

Componente para la toma de decisiones en salud. Un enfoque de análisis de redes sociales desde la minería de procesos

Component to decision making in health. A social network analysis approach from process mining

José Felipe Ramírez Pérez,^{II} Teresa Rodríguez Rodríguez,^{II} Daniel Olivera Fajardo,^{III} Maylevis Morejón Valdes^{IV}

I Ingeniero en Ciencias Informática. Máster en Informáticas. Universidad de las Ciencias Informáticas, Centro de Informática Médica, La Habana, Cuba. E-mail: jframirez@uci.cu

II Licenciada en Psicología. Profesora Titular. Doctora en Ciencias Psicológicas. Hospital Dr. Gustavo Aldereguia Lima, Cienfuegos, Cuba. E-mail: teresa.rodriguez@gal.sld.cu

III Doctor en Medicina. Especialista de 2do grado en Cirugía General. Profesor Auxiliar. Hospital Dr. Gustavo Aldereguia Lima, Cienfuegos, Cuba. E-mail: dof@gal.sld.cu

IV Ingeniera en Ciencias Informática. Universidad de las Ciencias Informáticas, Centro de Informática Médica, La Habana, Cuba. E-mail: mmvaldes@uci.cu

RESUMEN

La mayoría de los sistemas informáticos en la actualidad generan trazas. Estas trazas revelan las acciones que son ejecutadas en estos sistemas. La Minería de Procesos tiene como objetivo descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales de las organizaciones a través de la extracción de conocimiento de estas trazas, luego de aplicadas un conjunto de transformaciones para organizar, estructurar y limpiar la información. Sin embargo, esto no es posible si estos sistemas informáticos y sus organizaciones no tienen sus acciones con un enfoque basado en procesos. El uso de estas tecnologías permite ahorrar recursos, reducir costos, optimizar tareas, mejorar la productividad, reducir tiempos de espera, entre otras muchas acciones. En el sector de la salud es una necesidad inmediata en términos de proveer una mayor seguridad al paciente y mejorar la calidad de vida. El objetivo de esta investigación es presentar un componente para la toma de decisiones en la selección de equipos de trabajo quirúrgico en un Sistema de

Información Hospitalaria que permita incrementar la efectividad de las operaciones realizadas a los pacientes. El método utilizado es el enfoque de Análisis de Redes Sociales desde la Minería de Procesos. Como resultado se espera un componente que apoye la toma de decisiones por parte de jefes de servicios de cirugía, partiendo del desempeño profesional del personal asistencial, en función de proveer un mayor confort para el paciente.

Palabras claves: análisis de redes sociales, minería de procesos, sistema de información hospitalario, toma de decisiones, trabajo en equipo.

ABSTRACT

Most computer systems today generate traces. These traces show the actions that are executed in those systems. Process Mining aims to discover, to monitor and to improve real processes of organizations through knowledge extraction of these traces, after applying a set of transformations to organize, to structure and to clear this information. However, this is not possible if these computer systems and its organizations do not have their actions with a process-based approach. The use of these technologies allows saving resources, to reduce costs, to optimize tasks, to improve productivity, to reduce wait times, among many other actions. In the health sector is an immediate need in terms of providing greater patient safety and to improve quality of life. The objective of this research is to present a component for decision making in selection surgical teams work in a Hospital Information System that it allows to increase the effectiveness of operations performed to the patients. The method used is a Social Network Analysis approach from the Process Mining As a result it expected a component to support decision making by managers surgical and psychological personnel starting from the professional performance of health care personnel in function of providing greater comfort to the patient.

Key words: events logs, hospital information system, process mining, social network analysis, decision making.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las organizaciones de salud, tales como los hospitales y los centros especializados de atención médica, están incrementando sus esfuerzos por reducir los costos y aumentar la productividad, específicamente en países altamente desarrollados donde la demanda de servicios hospitalarios es cada vez mayor.^{1,2,3,4}

En este contexto constituyen factores de peso la prolongada atención médica a partir del envejecimiento poblacional, el incremento de los costos asociados a la atención de enfermedades crónicas, los novedosos, pero costosos tratamientos de última generación, así como el aumento de personal asistencial.⁵

Constituyen además problemas los complejos procesos que son llevados a cabo los cuales emplean un tiempo excesivo para su ejecución, la necesidad de ofrecer un servicio de calidad al paciente independientemente del diverso y cambiante rango

de diagnósticos y tratamientos, así como los procesos de atención al paciente a partir de la gran cantidad de disciplinas médicas, cada una de las cuales presenta características distintas.

Es por ello que las organizaciones de salud necesitan herramientas o mecanismos que les permitan monitorear, controlar y mejorar los procesos de atención médica sobre el paciente, en función de proveerle una mayor seguridad y calidad del servicio prestado.⁶

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ofrecen mecanismos para aumentar la efectividad y eficiencia de la atención médica,⁷ las cuales permiten soportar sus procesos de negocio posibilitando analizarlos, optimizarlos y sobre todo reducir costos y tiempos de espera en los pacientes, aumentando así la calidad de la atención médica.

Las organizaciones de salud se han ido modernizando con la aplicación de las TIC, permitiéndoles avanzar en la prestación de servicios de calidad. No obstante, el considerable volumen de datos derivado de los procesos asistenciales debe ser analizado, siendo el Enfoque Basado en Procesos el mecanismo que hoy aporta mayores ventajas.^{8,9}

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,¹⁰ 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.

