

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: Soluciones Informáticas

Recibido:10/01/2020 | Aceptado: 15/02/2020 | Publicado: 01/09/2020

Modelo computacional experto para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico en sistemas de información en salud aplicando técnicas de análisis de redes sociales y minería de procesos

Expert computational model for recommending of surgical work teams in health information systems applying techniques of social network analysis and process mining

José Felipe Ramírez Pérez ^{1*}, Alicia del Rosario Ramírez Pérez ², Maylevis Morejón Valdés ³, Jorge Calixto Borrell Zayas⁴

¹Centro de Informática Médica, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.

²Universidad de Ciencias Médicas Raúl Dorticós Torrado. Cienfuegos, Cuba.

³Centro de Informática Médica, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.

⁴Universidad de Ciencias Médicas Raúl Dorticós Torrado. Cienfuegos, Cuba.

* Autor para correspondencia: jframirez870914@gmail.com

Resumen

En la actualidad, el trabajo en equipo constituye un factor de vital importancia en el desarrollo de disímiles actividades. En el sector de la salud y en los servicios quirúrgicos existen estudios que avalan la importancia del trabajo en equipo como mecanismo determinante para aumentar el rendimiento y mejorar la seguridad del paciente. Con el progreso de la industria informática existen enfoques y herramientas que combinan la gestión de flujos de procesos de negocio con el análisis de redes sociales, lo cual permite inferir redes de interacción profesional y mejorar el proceso de toma de decisiones. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diversos métodos científicos, tales como el análisis documental, la entrevista, la encuesta, el criterio de expertos, la técnica Iadov para medir satisfacción y la experimentación. El objetivo de la presente investigación es desarrollar un modelo computacional experto para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico en sistemas de información en salud, aplicando técnicas de análisis de redes sociales y minería de procesos, que contribuya a mejorar la gestión de información como soporte para la toma de decisiones administrativas, en función de proveerle un servicio de calidad al paciente. Como resultado se obtiene una estrategia de gestión del conocimiento tácito y explícito, un procedimiento para la recomendación de los equipos de trabajo quirúrgico, una herramienta informática como instanciación del modelo e indicaciones metodológicas para la aplicación del modelo en sistemas de información en salud. El proceso de validación permitió constatar la pertinencia y aplicabilidad de la propuesta de solución, en función de disminuir las intervenciones quirúrgicas no satisfactorias, validado a partir de realización de experimentos en importantes hospitales cubanos.

Palabras claves: computación social, minería de procesos, toma de decisiones, trabajo en equipo, salud.

Abstract

Currently the teamwork constitutes a vital importance factor in the development of dissimilar activities. Some studies in health sector and surgical services support the importance of teamwork as a determinant mechanism to enhance performance and to improve patient's safety. The progress of the Informatics industry has influenced in different approaches and tools that combine the business process flow management with the Social Network Analysis. These approaches allow us to infer professional interaction networks and improve the decision-making process. Several scientific methods are used for research development, such as document analysis, interviews, survey, expert's criteria, Iadov technique to measure satisfaction and experimentation. The aim of the research is to develop an expert computational model for recommending surgical work teams in health information systems, applying techniques of social network analysis and process mining, which it contributes to improve the information management like support for decision-making by administrative personnel, in order to provide a quality service to the patient. As a result, a tacit and explicit knowledge management strategy is obtained, a procedure for the recommendation of the surgical work teams, a computer tool as an instantiation of the model and methodological indications for the application of the model in health information systems. The validation process allows confirming the pertinence and applicability of the proposed solution, in order to reduce unsuccessful surgical interventions, validated by conducting experiments in important Cuban hospitals.

Keywords: *decision making, health, process mining, social computing, teamwork.*

Introducción

Hoy es común afirmar que la capacidad de resolver problemas y de proponer soluciones en un equipo es siempre superior a la de una persona. Es por ello que los problemas complejos se pueden abordar y resolver más eficazmente cuando se hace de manera conjunta. Por tanto, el trabajo en equipo en la actualidad es una necesidad cada vez más inminente en todos los sectores de la sociedad, de ahí la creciente adopción del término trabajo interdisciplinario (Ander-Egg y Aguilar, 2001).

En el sector de la salud y propiamente en los servicios quirúrgicos existen investigaciones que avalan la importancia del trabajo en equipo (Hull y Sevdalis, 2015; Valentine et al., 2015). Ello se debe a que constituye un mecanismo determinante para aumentar el desempeño quirúrgico y mejorar la efectividad de las intervenciones quirúrgicas, de forma tal que conlleve a una mayor calidad de vida para el paciente (Mitchell y Flin, 2012; Forrellat, 2014). No obstante, las fallas en los equipos de trabajo continúan siendo uno de los elementos que más contribuyen a la proliferación de efectos adversos en los salones de cirugía. Además, subyacen en la raíz de los principales errores quirúrgicos a nivel mundial (Garrouste-Orgeas et al., 2012; Starmer et al., 2014). En estudios realizados se afirma que el error humano es la principal causa de efectos adversos en el proceso de atención médica y uno de los temas de mayor actualidad en las discusiones sobre calidad en los servicios sanitarios (García, 2013; Murray et al., 2013).

