



**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS**

**FACULTAD 2**

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN  
CIENCIAS INFORMÁTICAS**

**PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE VARIABILIDAD EN LA  
EJECUCIÓN DE LOS PROCESOS DEL SISTEMA XAVIA HIS GENERADOS  
CON EL MOTOR DE FLUJO JBPM**

**AUTORES**

Asiel Pérez García

Sheyla María Guerrero Pérez

**TUTOR**

MSc. Arturo Orellana García

**La Habana, 13 de junio de 2016**

“Año 58 de la Revolución”

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser los únicos autores del trabajo de diploma “Procedimiento para el análisis de variabilidad en la ejecución de los procesos del sistema XAVIA HIS, generados con el motor de flujo jBPM” y autorizamos al Centro de Informática Médica de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

**Asiel Pérez García**

**Sheyla María Guerrero Pérez**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

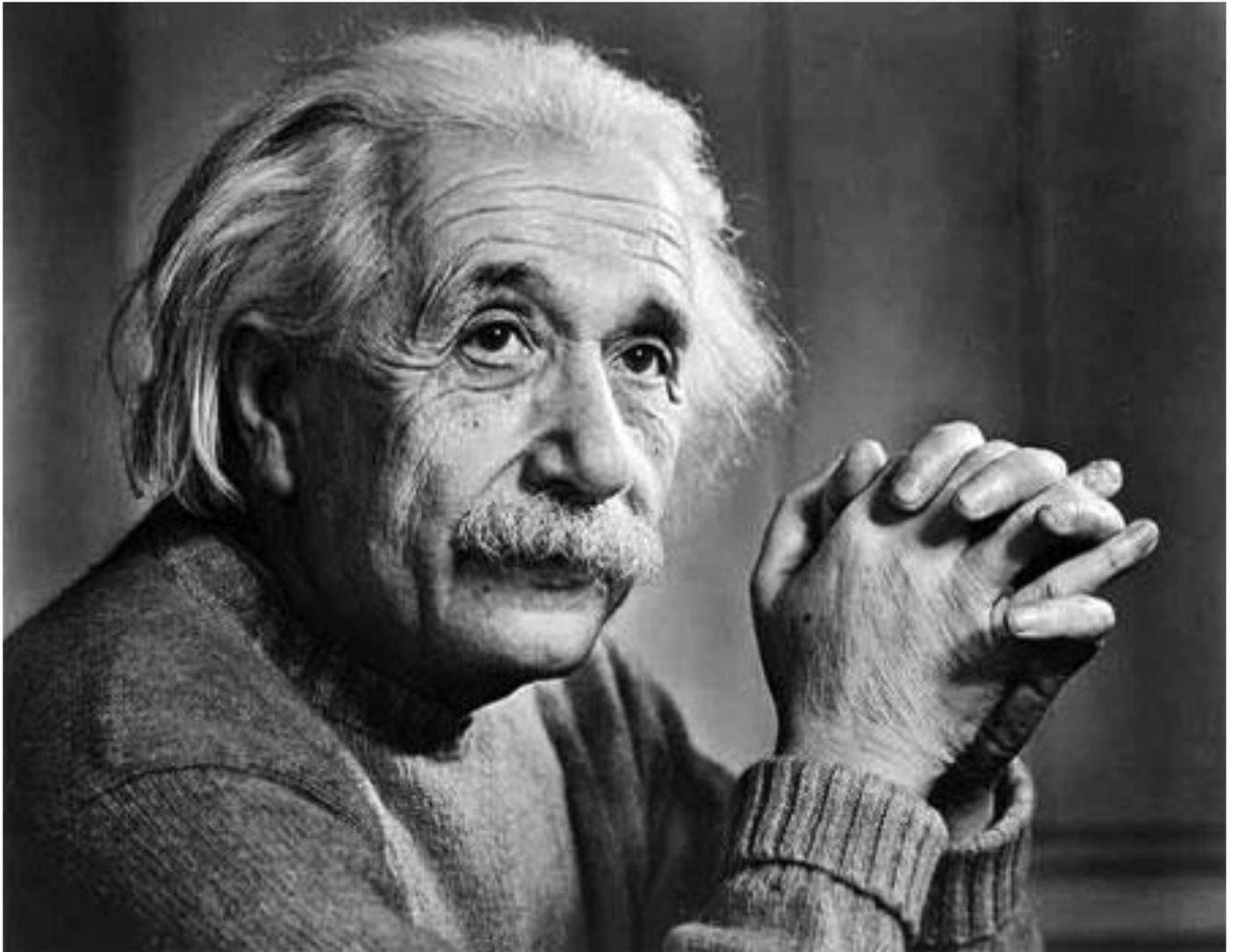
Firma del Autor

Firma del Autor

**MSc. Arturo Orellana García**

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor



*“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad”*

*Albert Einstein*

### DATOS DE CONTACTO

**MSc. Arturo Orellana García** (aorellana@.uci.cu): graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2012. Máster en Informática Aplicada desde el 2015 en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), La Habana, Cuba. Investigador de la minería de procesos. Miembro del grupo de investigación de minería de procesos. Autor de varias publicaciones indexadas sobre la aplicación de la minería de procesos al sector hospitalario. Especialista en la producción de software en el Centro de Informática Médica de la UCI. Aspirante de doctorado en el programa de la UCI.