El beneficio de la aplicación de este tipo de tecnologías en el sector de la salud incluye la reducción de costos y la ejecución más eficiente de los procesos.¹¹ Los Sistemas de Gestión de Flujo de Trabajo (WMS por sus siglas en inglés) representan una clase de productos de software que permiten soportar y llevar a cabo una avanzada modelación y ejecución de los procesos por complejos que estos sean.^{12,13}

La Gestión de Procesos de Negocio (BPM por sus siglas en inglés) es la tecnología pionera y líder en esta área.¹⁴ 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.¹⁵

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,¹⁶ 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.¹⁷

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,¹⁸ posibilitando además entender cómo son ejecutados en realidad los procesos en el sistema.³

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 emergencias,¹⁹ cirugía,¹⁰ cuidados intensivos,²⁰ oncología y ginecología^{2,3} y urología,³ entre otros.

La presente investigación tiene como objetivo presentar un componente para la toma de decisiones en la conformación de equipos de trabajo quirúrgico en un Sistema de Información Hospitalaria que permita aumentar la efectividad de las operaciones realizadas a los pacientes.

DESARROLLO

I. TOMA DE DECISIONES

La toma de decisiones hace referencia al conjunto de operaciones que comprenden desde el momento en que se detecta una situación que hace necesaria la toma de decisiones hasta que esta es adoptada y ejecutada.²¹ Herrera y otros²² presentan un procedimiento tipo para la toma de decisiones, el cual consta de las siguientes actividades:

1. Definir el problema de toma de decisiones.
2. Analizar el problema y la información.
3. Identificar las alternativas de solución.
4. Establecer criterios o expertos por los cuales ellas puedan ser evaluadas.
5. Evaluar alternativas y seleccionar la mejor.

Hoy en día se hace muy difícil analizar por las vías tradicionales todos los elementos que influyen en una correcta toma de decisiones para la selección de un equipo de trabajo quirúrgico, debido a la gran cantidad de información existente y porque dicho análisis va desde tener en cuenta las evaluaciones del desempeño práctico de los especialistas en las operaciones en que han intervenido hasta el mero comportamiento que determina cuán bien se lleva una persona con otra. Ello sin obviar que el Jefe de Servicio Quirúrgico tiene que ser una persona con vasta experiencia que conozca a todo su personal de forma tal que pueda tomar decisiones lo más acertadas posibles.

Los servicios quirúrgicos tienen en la actualidad como tendencia la super-especialización de su personal por región anatómica; la perfección de esta actividad, la necesidad de trabajar cada vez más en equipos altamente compenetrados y la inserción de psicólogos en los servicios con vistas a caracterizar su personal y pre-establecer equipos por afinidad son elementos que se agregan a esta, ya compleja, toma de decisiones.

En el estudio de los sistemas informáticos que seleccionan personal a nivel mundial, específicamente en salud, que dio pie al desarrollo de la presente investigación, se abordan disimiles problemas no resueltos relacionados con la toma de decisiones y otros aspectos aquí tratados, entre ellos se pueden mencionar:

- Son sistemas orientados a acciones y no a procesos.
- Solo se gestiona la información asociada a las operaciones efectuadas a los pacientes, por lo que no es capaz de brindar información que facilite la toma de decisiones por parte del Jefe de Servicio en la conformación de los equipos de trabajo quirúrgico.
- No se tiene en cuenta el grado de complejidad ni la región anatómica de la intervención quirúrgica actual, en función de la selección eficiente del equipo de trabajo quirúrgico que más se ajusta al cuadro clínico-operatorio.
- No se analiza, dada la llegada de un paciente a ser intervenido quirúrgicamente, quiénes son los especialistas que han realizado en mayor número de ocasiones tal tipo intervención, ni tampoco quiénes son los especialistas que más coinciden entre sí operando de manera satisfactoria.
- No se tiene en cuenta el desempeño profesional del personal disponible de acuerdo al grado de complejidad de la nueva operación y perfil de super-especialización.
- El sistema tiene como única precondition para seleccionar el personal a realizar una operación, su disponibilidad física en el momento de la intervención.
- No se tienen en cuenta los procesos que hoy son llevados a cabo por el Comité de Evaluación de Intervenciones Quirúrgicas, que permita evaluar al personal quirúrgico.

Dichos elementos son resueltos en la presente investigación, aportando herramientas que posibilitan una correcta toma de decisiones.

II. GESTIÓN POR PROCESOS DE NEGOCIO

La mayoría de las herramientas de Inteligencia de Negocio (BI por sus siglas en inglés) utilizan datos de eventos para soportar la toma de decisiones, pero solo se focalizan en los datos y no en el proceso de inicio a fin.

Un proceso de negocio es un conjunto estructurado de actividades, diseñado para producir una salida determinada o lograr un objetivo. Los procesos describen cómo es realizado el trabajo en la empresa y se caracterizan por ser observables, medibles, mejorables y repetitivos. Estructuralmente, un proceso de negocio está constituido por un conjunto de actividades. Así, la actividad, como elemento básico, mediante relaciones o dependencias con otras actividades conforma la estructura de un proceso de negocio.²³

La Gestión por Procesos de Negocio (BPM) ha recibido desde hace varios años una atención considerable por administradores de negocios e investigadores de la rama de la informática. Ello se debe a que las personas de negocios están interesadas en mejorar las operaciones de sus compañías, incrementar la satisfacción de sus clientes, reducir los costos y establecer nuevos productos y servicios a un bajo precio.¹³

A su vez los informáticos quieren investigar las propiedades estructurales de los procesos y realizar abstracciones de la realidad para encontrar deficiencias que les posibiliten proveerle robustez y escalabilidad a los sistemas de información que ellos desarrollan.¹³

Existe a su vez una Notación para Modelar los Procesos de Negocio (BPMN por sus siglas en inglés). Su principal objetivo es proporcionar una notación estándar gráfica fácilmente comprensible por todos los usuarios del negocio. Con BPMN se pueden crear diversos tipos de diagramas. Ha tenido un éxito notable y como consecuencia de este éxito han ido apareciendo gran cantidad de herramientas que dan soporte a esta especificación.²⁴