Según investigaciones realizadas en los EEUU, los errores quirúrgicos prevenibles, asociados al mal funcionamiento de los equipos de trabajo quirúrgico, causan anualmente entre 210 000 y 440 000 decesos (Hospital Safety Score, 2013), constituyendo la tercera causa de muerte en dicho país, con gastos superiores a los 225 billones de dólares (Yoon et al., 2014; Makary y Daniel, 2016). Además, según datos publicados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se calcula que, de los efectos adversos producidos en los

hospitales, alrededor del 40% están relacionados con procedimientos quirúrgicos (García, 2013). Anualmente, una de cada diez personas sufre lesiones discapacitantes o muere por prácticas clínicas inseguras y en muchos países los gastos superan los 29 000 millones de dólares (Barón et al., 2015).

La adopción de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en las instituciones médicas ha hecho posible el mejoramiento gradual de los procesos asistenciales en sentido general. Ofrecen mecanismos para aumentar la efectividad y eficiencia de la atención médica (Gonzales et al., 2014; José et al., 2015b), las cuales permiten soportar sus procesos de negocio, posibilitando analizarlos y optimizarlos. Asimismo, el crecimiento exponencial de los datos y el desarrollo de técnicas para su análisis, a través de la denominada Big Data, ha conllevado a proveer un servicio de calidad cada vez mayor al paciente, así como a la reducción de costos y aumento de la productividad. (Mans et al., 2008). En este sentido, el Enfoque Basado en Procesos el mecanismo que hoy aporta mayores ventajas para el análisis del considerable volumen de datos derivado de los procesos asistenciales (van der Aalst, 2011; van Doremalen, 2012).

El Enfoque Basado en Procesos (ISO 9001, 2008) es un principio de gestión básico y fundamental para la obtención de resultados. Supone que “un resultado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos se gestionan como un proceso”. Sin embargo, estos sistemas de información orientados a procesos que van implantándose y haciéndose fundamentales en todas las organizaciones (Dios et al., 2010; Ramírez et al., 2016), requieren un modelado explícito de los procesos de negocio, lo cual no es algo trivial ya que se necesita un amplio conocimiento de los mismos para modelarlos con la suficiente exactitud; es por ello que estos modelos de procesos suelen acabar representando más bien cómo debería llevarse a cabo el proceso que cómo se está llevando a cabo en realidad, constituyendo esta una de las principales fortalezas de la gestión por procesos.

La Gestión de Procesos de Negocio (BPM, por sus siglas en inglés) es la tecnología pionera y líder en esta área (Magliano et al., 2013). Constituye un conjunto de métodos, herramientas y tecnologías utilizadas para diseñar, representar, analizar y controlar procesos de negocio, combinando las tecnologías de la información con metodologías de proceso y gobierno. Es una colaboración entre personas de negocio y tecnólogos para fomentar procesos de negocio efectivos, ágiles y transparentes (Garimella et al., 2008). Para asistir la optimización del ciclo de vida de BPM es necesario contar con una tecnología específica que se encuentre centrada en el proceso y no en los datos como la mayoría de los enfoques tradicionales (Bose y van der Aalst, 2011), es por ello que los sistemas de información han retomado con fuerza la implementación de mecanismos para registrar la ejecución real de los procesos, tales como los registros de eventos, registros de trazas o bitácoras (Medeiros, 2006).

La Minería de Procesos es una disciplina de investigación relativamente joven. Su análisis se centra en descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales de una organización a través de la extracción de conocimiento de los registros de eventos, registros de trazas o bitácoras (van der Aalst et al., 2011), posibilitando además entender cómo son ejecutados en realidad los procesos en el sistema (van Doremalen,

2012; Mans et al., 2015). La Minería de procesos ayuda a identificar cuellos de botella, anticipar problemas, registrar violaciones de políticas, recomendar contramedidas y simplificar procesos de negocio (Rozinat, et al., 2008; Bratosin, 2011). Su aplicación en el sector de la salud constituye un enfoque moderno y recomendable, aportando excelentes e interesantes resultados, siendo aplicado en diversas áreas como cirugía (Dios et al., 2010; José et al., 2015a), cuidados intensivos (Lybeshari, 2012), oncología y ginecología (Mans et al., 2008; van Doremalen, 2012) y urología (van Doremalen, 2012), entre otros.

En este sentido y aplicado particularmente a la selección de los equipos de trabajo, juega un papel primordial el Análisis de redes Sociales (ARS). El ARS es un área del conocimiento de la sociología que brinda una colección de métodos y técnicas de propósitos sociométricos para analizar redes sociales (Aguirre, 2011; Borgatti et al., 2011; De Nooy et al., 2011). Su fácil entendimiento y uso ha hecho posible su rápida expansión y adopción a nivel internacional (Kadushin, 2012). Como parte de la Minería de Procesos existe la Minería de Redes Sociales, la cual ofrece enfoques y herramientas que combinan los conceptos de gestión de flujos de trabajo con ARS, permitiendo la inferencia de redes de interacción social (van der Aalst y Song, 2004). Estudios demuestran que el ARS en el sector de la salud es un enfoque ampliamente utilizado y ha tenido resultados positivos en su aplicación para la conformación de equipos de trabajo más efectivos que mejoren la calidad de la atención (Meltzer et al., 2010; Pérez, 2016), para mejorar la efectividad de los procesos de toma de decisiones (Chambers et al., 2012), para el entendimiento de las relaciones sociales entre individuos, constituyendo un enfoque innovador y relativamente reciente (Desikan et al., 2013) y para explorar el contexto y las situaciones que conducen a una asistencia sanitaria eficiente y eficaz (Wang et al., 2014).

