300:1914-24.
- Derlet RW, Richards JR. Overcrowding in the nation's emergency departments: complex causes and disturbing effects. *Ann Emerg Med.* 2000;35:63-8.
- Derlet R, Richards J, Kravitz R. Frequent overcrowding in U.S. emergency departments. *Acad Emerg Med.* 2001;8:151-5.
- Baker DW, Stevens CD, Brook RH. Patients who leave a public hospital emergency department without being seen by a physician. Causes and consequences. *JAMA.* 1991;266:1085-90.
- Flisser-Steinbruch A, Rohde-Einhäus F, Del Río-Rizo JL, et al. The Dr. Manuel Gea General Hospital: past, present, and future. *Gac Med Mex.* 2004;140:163-97.
- McConnell KJ, Richards CF, Daya M, Bernell SL, Weathers CC, Lowe RA. Effect of increased ICU capacity on emergency department length of stay and ambulance diversion. *Ann Emerg Med.* 2005;45:471-8.