Finalmente un Sistema de Gestión de Procesos de Negocio (BPMS por sus siglas en inglés) es un software genérico que utiliza modelos de proceso explícitos para analizar procesos operacionales. Por lo general estos modelos se encuentran desconectados de los datos de eventos reales y por lo tanto los resultados pueden ser no confiables ya que los mismos se basan en un modelo idealizado y no en los hechos observados.¹⁴

III. MINERÍA DE PROCESOS

La Minería de Procesos busca ante todo cubrir la brecha existente entre BPM y BI combinando datos de eventos y modelos de proceso.^{25,26,27,28}

Es una disciplina de investigación que se ubica entre la inteligencia computacional y la minería de datos, por una parte, y la modelación y el análisis de procesos, por otra.¹¹ Permite extraer información oculta y útil de los registros de trazas almacenados por sistemas de información. Su aplicación ayuda a identificar cuellos de botella, anticipar problemas, registrar violaciones de políticas, recomendar contramedidas, y simplificar procesos para la mejora del funcionamiento del negocio.^{29,30}

Existen en la actualidad tres tipos de minería de procesos:²⁶

- Descubrimiento: al análisis de un registro de eventos y la producción de un modelo, sin usar ninguna información previa para descubrir los procesos reales, solo basado en las muestras de ejecución de los registros de eventos.
- Chequeo de conformidad: a la comparación de eventos del registro de eventos con actividades del modelo de proceso. Es usado para chequear si el modelo es equivalente a la información que está almacenada en el registro de eventos, en aras de detectar desviaciones, cuellos de botellas e incongruencias, muy utilizado en las auditorías.
- Extensión: al mejorarse el modelo de proceso existente utilizando la información acerca del proceso real almacenado en el registro de eventos.

La Minería de Procesos (Fig.1) (Fig.2), para su funcionamiento, se estructura de 3 conceptos básicos; Proceso, Instancia de Proceso y Actividad.

En términos analíticos, una red social es una estructura social compuesta por un conjunto finito de actores y configurada en torno a una serie de relaciones entre ellos.³²

Una forma de representar una red social es a través de un grafo donde los actores o nodos pueden ser personas o grupos de estas (empresas, organizaciones y países) mientras que los vínculos o aristas son las relaciones que se manifiesten entre los actores (amor, poder, parentesco familiar y rivalidad).

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.³³

La Minería de Redes Sociales forma parte del descubrimiento de procesos ya que al analizar el registro de eventos es que se obtiene el modelo de procesos que en este caso es una red social, como parte de la aplicación de la perspectiva organizacional.

Para inferir relaciones entre los recursos a partir de los registros de eventos se hace necesario la utilización de alguna forma de medición que permita definir la fortaleza de las relaciones que se establecen entre los individuos. A ello se le denomina métrica. A continuación, se presentan las principales:³³

- Métricas basadas en causalidad: analizan para casos individuales cómo el trabajo se mueve entre los recursos. Ejemplos: subcontratación (un recurso subcontrata a otro si por cada 2 tareas realizadas por este, el otro realiza al menos una) y transferencia de trabajo (los recursos estarán relacionados si las tareas son transferidas de uno a otro).
- Métricas basadas en casos en común: se asume que si los individuos trabajan juntos en los mismos casos entonces tendrán una relación más fuerte que los individuos que rara vez trabajan juntos.
- Métricas basadas en actividades en común: se asume que los individuos que realizan actividades similares tienen una conexión más fuerte que las personas que hacen cosas completamente diferentes.
- Métricas basadas en tipos de eventos especiales: consideran que no todos los eventos son iguales, determinando relaciones de jerarquía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos utilizados son descritos a continuación:

- Descripción del estudio: El estudio realizado es de tipo observacional descriptivo en organizaciones e instituciones de salud. Fue realizado en un periodo de un año comprendido entre septiembre de 2014 hasta agosto de 2015 y aplicado en el Hospital Provincial Dr. Gustavo Aldereguía Lima de Cienfuegos, Cuba. Para la realización de la investigación e implementación del componente que aquí se presenta se observó y describió la temática en tal escenario, con lo cual se utilizó una muestra de 60 profesionales de la salud dividido en 25 especialistas y residentes de cirugía general, 15 especialistas y residentes en anestesiología y 20 especialistas en enfermería.
- Análisis del desarrollo de la temática a nivel mundial: Luego de realizado un profundo análisis documental y entrevistas a especialistas de la salud se puede concluir que existe amplia literatura acerca de la importancia de conformar equipos

de trabajo para mejorar el desempeño a nivel general y especialmente en el sector de la salud. No obstante, no existen sistemas informáticos que apoyen la toma de decisiones en la conformación de equipos en el sector de la salud.

En Cuba no se registran reportes que definan acciones específicas encaminadas a conformar equipos de trabajo. Se conoce por referencia de profesionales de la Psicología en Cuba, que en la década del 80 y del 90 del siglo pasado hubo un auge importante en la selección de personal para algunas especialidades médicas. Se aplicaban baterías de test previamente seleccionados por profesionales de la psicología de la salud y posteriormente eran aplicados a médicos que aspiraban a algunas especialidades médicas. Ejemplo de ello es la selección de especialistas de terapia intensiva, iniciado este trabajo en el Hospital Hermanos Ameijeiras de La Habana, aplicándose después por normativa en el resto de los hospitales cubanos donde se formaban médicos intensivistas.

- Procedimiento realizado: El desarrollo de la investigación estuvo compuesta esencialmente por 3 fases, el estudio de los principales referentes teóricos, el desarrollo del componente informático y su validación, en todos ellos fue imprescindible la vinculación con el Hospital Aldereguía Lima, sus especialistas y muestra empleada. En todo momento cooperaron, tanto en las entrevistas realizadas como en los cuestionarios aplicados para ajustar los aspectos teóricos medulares de la investigación como el componente informático en sí.