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un modelo computacional experto para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico en sistemas de información en salud, aplicando técnicas de análisis de redes sociales y minería de procesos, que contribuya a mejorar la gestión de información como soporte para la toma de decisiones administrativas. Con ello se impacta en una disminución de las intervenciones quirúrgicas no satisfactorias practicadas a los pacientes, en función de proveerle un servicio de calidad.

La estructura de la presente investigación es como sigue: a continuación, se abordan los materiales y métodos utilizados durante el desarrollo del modelo computacional experto, luego se procede a la presentación y discusión de los resultados y posteriormente se realiza el análisis de los resultados obtenidos. Por último, se presentan las conclusiones a las que se arribó en la investigación.

Materiales y Métodos

El presente estudio fue realizado en el periodo comprendido entre septiembre de 2014 a marzo de 2016, en ocho hospitales representativos de la atención secundaria y terciaria de Cuba, entre los que se destacan Hermanos Ameijeiras, Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ), Instituto de Oncología y

Radiobiología (INOR) y Centro Nacional de Cirugía de Mínimo Acceso (CNCMA) de La Habana, Gustavo Aldereguía Lima de Cienfuegos y el Cardiocentro de Villa Clara. Para la realización de la investigación, consistente en el desarrollo de un modelo computacional experto para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico, se aplicaron diversos métodos científicos como la entrevista, la encuesta, el grupo focal y la experimentación.

El desarrollo de la investigación estuvo compuesto por 4 fases, el estudio de los principales referentes teóricos, la realización de entrevistas y encuestas al personal asistencial de los servicios de cirugía y psicología de los citados hospitales, el desarrollo del modelo computacional experto y la validación del mismo a través de la experimentación y el criterio de expertos. La vinculación con el Hospital Provincial Dr. Gustavo Aldereguía Lima de Cienfuegos resultó de vital importancia, así como el intercambio con los especialistas de la salud y el escenario quirúrgico para ajustar el modelo desarrollado. En todo momento cooperaron, tanto en las entrevistas llevadas a cabo como en los grupos focales realizados para ajustar los aspectos teóricos medulares de la investigación.

Métodos científicos aplicados (Hernández et al., 2014):

- La entrevista: Se aplicó al personal psicológico y quirúrgico con vistas a obtener la información necesaria respecto a cómo son realizados hoy los procesos de selección de personal según las tendencias mundiales y cómo se realiza en los centros de salud cubanos.
- La encuesta: Mediante su aplicación al personal asistencial, se obtuvo mediciones cuantitativas de los elementos cualitativos y cuantitativos abordados que constituyen los datos que fundamentan el modelo.
- El análisis documental: Se empleó para el estudio de los referentes teóricos de la investigación. Se realizó consulta de libros y de artículos científicos digitales, con predominio de bibliografía en idioma inglés y de los últimos 5 años.
- Grupo focal: Es empleado para el proceso de debate e interacción de participantes en torno a temáticas focalizadas, en función de obtener detalles que beneficien el proceso de desarrollo del modelo computacional.
- Experimentación: Mediante un experimento se pudo validar el impacto del modelo en la disminución de las intervenciones quirúrgicas no satisfactorias practicadas a los pacientes.

Resultados y Discusión

Un servicio quirúrgico tiene un conjunto P de m pacientes: $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}, m > 0, m \in \mathbb{N}$. Además, tiene un conjunto E de n especialistas (cirujanos, anesestesiólogos y enfermeros): $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}, n > 0, n \in \mathbb{N}$.

Cada paciente tiene información registrada (IP) como sus datos personales e historia clínica, siendo q la cantidad de atributos que puede tener. La información se representa como se muestra a continuación:

$$IP_i = \{p_{i,1}, p_{i,2}, \dots, p_{i,q}\}, q > 0, q \in \mathbb{N}, 1 \leq i \leq m \quad (1)$$

Cada uno de los especialistas tiene información registrada (IE), la cual es heterogénea y de distintos dominios, se agrupan en información general (IG), información quirúrgica (IQ) e información de rasgos personalológicos (IRP): $IE = \{IG, IQ, IRP\}$

La IG está relacionada esencialmente con su especialidad y servicio quirúrgico, siendo r la cantidad de atributos que puede tener: $IG = \{g_1, g_2, \dots, g_r\}, r > 0, r \in \mathbb{N}$

La IQ contiene las intervenciones en que ha participado, los procedimientos quirúrgicos realizados, las evaluaciones obtenidas en su actividad quirúrgica, las regiones anatómicas operadas y las complejidades quirúrgicas realizadas, siendo s la cantidad de atributos que puede tener: $IQ = \{k_1, k_2, \dots, k_s\}, s > 0, s \in \mathbb{N}$

La información de rasgos personalológicos recoge el resultado de un conjunto de pruebas aplicadas, que lo caracterizan en función de la actividad que realiza, en términos de habilidades técnicas, no técnicas y psicológicas. Cada rasgo se compone del resultado de las pruebas que más se ajustan al mismo, siendo u la cantidad de atributos que puede tener. Su dominio se expresa en las variables lingüísticas Muy alto, Alto y Medio: $IRP = \{t_1, t_2, \dots, t_u\}, u > 0, u \in \mathbb{N}$