- Consideraciones éticas: Los autores de la presente investigación se comprometen en todo momento a mantener en anonimato los datos de los pacientes utilizados para probar la aplicación, así como proveer seguridad al componente desarrollado de forma tal que nunca peligre información sensible de pacientes, especialistas asistenciales e institucionales.

- Principales tecnologías:

ProM: Es un marco de trabajo de código abierto desarrollado para dar soporte a una amplia variedad de técnicas de Minería de Procesos. Como una plataforma académica este marco de trabajo está en la vanguardia en la investigación de Minería de Procesos. Esta hace fácil el desarrollo y prueba de nuevos algoritmos, aunque se requieren de ciertos niveles de conocimiento en Minería de Procesos para usarlo.³⁴

XESame: Es un mapeador de formato XES, el cual proporciona una forma genérica para la extracción de registros de eventos de una fuente de datos. Este está diseñado para ser fácil de usar.³⁵

PostgreSQL: Es un Sistema Gestor de Bases de Datos relacional orientado a objetos. Es el gestor de bases de datos de código abierto más avanzado hoy en día, soportando casi toda la sintaxis. Cuenta con un amplio conjunto de enlaces con lenguajes de programación (C, C++, Java, perl, python, entre otros).³⁶

Java: Es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Sun Microsystems. Es fácil de aprender, orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto, seguro, portable, de altas prestaciones, multitarea y dinámico. Sus aplicaciones son fiables y tiene una gran funcionalidad gracias a la gran cantidad de librerías existentes.³⁷

Métodos científicos:³⁸

- La entrevista: Mediante su aplicación al personal quirúrgico se obtuvo toda la información necesaria respecto a cómo son realizados hoy los procesos de selección de personal y cómo deberían de ser realizados según las tendencias mundiales. Se utilizó para ello una guía de desarrollo, para garantizar que los aspectos fundamentales fueran descritos de forma correcta.

- Método histórico-lógico: Se empleó para la investigación del surgimiento y desarrollo de los sistemas informáticos que seleccionan personal, que trabajan con Análisis de Redes Sociales, que implementan gestión por procesos y que emplean Minería de Procesos. Ello permitió comprender mejor el objeto de estudio en función de la propuesta de solución.

- El análisis documental: Para el estudio de los referentes teóricos de la investigación. Se realizó consulta de libros y de artículos científicos en formato digital.

- La encuesta: Mediante su aplicación a especialistas y residentes de cirugía, especialistas y residentes de anestesiología y enfermeros, se obtuvieron mediciones cuantitativas de los elementos cualitativos y cuantitativos abordados que constituyen los datos de entrada al componente.

- La técnica Iadov: Se utilizó para validar y obtener retroalimentación de los usuarios sobre el nivel de satisfacción con el desarrollo del componente

V. COMPONENTE PARA LA TOMA DE DECISIONES EN SALUD CON UN ENFOQUE DE ANÁLISIS DE REDES SOCIALES DESDE LA MINERÍA DE PROCESOS

En la actividad de selección de los equipos de trabajo quirúrgico influye necesariamente, para que esta pueda ser llevada a cabo con calidad y coherencia, el proceso de Atención al Paciente (Fig. 3). Ello se debe a que es imposible conformar un equipo de trabajo si para ello no es analizado cómo se han comportado hasta la fecha las intervenciones quirúrgicas realizadas, quiénes son los especialistas que han realizado mayor número de intervenciones quirúrgicas de un tipo determinado, cuál es su evaluación de la actividad quirúrgica partiendo del desempeño demostrado y sobre todo quiénes son las personas que trabajando en conjunto se llevan mejor y tienen mejores resultados.



Fig. 3. Proceso de Atención al Paciente

Todo lo visto anteriormente engloba a grosso modo y teóricamente los contenidos tratados en secciones anteriores como Gestión de Procesos de Negocio, Minería de

Procesos y Análisis de Redes Sociales, así como la propuesta de componente para la toma de decisiones a abordar en la presente sección.

El proceso de Atención al Paciente parte con la Admisión del Paciente, la Cita del Paciente a Consulta y la Realización de la Consulta, actividades genéricas realizadas en cualquier nivel de atención sanitaria y en cualquier especialidad médica. Posteriormente se desarrollan un conjunto de actividades propias de los servicios de cirugía como son la Realización de la Solicitud de Intervención Quirúrgica, la Realización del Acto Operatorio y la Realización de la Evaluación Operatoria.

La Realización de la Solicitud de Intervención Quirúrgica comprende actividades como la Evaluación de Anestesiología, que es donde se determina por parte del anestesiólogo si el paciente reúne todas las condiciones físicas y mentales para ser operado. Posteriormente se llenan los aspectos propios del documento Solicitud de Intervención Quirúrgica, tales como los datos propios de la operación, el diagnóstico practicado al paciente, el proceder quirúrgico a realizar, así como el personal quirúrgico a operarlo compuesto por cirujanos, anestesiólogos, ayudantes y enfermeros.

La siguiente actividad es Realizar el Acto Operatorio del cual se genera la Nota Operatoria, la cual contiene los diagnósticos preoperatorio y postoperatorio, el proceder quirúrgico preoperatorio y postoperatorio, las observaciones realizadas en dicho acto, así como los integrantes del equipo de trabajo.

Por último, se realiza la Evaluación Operatoria la cual es llevada a cabo por un equipo evaluador integrado por cirujanos y anestesiólogos. Para la evaluación se auxilian de los datos registrados durante todo el proceso de Atención al Paciente como son la Solicitud de Intervención Quirúrgica, la Nota Operatoria, el Informe Histológico de las Biopsias (si se le extrajo tejido para biopsia) y el Informe de Necropsia (si el paciente falleció). La evaluación estará compuesta por letras de la A hasta la E, los cuales reflejan la veracidad del diagnóstico dado y la justificación del proceder practicado, seguidas de número del 1 al 3 que evidencian la magnitud de la operación, criterios asumidos por la comunidad médica.³⁹

Una vez concluida la actividad Realizar Evaluación Operatoria se da por terminado el proceso de Atención al Paciente, asumiendo que, como ocurre en la mayoría de los casos, el paciente es operado con éxito y es dado de Alta. No obstante, el paciente puede estar implicado nuevamente en el proceso Consultar Paciente, bien sea por una nueva intervención quirúrgica, seguimiento asistencial o por complicaciones quirúrgicas.

El componente para su funcionamiento parte de la ejecución de una nueva instancia del proceso Atención al Paciente. Del paciente en cuestión se obtiene la complejidad de la operación a realizar y la región anatómica a operar. Luego se implementa un algoritmo que recorre todas las instancias de ejecución que dicho proceso tiene en el Sistema de Información implementado en la unidad asistencial a partir de los criterios obtenidos, tal acción no es computacionalmente costosa ni ocupa mucho tiempo debido a que dichos datos están pre-procesados en el momento de la consulta. En la figura 4 se presenta una imagen del componente desarrollado. El análisis a realizar es el siguiente:

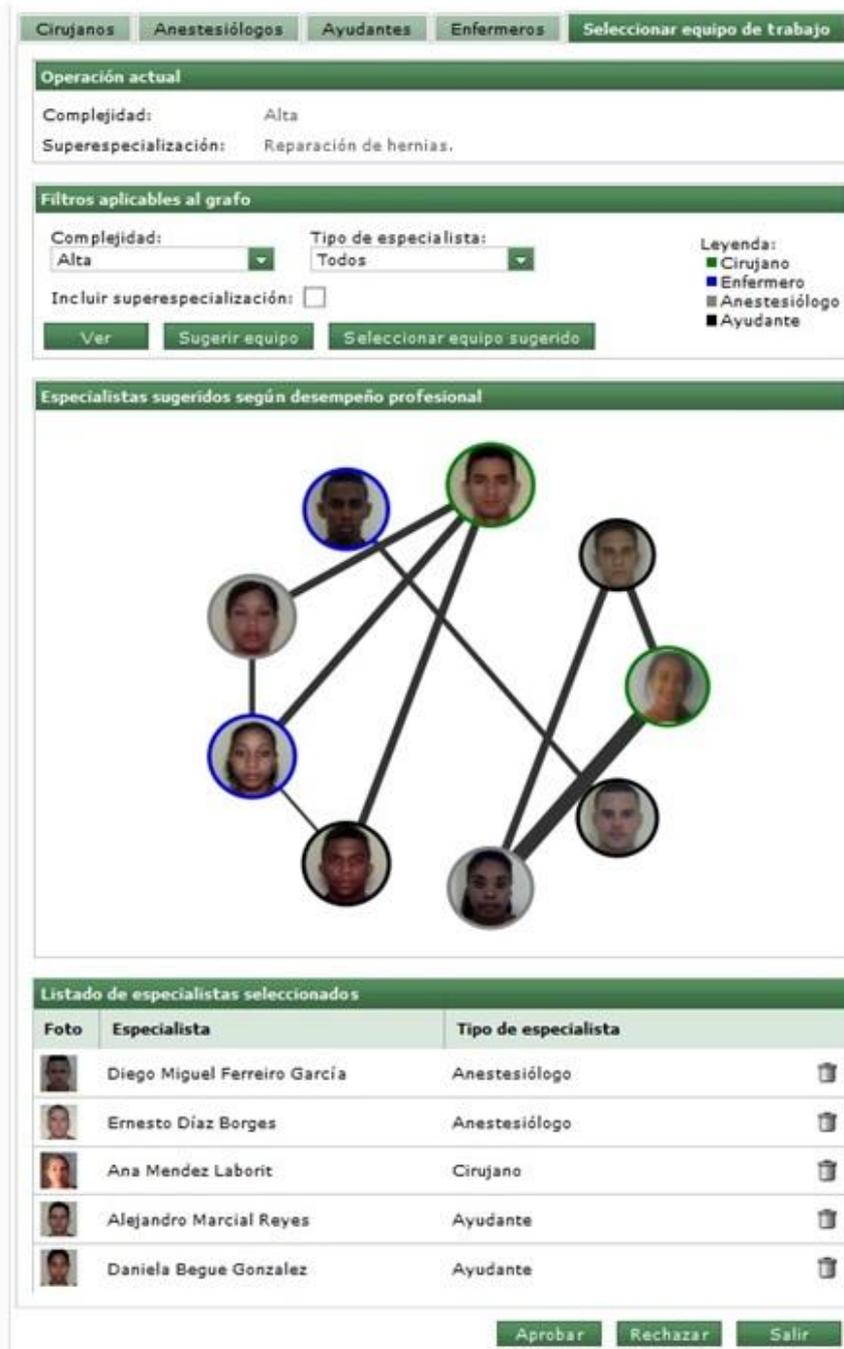


Fig. 4. Red social inferida a partir de las relaciones existentes del personal asistencial, así como de los criterios definidos de complejidad de la operación y región anatómica

- Personal asistencial que se especializa en la región anatómica a operar.
- Personal asistencial que mayor cantidad de operaciones realizadas tiene de la región anatómica a operar cuya evaluación haya sido satisfactoria y haya sido de la complejidad de la operación a realizar.
- Personal asistencial que coinciden en mayor número de ocasiones, que han operado la región anatómica a operar, que han sido de la complejidad de la operación a realizar y que además en conjunto han realizado operaciones satisfactorias.