Por tanto, en función de la información anterior, el especialista e_j tendría un conjunto de atributos que lo caracterizan en el entorno hospitalario. La información se representa como se muestra a continuación:

$$IE_j = \{g_1, g_2, \dots, g_r, k_1, k_2, \dots, k_s, t_1, t_2, \dots, t_u\} \quad (2)$$

Con los datos primarios recogidos, para la selección de los equipos de trabajo quirúrgico (Z) se tiene en cuenta como condiciones la complejidad y la región anatómica de la intervención quirúrgica a realizar, así como la cantidad de especialistas por rol exigido por el jefe de servicio. Los requerimientos o premisas de la recomendación son conformar un equipo con especialistas que tengan habilidades técnicas y no técnicas, desempeño profesional y características psicológicas acordes con la intervención quirúrgica a realizar, así como una carga de trabajo normal y sinergia en sus relaciones como equipo, de acuerdo a las condiciones dadas. La información se representa como se muestra a continuación:

$$Z_v^l = \{e_{1v}^l, e_{2v}^l, \dots, e_{fv}^l\}; l, v, f > 0; l, v, f \in \mathbb{N} \quad (3)$$

En la anterior representación l constituye las condiciones necesarias dadas a cumplir por un especialista, v son los requerimientos exigidos a un especialista para conformar el equipo de trabajo, de acuerdo a las condiciones, y f es la cantidad de especialistas por rol exigido por el jefe de servicio.

Por último, el equipo de trabajo quirúrgico recomendado constituye la salida del modelo, la información se representa como se muestra a continuación:

$$ETQ = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}, n > 0, n \in \mathbb{N} \quad (4)$$

El modelo computacional experto desarrollado (MOSES) para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico en sistemas de información en salud, aplicando técnicas de Análisis de Redes Sociales y Minería de procesos, se muestra en la figura 1.

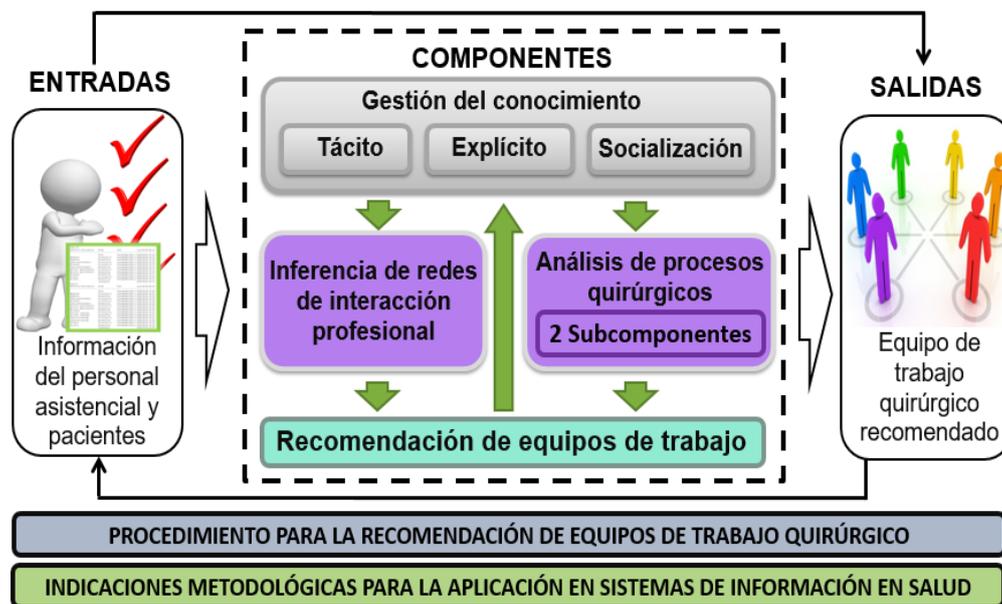


Figura 1. Modelo computacional experto para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico en sistemas de información en salud (MOSES). Fuente: Elaboración propia.

Los principios que sustentan la construcción del modelo son:

- Modelación de la información a partir de una red de interacción profesional, permitiendo la representación de habilidades técnicas y no técnicas, desempeño profesional, características psicológicas y carga de trabajo del personal asistencial, así como características del trabajo en equipo como la sinergia.
- Utilización de medidas de ponderación y variables lingüísticas para garantizar la flexibilidad y entendimiento del modelo en la recomendación realizada.
- Utilización de métodos con estrategia voraz para la determinación de soluciones óptimas en la selección de los equipos de trabajo.
- La recomendación se expresa de forma gráfica, mediante la señalización de los nodos y aristas, de manera intuitiva para un mayor entendimiento por parte de los decisores, no expertos en las nuevas tecnologías.

Los componentes del modelo son:

- Gestión del conocimiento:** Es un proceso fundamental en el modelo. En él se almacenan los datos primarios del sistema de información en salud y se gestiona todo el conocimiento relacionado con la gestión de procedimientos quirúrgicos y psicológicos, los cuales posibilitan la posterior recomendación de los equipos de trabajo quirúrgico.
- Inferencia de redes de interacción profesional:** En él se aplican un conjunto de complementos del ARS, así como métricas de la Minería de Procesos para la inferencia de redes de interacción profesional. Para ello se combinan enfoques orientados a datos y a procesos, dentro del sistema de información, que contribuya a una obtención integral de la información necesaria.