- Personal asistencial que, aun cuando hasta el momento no han trabajado juntos nunca, operan la región anatómica y tienen excelentes evaluaciones.

En la figura 4 el tamaño del nodo significa que el personal asistencial es más apto para operar mientras más grande sea el nodo. El tamaño de la relación significa que el lazo entre ambas personas es más fuerte en la medida que el grosor sea mayor. El color del nodo responde al rol que ocupa en la organización: cirujano, enfermero, anestesiólogo o ayudante. Todo ello es representado de manera dinámica a partir de los algoritmos implementados como parte de la teoría del Análisis de Redes Sociales dando mayor o menor Tamayo al nodo y grosor a la arista a partir de los filtros aplicados y su posterior análisis con los datos contenidos en el sistema.

Los botones debajo de los criterios de búsqueda posibilitan Ver la red social conformada teniendo en cuenta los criterios de búsqueda definidos, Sugerir equipo por parte del propio componente a partir del que se considere el mejor equipo a realizar la intervención según los datos contenidos en el sistema y Seleccionar equipo sugerido para operar.

VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez presentado el Componente para la toma de decisiones en Salud con un enfoque de Análisis de Redes Sociales desde la Minería de Procesos se puede concluir que el mismo apoyará la toma de decisiones en la conformación de equipos de trabajo quirúrgico, facilitando el trabajo al personal administrativo de los servicios de cirugía, lo cual permitirá aumentar la efectividad de las operaciones realizadas a los pacientes a partir del análisis de los procesos hospitalarios y posterior inferencia de redes de interacción entre profesionales, favoreciendo así una prestación de servicios con calidad.

A continuación, se procede a analizar y discutir los resultados arrojados por el mismo. Para ello se validó el componente en el Hospital Dr. Gustavo Aldereguía Lima de Cienfuegos con una técnica de satisfacción, encuesta a especialistas de la salud e informáticos, así como pruebas de software.

- Validación de satisfacción mediante la técnica IADOV: Se aplica para obtener el grado de satisfacción de los clientes. Los criterios utilizados se fundamentan en las relaciones que se establecen entre tres preguntas cerradas dentro del cuestionario aplicado y cuya existencia es desconocida por los involucrados. Para obtener los resultados de la aplicación de la técnica es necesario conocer la escala de satisfacción, así como la fórmula para determinar la satisfacción grupal.⁴⁰

A continuación, se muestra el Cuadro lógico de V.A. IADOV, donde se realiza la triangulación de las preguntas directas:

	¿Considera usted importante el desarrollo de sistemas informáticos que contribuyan a la toma de decisiones?								
	No			No sé			Sí		
	¿Si usted necesitara una herramienta para ayudarle a tomar decisiones o para facilitar su trabajo en sentido general, usaría este componente informático?								
¿Le satisface el componente informático desarrollado para la selección de equipos de trabajo quirúrgico?	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me satisface mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me satisface tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me insatisface más de lo que me satisface	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me satisface nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

Una vez calculado el Índice de Satisfacción Grupal, como se muestra a continuación, se procede a determinar satisfacción del componente por parte de los 15 especialistas de la salud encuestados. El índice de satisfacción grupal fluctúa entre + 1 y - 1. Los valores que se encuentran comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que están entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción. Por tanto, luego de aplicada la técnica, en la cual el índice de satisfacción grupal arrojó un resultado de 0.76, se indica que existe satisfacción con el componente desarrollado.

- Resultados de la encuesta realizada a especialistas de la Salud: Se realizó una encuesta a 17 especialistas de la Salud con el objetivo de evaluar la solución propuesta. En esta encuesta se le pide al especialista que evalúe un conjunto de afirmaciones relacionadas con el propósito del componente desarrollado, en una escala de 0 a 5, de menor a mayor importancia. El 100% consideró, en todas las opciones, de altamente importante -entre 4 y 5- el empleo del componente informático. (Cuadro 2)

Criterio	0	1	2	3	4	5
El componente informático desarrollado puede influir en el aumento de la calidad del desempeño del equipo quirúrgico					13	87%
El componente informático desarrollado puede mejorar la calidad del proceso quirúrgico					11%	89%
El componente informático desarrollado puede influir en la disminución del tiempo quirúrgico y en la ocurrencia de sepsis					22%	78%

- Resultados de la encuesta aplicada a especialistas informáticos: Se realizó una encuesta a 23 especialistas informáticos con el objetivo de evaluar la solución propuesta. En esta encuesta se le pide al especialista que evalúe un conjunto de afirmaciones relacionadas con aspectos tecnológicos del componente desarrollado, en una escala de 0 a 5, de menor a mayor importancia. El 100% consideró, en todas las opciones, de altamente importante -entre 4 y 5- el empleo del componente informático. (Cuadro 3)

$$ISG = A(+1) + B(+0,5) + C(0) + D(-0,5) + E(-1)/N$$

$$ISG = (11(+1) + 2(+0,5) + 1(0) + 1(-0,5) + 0(-1))/15 = 0,76$$

Criterio	0	1	2	3	4	5
El componente informático desarrollado tiene utilidad práctica en la selección de equipos de trabajo quirúrgico						100%
Las herramientas y tecnologías definidas dan novedad a la investigación					43%	57%
Las interfaces desarrolladas son amigables para el usuario final					17%	83%

Resultados de las pruebas de carga y estrés realizadas a la aplicación: Se le realizó una prueba de carga y estrés al componente el cual tiene como objetivo ver el nivel de respuesta del sistema cuando se le realizan concurrentemente varias peticiones. Para realizar la prueba se utilizó

Apache JMeter, el cual es un programa especializado en realizar pruebas de carga y estrés. Para la prueba se configuraron 50 usuarios concurrentes, se utilizó una computadora con un procesador Core Duo a 2.00GHz de velocidad y 2 GB de RAM. La prueba arrojó el siguiente resultado:

En la figura 5 se muestra el resultado de la prueba realizada, como se puede observar para una concurrencia de 27 usuarios, se realizaron 2100 peticiones, los tiempos mínimos de respuestas fueron de 15ms y el tiempo máximo fue de 6641ms. El 90% de las páginas respondió en 3688ms, lo que arroja un rendimiento de 19,3s por cada petición realizada al sistema. Esto demuestra que el tiempo de respuesta del sistema en cuanto al nivel de concurrencia es el óptimo.