3. **Análisis de procesos quirúrgicos:** Mediante técnicas de minería de redes sociales y de procesos se analizan los procesos de atención al paciente quirúrgico, para mejorar la gestión de información y toma de decisiones. El componente está formado por dos subcomponentes, el primero encargado de extraer la información en registros de eventos y el segundo analiza la información de los registros de eventos y produce modelos de procesos.

4. **Recomendación de equipos de trabajo:** A partir de la aplicación de algoritmos de optimización, como son los algoritmos voraces, se recomiendan los equipos de trabajo, teniendo en cuenta la inferencia antes realizada. A partir de la aplicación de un conjunto de condicionales, asociadas a las necesidades asistenciales, se brinda apoyo a la toma de decisiones, recomendando el equipo más eficiente e integrado. Las entradas del modelo lo constituyen la información de los especialistas de la salud y pacientes, según representaciones (1) y (2). Como salida se obtiene el equipo de trabajo quirúrgico recomendado según representación (4). En cada componente la información sufre transformaciones sustanciales. La entrada de cada componente constituye la salida del componente que le precede. Como parte del modelo se implementa un procedimiento para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico, el cual consta de cuatro fases, las que se corresponden con los componentes del modelo y tiene como objetivo guiar su aplicación y empleo. En el esquema de la Figura 2 se muestran las fases, con una breve descripción.

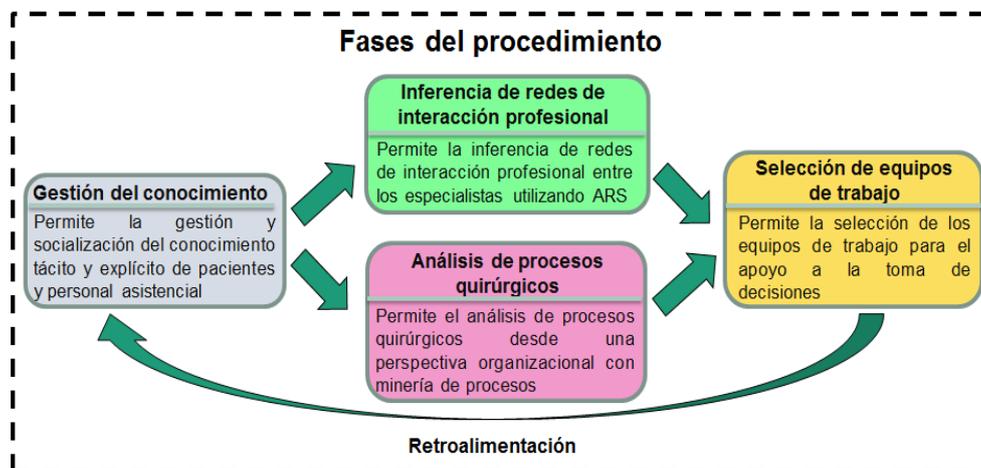


Figura 2. Fases del procedimiento para la selección de equipos de trabajo quirúrgico con MOSES. Fuente: elaboración propia.

A partir del análisis de los modelos de implementación propuestos en la literatura, se plantean las indicaciones metodológicas para la aplicación del modelo MOSES en sistemas de información en salud. Unido al procedimiento, ofrecen una guía para la implantación del modelo, a partir de su instanciación en una herramienta informática. En la Figura 3 se muestran las etapas propuestas en las Indicaciones metodológicas.

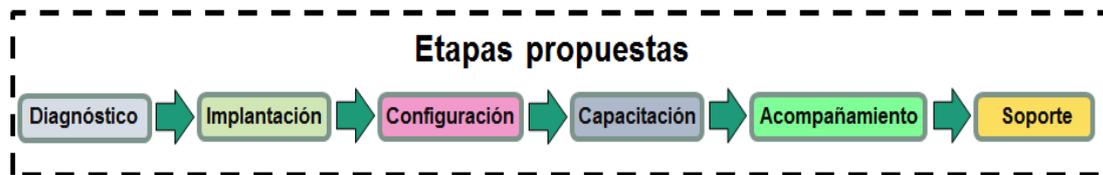


Figura 3. Etapas de la implementación del modelo. Fuente: elaboración propia.

Análisis de los resultados obtenidos

Para validar el modelo computacional experto desarrollado fue empleada una muestra aleatoria compuesta por 60 personas distribuidas en un 50% de especialistas y residentes de cirugía, un 26% de especialistas y residentes de anestesiología y un 24% de enfermeros anesthesiólogos. Ello representó una muestra representativa de cada uno de los servicios de cirugía general de los hospitales participantes. Hubo en todo momento disposición por parte del personal en colaborar con la investigación realizada. En la Tabla 1 se presenta el resumen estadístico de los resultados arrojados luego de la aplicación del experimento.

Tabla 1. Resumen estadístico de la aplicación del cuasi experimento. Fuente: elaboración propia.

Meses	Intervenciones quirúrgicas efectuadas (Servicio de Cirugía General) Año 2015					
	Grupo de Control			Grupo Experimental		
	Total	Satisfactorias	No Satisfactorias	Total	Satisfactorias	No Satisfactorias
Enero	195	187	8	202	199	3
Febrero	194	184	10	187	185	2
Marzo	191	185	6	194	194	0
Abril	171	166	5	181	177	4
Mayo	190	181	9	185	183	2
Junio	189	180	9	197	194	3
Julio	191	185	6	144	142	2
Agosto	136	129	7	158	155	3
Septiembre	206	203	3	201	200	1
Octubre	222	217	5	183	183	0
Noviembre	202	194	8	196	193	3
Diciembre	173	160	13	186	184	2
Total	2260	2171	89	2214	2189	25

Para evaluar la posibilidad de comparar los datos entre el grupo de control y el experimental, se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para comprobar que los datos se ajustan a una distribución Normal, donde el valor $p = 0.170054$. El valor $p > 0.05$ de la prueba indica que no existe problema con la normalidad de los datos. La garantía de normalidad se puede observar en el histograma que se muestra en la Figura 4:

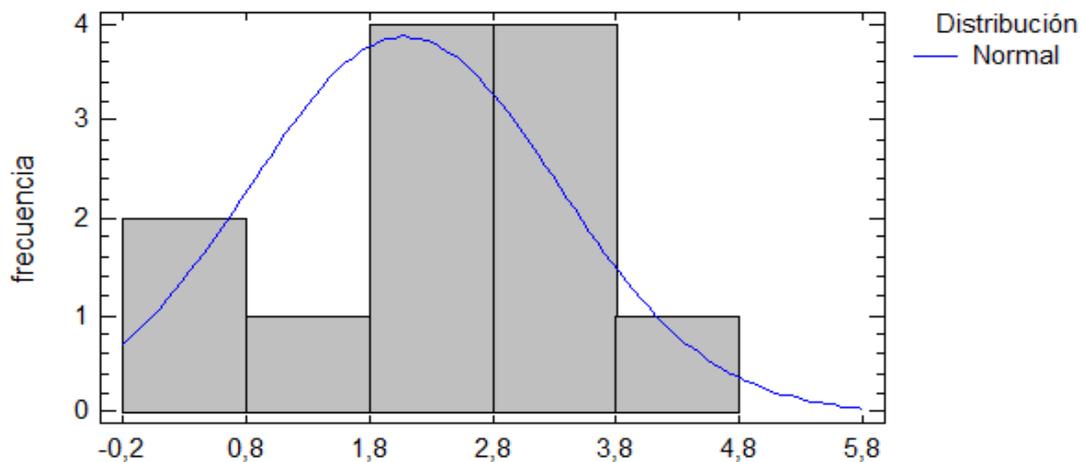


Figura 4. Histograma que representa la normalidad de las muestras analizadas. Fuente: elaboración propia.

En consecuencia, se aplicó la prueba estadística paramétrica t-student, con el objetivo de comparar dos muestras, a partir de sus medias, para comprobar si los resultados son estadísticamente diferentes. Se aplicó a la cantidad de intervenciones no satisfactorias, donde el valor $p = 0.00002275$. Como el valor $p < 0.5$ se rechaza la H_0 con un 95% de confianza, lo que indica que hay diferencia significativa entre las medias de las muestras analizadas.

Por tanto, el análisis estadístico anterior permite concluir que el modelo MOSES mejora la efectividad en la selección de equipos de trabajo quirúrgico, si bien se evidencia una disminución en la ocurrencia de intervenciones quirúrgicas no satisfactorias. Además, la afirmación anterior se soporta en que, con la aplicación del modelo, se disminuyó hasta tres horas el tiempo empleado para la realización de tales procedimientos. Ello se debe a la complejidad que presupone la gestión de tantas variables para una correcta, confiable y rápida toma de decisiones. Además, se realizó por medio de una herramienta informática, ahorrando recursos humanos y materiales.

Análisis del impacto social y factibilidad económica de la propuesta

El modelo es de utilidad para el proceso de gestión hospitalaria, posibilitando mayor efectividad en la toma de decisiones. La utilización del modelo y su instanciación en la herramienta informática permitirán el ahorro de tiempo y de cuantiosos recursos humanos y materiales empleados diariamente. Según González et al. (2015), la salud en Cuba es gratuita; sin embargo, la atención médica genera un costo que a partir de las características de cada enfermedad y la individualidad de cada paciente varía significativamente. Es por ello que el modelo influye económicamente en varios indicadores hospitalarios, como se muestra a continuación:

- Disminución de la estadía hospitalaria
- Disminución de la estadía de ingreso en el hogar
- Disminución de los tiempos de atención médica
- Minimización de los costos quirúrgicos
- Aprovechamiento eficiente de recursos hospitalarios

- Devolución a la sociedad de un paciente sano para su reincorporarse al trabajo

Premisas para el análisis de factibilidad económica:

- Se analiza el costo por enfermedad, particularizando los análisis a partir de las características propias de cada dolencia.
- La estancia hospitalaria prolongada, como principal indicador a seguir, genera efectos negativos en el sistema de salud como: aumento en los costos, deficiente accesibilidad a los servicios de hospitalización, saturación de las urgencias y riesgos de eventos adversos.

En la Tabla 2 se realiza un análisis económico del ahorro que implicaría la aplicación del modelo MOSES en sistemas de información en salud. Para ello se analizan los indicadores definidos de acuerdo a una operación con procedimiento quirúrgico: ictus isquémico agudo. Los valores en color rojo constituyen las desviaciones promedio que se registran al existir problemas que afecten la calidad de la atención prestada al paciente, en las cuales el modelo desarrollado tiene una implicación positiva.

Tabla 2. Análisis de la implicación económica del modelo MOSES. Fuente: elaboración propia.