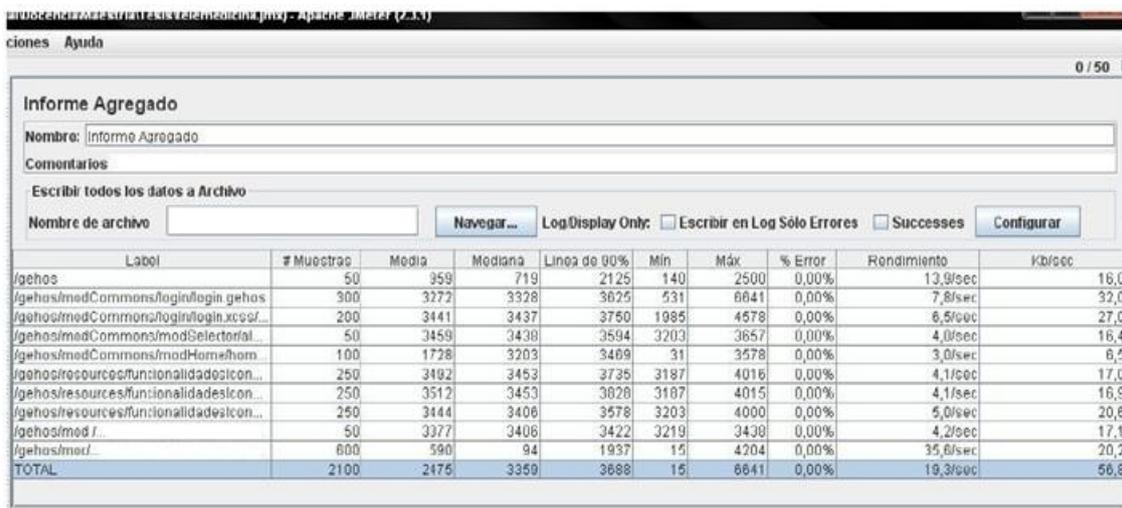


Fig. 5. Resultado de la prueba de carga y estrés utilizando Apache JMeter

- Análisis del impacto y factibilidad económica de la propuesta:

La correcta aplicación del componente informático tiene un impacto positivo en el cumplimiento de las políticas establecidas en el país. Realizando un análisis de los lineamientos de la política económica, se destaca el impacto de la propuesta en el lineamiento 145 del capítulo VI Política Social, el mismo establece: "Lograr una mejor utilización y aprovechamiento de la fuerza de trabajo y de las capacidades existentes". El componente desarrollado selecciona los equipos de trabajo de acuerdo a sus capacidades en función de la complejidad de la operación y la región anatómica a operar en el paciente.

El aporte fundamental desde el punto de vista económico está dado en el ahorro de tiempo, papel y personal asistencial en el momento de tomar una decisión. Desde el punto de vista práctico es el desarrollo de un componente informático utilizando técnicas de Análisis de Redes Sociales, que a partir de la gestión de información relacionada con el desempeño profesional del personal asistencial permite el apoyo a la toma de decisiones clínico-administrativas en la selección de equipos de trabajo quirúrgicos en Salud, ello posibilita una mejor atención médica, seguridad y calidad de vida del paciente.

CONCLUSIONES

Una vez finalizada la investigación se pueden arribar a las siguientes conclusiones:

Un resultado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos se gestionan como un proceso. Es por ello que mundialmente la gestión por procesos de negocio es hoy una práctica altamente utilizada, por proveer ventajas competitivas a las organizaciones tales como la reducción de los costos, el aumento de la productividad y la transparencia, agilidad y efectividad de sus operaciones. La utilización de Minería de Procesos en el sector de la salud constituye un enfoque moderno y recomendable. Su aplicación en diversas áreas da prueba de ello, en función de mejorar los procesos de atención médica, descubrir realmente los procesos que son llevados a cabo a diario, detectar y corregir anomalías, monitorear desviaciones, ahorrar recursos, descubrir cuellos de botella, anticipar problemas, entre otros muchos aspectos. Toda la actividad que se realiza a diario es llevada a cabo por personas que por naturaleza tienden a formar grupos, bien sea por especialidad, gustos, intereses o metas. El Análisis de Redes Sociales es por tanto un enfoque recomendable para inferir redes de interacción social que posibiliten mejorar el trabajo y aumentar la productividad en una organización. Ofrece además mecanismos para determinar líderes, tendencias y comportamientos, en una sociedad altamente interconectada y cada vez más compleja. Se presentó y describió el componente para la toma de decisiones en la conformación de equipos de trabajo quirúrgico en un Sistema de Información Hospitalaria con un enfoque de Análisis de Redes Sociales desde la Minería de Procesos, lo cual permitirá aumentar la efectividad de las operaciones realizadas a los pacientes a partir del análisis de los procesos hospitalarios y posterior inferencia de redes de interacción entre profesionales, favoreciendo así una prestación de servicios con calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Helfert M, Henry P, Leist S, Zellner G. Healthcare performance Indicators - Preview of frameworks and an approach for healthcare process-development. In K.S. Soliman, editor, *Information Management in Modern Enterprise: Issues and Solutions - Proceedings of the 2005 International Business Information Management Conference*. 2005.
2. Mans R.S, Schonenberg M.H, Song M, van W.M.P. *Process Mining in Healthcare a Case Study*. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands. 2008.