Indicadores	Procedimiento quirúrgico: ictus isquémico agudo		
	Costo por persona	Cantidad de días afectados	Implicación del modelo
Estadía hospitalaria	Estadía ≤ 9 días (\$268) Estadía >9 días (\$648) Terapia intensiva: \$704 Terapia intermedia: \$473	7 días 10 días	Selección de equipos de trabajo que contribuyan a disminuir la ocurrencia de intervenciones quirúrgicas no satisfactorias, disminuyendo la estadía hospitalaria
Estadía (ingreso en el hogar)	(Egreso precoz) Costo diario \$43	3 días 7 días	A partir de un resultado satisfactorio de la intervención quirúrgica, el proceso de recuperación en el hogar será menor
Tiempo en el proceso de atención	-	10 días	Seguimiento al proceso de atención, controlando y mejorando los tiempos de ejecución de las actividades asistenciales
Costos quirúrgicos (materiales, medicamentos y medios diagnósticos)	\$5340 \$8021	-	La ocurrencia cada vez menor de intervenciones quirúrgicas no satisfactorias (accidentes quirúrgicos, complicaciones transoperatorias y postoperatorias) posibilitaría la no utilización de material adicionales
Aprovechamiento de recursos	-	-	A partir de una correcta planificación de los materiales quirúrgicos de acuerdo al tipo de operación y complejidad
Inserción a la sociedad	-	10-14 días unmes	Si el proceso de recuperación en el hogar es menor, la inserción del trabajador a la sociedad será en un

			periodo de tiempo más corto
Costo total	\$5608 / \$9674	-	-

CONCLUSIONES

El Análisis de Redes Sociales en el sector de la salud constituye una tecnología novedosa, relativamente reciente y ampliamente utilizada por los resultados que arroja y su fácil comprensión por personal no experto. Contiene un gran número de herramientas con propósitos sociométricos, posibilitando inferir redes de interacción social, así como analizar tendencias y comportamientos. Mediante su utilización se pueden conformar equipos de trabajo más efectivos que mejoren la calidad de la atención médica. Su enfoque innovador posibilita explorar el contexto y las situaciones que conducen a una asistencia sanitaria eficiente y eficaz.

Asimismo, la minería de procesos ofrece diversas técnicas y herramientas capaces de extraer conocimiento de los registros de eventos hospitalarios, ampliamente disponibles en los sistemas de información, con el propósito de descubrir, monitorear y mejorar los procesos asistenciales. En Salud constituye un enfoque moderno y recomendable. Su utilización en áreas como emergencias, cirugía, oncología, cuidados intensivos, ginecología y urología, así como los excelentes resultados para la toma de decisiones, dan prueba de ello.

El modelo computacional experto desarrollado para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico en sistemas de información en salud, aplicando técnicas de Análisis de Redes Sociales y Minería de Procesos, contribuye a mejorar la gestión de información como soporte para la toma de decisiones administrativas. Se validó su impacto en la disminución de las intervenciones quirúrgicas no satisfactorias practicadas a los pacientes, en función de proveerle un servicio de calidad.

REFERENCIAS

- Aguirre, J. L. Introducción al análisis de redes sociales. Documentos de Trabajo del Centro Interdisciplinario para el Estudio de Políticas Públicas, vol. 82. (2011).
- Ander-Egg, E. y Aguilar, M. El trabajo en equipo. Ed. Progreso. México (2001).
- Barón, C. M., Blandón, A. C. y Lucumí, A. C. Impacto de la política de seguridad del paciente en personal de urgencias del Hospital Tomas Uribe ESE del año 2014 y primer trimestre 2015. Trabajo de grado de especialización en administración de la salud. Colombia (2015).
- Borgatti, S. P. y Halgin, D. S. (2011). On network theory. *Organization Science*, 22(5), 1168-1181.
- Bose, R.P. y van der Aalst, W.M.P. Process Diagnostics Using Trace Alignment: Opportunities, Issues, and Challenges. Eindhoven University of Technology, the Netherlands (2011).
- Bratosin, C. Grid Architecture for Distributed Process Mining. Doctor Thesis. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2011.

- Chambers, D., Wilson, P., Thompson, C. y Harden, M. Social network analysis in healthcare settings: a systematic scoping review. *PloS one*, 7(8), e41911 (2012).
- De Nooy, W., Mrvar, A. y Batagelj, V. *Exploratory social network analysis with Pajek* (Vol. 27). Cambridge University Press. ISBN: 9780521174800 (2011).
- DESIKAN, PRASANNA, et al. Using social network analysis to identify key players within clinical teams for improving pain management. En *Healthcare Informatics (ICHI) IEEE* (2013).
- Dios, M. A., Framiñán, J. M., Domínguez, R. y León, J. M. Modelado y análisis de un proceso quirúrgico mediante técnicas de minería de procesos. Cuarta Conferencia Internacional de Ingeniería Industrial y Gestión Industrial. XIV Congreso de Ingeniería de Organización, Donostia- San Sebastián (2010).
- Forrellat Barrios, M. Calidad en los servicios de salud: un reto ineludible. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 30(2), 179-183 (2014).
- García, G. L. Seguridad clínica en el paciente quirúrgico. Grado de enfermería. Universidad de Cantabria, España(2013).
- Garimella, K., Lees, M. y Williams, B. *Introducción a BPM para Dummies*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc. ISBN: 978-0-470-37359-0(2008).
- Garrouste-Orgeas, M., Philippart, F., Bruel, C., Max, A., Lau, N. y Misset, B. Overview of medical errors and adverse events. *Annals of intensive care*, 2(1), 2(2012).
- Gonzales, D., Solís, W., & Zurita, B. Mesa Redonda: Enfoques y Concepciones de la Calidad en Salud. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 58, No. 1, pp. 20-28) (2014).
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education. México. ISBN: 1456223968.
- Hospital Safety Score. Hospital Errors are the Third Leading Cause of Death in U.S. [En línea]. (2013). Disponible en:
<http://www.hospitalsafetyscore.org/newsroom/display/hospitalerrors-thirdleading-causeofdeathinus-improvementstooslow>.
- Hull, L. y Sevdalis, N. Teamwork and safety in surgery. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 43(1), 3-6(2015).
- José Felipe, R. P., Teresa, R. R., Daniel, O. F., & Aleima Bibiana, R. C. (2015, August). Propuesta para la selección eficiente de equipos de trabajo quirúrgico en un Sistema de Información Hospitalaria aplicando Minería de Redes Sociales. In *Convención Salud 2015*.

- José Felipe, R. P., Yenier, V. R., & Maylevis, M. V. (2015, August). Componente informático para la gestión eficiente de los procesos asistenciales del Programa de Atención Materno Infantil en la Atención Primaria de Salud. In Convención Salud 2015.
- Kadushin, C. Understanding social networks: Theories, concepts, and findings. Oxford University Press. New York. ISBN: 978-0-19-537947-1 (2012).
- Lybeshari, E. Process mining in Intensive Care Unit Data. Master Thesis. Eindhoven University of Technology, the Netherlands (2012).
- Magliano, V. M.; Bazán, P., Martínez, J. Análisis metodológico para la utilización de Process Mining como tecnología de optimización y respaldo de la implementación de procesos de negocio bajo el marco de BPM. XV Taller de Investigadores en Ciencias de la Computación. Argentina (2013).
- Makary, M. A. y Daniel, M. Medical error—the third leading cause of death in the US. *BMJ*, 353, i2139(2016).
- Mans, R.S., Schonenberg, M.H., Song, M., van der Aalst, W.M.P. Process Mining in Healthcare a Case Study. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands (2008).
- Mans, R., van der Aalst, W., y Vanwersch, R. J. Process Mining in Healthcare: Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes. Heidelberg: Springer. Eindhoven. The Netherlands (2015).
- McKee, M. y Healy, J. Hospitals in a Changing Europe. In J. Figueras, M. et al. Saltman, editors, European Observatory on Health Care Systems. Open University Press. Buckingham (2002).
- Medeiros, A. K. A. d. Genetic Process Mining. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. ISBN 978-90-386-0785-6 (2006).
- MELTZER, DAVID, et al. Exploring the use of social network methods in designing healthcare quality improvement teams. *Social science & medicine* (2010).
- Mitchell, M. L. y Flin, R. (Eds.). *Safer Surgery: Analysing Behaviour in the Operating Theatre*. Ashgate Publishing, Ltd. Burlington. ISBN: 978-1-4094-8604-6(2012).
- Murray, C. J., Abraham, J., Ali, M. K., Alvarado, M. et al. The state of US health, 1990-2010: burden of diseases, injuries, and risk factors. *Jama*, 310(6), 591-606 (2013).
- Pérez, J. F. R. (2016). Modelo para la selección de equipos de trabajo quirúrgico en sistemas de información en salud aplicando técnicas de inteligencia organizacional. Editorial Universitaria.
- Ramírez Pérez, J. F., Rodríguez Rodríguez, T., Olivera Fajardo, D., & Morejón Valdés, M. (2016). Componente para la toma de decisiones en salud. Un enfoque de análisis de redes sociales desde la minería de procesos. *Revista Cubana de Informática Médica*, 8(1), 46-63.

- Rozinat, A., Mans, R. S., Song, M. y van der Aalst, W. M. Discovering simulation models. *Information Systems*, 34(3), 305-327 (2009).
- Starmer, A. J., Spector, N. D. y Srivastava, R. Changes in medical errors after implementation of a handoff program. *New England Journal of Medicine*, 371(19), 1803-1812 (2014).
- Valentine, M. A., Nembhard, I. M. y Edmondson, A. C. Measuring teamwork in health care settings: A review of survey instruments. *Medical care*, 53(4), e16-e30 (2015).
- Van der Aalst, W.M.P. y Song, M. Mining Social Networks: Uncovering Interaction Patterns in Business Processes. Eindhoven University of Technology, the Netherlands (2004).
- Van der Aalst, W.M.P., Adriansyah, A. et al. Process Mining Manifesto. BPM 2011 Workshops proceedings, Lecture Notes in Business Information Processing, Springer-Verlag (2011).
- (van Doremalen, 2012) van Doremalen, B. Process Mining in Healthcare Systems: An Evaluation and Refinement of a Methodology. Netherlands: Eindhoven University of Technology (2012).
- WANG, FEI, et al. Application of network analysis on healthcare. En *Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM)*, IEEE/ACM International Conference on. IEEE (2014).
- Yoon, P. W., Bastian, B., Anderson, R. N., Collins, J. L., Jaffe, H. W. y Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Potentially preventable deaths from the five leading causes of death--United States, 2008-2010. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 63(17), 369-74 (2014).