3. van Doremalen B. Process Mining in Healthcare Systems: An Evaluation and Refinement of a Methodology. Netherlands: Eindhoven University of Technology. 2012.
4. McKee M.H, J. Hospitals in a Changing Europe. In J. Figueras, M. McKee, E. Mossialos, and R. B. Saltman, editors, European Observatory on Health Care Systems. Buckingham, UK: Open University Press. 2002.
5. Mans R.S. Workflow Support for the Health Care Domain. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands. ISBN: 978-90-386-2448-8. 2011.
6. Hernández A, Medina A, Nogueira D. Herramientas para la mejora de procesos hospitalarios. Un procedimiento para su aplicación. Gestión de Procesos. CUJAE. 2009.
7. 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.
8. Zaratiegui J.R. La gestión por procesos: su papel e importancia en la empresa. 1999.
9. Harrington H.J. Mejoramiento de los procesos de la empresa. Santa Fe de Bogotá. Mc-Graw-Hill, 1993.
10. Dios M.A, Framiñán J.M, Domínguez R, 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.
11. Adams W.T, Veale F.H, Helmick P.M. Computer Imaging and Workflow Systems in the Business Office. Healthcare Financial Management. 1999.
12. ter A.H.M, van W.M.P, Adams M, Russell N, editors. Modern Business Process Automation: YAWL and its Support Environment. ISBN: 978-3-642-03120-5. Springer-Verlag., 2010.
13. Weske M. Business Process Management. Concept, Languages, Architectures. ISBN 978-3-540-73521-2. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2007.
14. 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.
15. Garimella K, Lees M, Williams B. Introducción a BPM para Dummies. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc. ISBN: 978-0-470-37359-0. 2008.
16. Bose R.P, van W.M.P. Process Diagnostics Using Trace Alignment: Opportunities, Issues, and Challenges. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2011.
17. Medeiros, A. Genetic Process Mining. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. ISBN 978-90-386-0785-6. 2006.

18. van W.M.P, Adriansyah A, Medeiros A.K.A. et al. Process Mining Manifesto. BPM 2011 Workshops proceedings, Lecture Notes in Business Information Processing, Springer-Verlag, 2011.
19. Orellana A, Sánchez Y. Minería de Procesos en salud. Caso de Estudio: modelado de los procesos del área de Emergencias. Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014) "Excellence in Engineering To Enhance a Country's Productivity" July 22 - 24, 2014 Guayaquil, Ecuador. 2014.
20. Lybeshari E. Process mining in Intensive Care Unit Data. Master Thesis. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2012.
21. Munier N. A Strategy for Using Multicriteria Analysis in Decision-making: A Guide for Simple and Complex Environmental Projects: Springer, 2011.
22. Herrera F, et al, "Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects," Fuzzy Optimization and Decision Making, vol. 8, pp. 337-364, 2009.
23. Jiménez C. Indicadores de Alineamiento entre Procesos de Negocios y Sistemas Informáticos. Tesis de Maestría, Universidad de Concepción, 2002.
24. Pérez J.D, Durán A. Notaciones y lenguajes de procesos. Una visión global. ISBN: 25179398X. Sevilla, España. 2007.
25. Rozinat A. Process Mining: Conformance and Extension. Doctor Thesis. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. ISBN 978-90-386-2345-0. 2010.
26. van W.M.P. Process Mining Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. ISBN 978-3-642-19344-6. Springer. 2011.
27. van T.H.C. Process Mining Project Methodology: Developing a General Approach to Apply Process Mining in Practice. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2011.
28. Turner CJ, Tiwari A, Olaiya R, Xu Y. Business Process Mining: From Theory to Practice. Business Process Management Journal 2012 Vol. 18 Iss: 3, pp.493-512.
29. Rozinat A, van W.M.P. Conformance Checking of Processes Based on Monitoring Real Behavior. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2008.
30. Bratosin C. Grid Architecture for Distributed Process Mining. Doctor Thesis. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2011.
31. van W.M.P, Reijers H.A, Song M. Discovering Social Networks from Event Logs. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. Springer. 2005.
32. Aguirre J.L. Introducción al análisis de redes sociales. Documentos de Trabajo del Centro Interdisciplinario para el Estudio de Políticas Públicas. Argentina. vol. 82, p. 1-59. ISSN: 1668?5245. Diciembre. 2011.

33. van W.M.P, Song M. Mining Social Networks: Uncovering Interaction Patterns in Business Processes. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2004.
34. Ailenei I.M. Process Mining Tools. Eindhoven University of Technology, the Netherlands. 2011.
35. Buijs J.C, et al. 2011. XES, XESame and ProM 6. [ed.] Department of Mathematics and Computer Science. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2011.
36. Lockhart T. Equipo de desarrollo del PostgreSQL. Manual de usuario de PostgreSQL. Marca registrada © 1996-9 por el Postgres Global Development Group.
37. Sun Microsystems, Inc. El lenguaje de Programación Java™. EEUU. 2009.
38. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación Científica. Editorial Mc Graw Hill. ISBN: 970-10-5753-7. México. 2010.
39. Grupo Nacional de Cirugía. Manual de procedimientos diagnósticos y tratamientos en cirugía. La Habana. 2005.
40. Febles O. MIDAC: Modelo para el desarrollo de aplicaciones compuestas basadas en arquitecturas orientadas a servicios. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. La Habana, 2012.

Recibido: 16 de noviembre de 2015.

Aprobado: 6 de mayo de 2016.