### *Sheyla*

En primer lugar dedico mi tesis a mi abuelo Israel, por haber sido el mejor abuelo del mundo y llenar mi vida de recuerdos mágicos que hacen que siempre viva dentro de mí.

A mis padres María del Carmen y Mario por apoyarme siempre en mis sueños y haberme dedicado 23 años de sus vidas con tanto amor incondicional.

A mi hermano Rafael por haber sido mi mejor amigo desde que nací y ser siempre un ejemplo a seguir en mi carrera universitaria, por su ayuda y apoyo incondicional.

A Zunalbi, Laura, Karen y Liliana, mis amigas de toda una vida que me han acompañado en mis locuras y sueños.

A esos buenos amigos de mi aula, de los festivales y de la universidad en general, que conocí a lo largo de mi carrera y me regalaron tantos momentos felices, a esos amigos que apostaron todo por mí, que fueron mi familia durante 5 años, que estuvieron en todo momento enseñándome a ser perseverante y no dejarme vencer y que hoy, me hacen sentir afortunada de haberlos conocido.

### *Asiel*

De forma muy especial a una persona que a pesar de no estar físicamente presente en esta etapa final es sin dudas la gran artífice de este triunfo: mi madre; en donde quiera que se encuentre le hago saber lo agradecido y orgulloso que me siento de ella.

A mi padre, por ser fuente de inspiración y de alegrías en disímiles situaciones.

A mis abuelos por todo el aliento que impregnaron en mí para lograr esta meta.

A mis tíos, por su apoyo incondicional.

A mi novia y amiga por sus consejos, que fueron de mucha ayuda cuando era difícil ver la luz al final del camino, a todas esas personas, va dedicada esta tesis.

## RESUMEN

La variabilidad presente en los procesos del sector hospitalario es uno de los problemas que afecta esta área, aumentando los costos económicos y disminuyendo la calidad de atención al paciente. Con el desarrollo de las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones, se ha logrado que el sector de la salud emplee sistemas de información para gestionar sus procesos. La mayoría de estos sistemas almacenan trazas referentes a las actividades que se gestionan para realizar la conversión a registro de eventos. La minería de procesos usa la información almacenada para obtener conocimientos sobre la ejecución de los procesos.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas se desarrolló una herramienta para la detección de variabilidad en procesos hospitalarios utilizando minería de procesos. La aplicación de esta herramienta está limitada actualmente por la variedad de análisis que pueden realizarse sin un orden de ejecución, limitando sus potencialidades para identificar diversos problemas en los procesos.

La presente investigación se centró en la elaboración de un procedimiento para aplicar las técnicas de minería de procesos contenidas en la herramienta antes mencionada en un orden adecuado. Como resultado de la investigación, se obtuvo un procedimiento para analizar la variabilidad detectada en los procesos del sistema XAVIA HIS generados con el motor de flujo jBPM. La investigación contribuirá a la gestión, planificación y control de los recursos en instituciones sanitarias que hagan uso del sistema XAVIA HIS. Apoyará los análisis en función del mejoramiento de los servicios sanitarios y la economía del sector.

**Palabras clave:** minería de procesos, procedimiento, registros de eventos, sistemas de información, trazas, variabilidad.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1. CONCEPTOS ASOCIADOS A LA MINERÍA DE PROCESOS.....	10
1.1.1. <i>Proceso</i> .....	10
1.1.2. <i>Procesos de negocio</i> .....	11
1.1.3. <i>Procesos hospitalarios</i> .....	11
1.1.4. <i>Modelo de proceso</i> .....	12
1.1.5. <i>Clasificación de los modelos de procesos</i> .....	13
1.1.6. <i>Gestión basada en procesos</i> .....	14
1.1.7. <i>Registro de eventos</i> .....	15
1.1.8. <i>Minería de procesos</i> .....	17
1.2. PRINCIPALES MODELOS PARA APLICAR MINERÍA DE PROCESO.....	18
1.2.1 <i>Otras formas para aplicar técnicas de minería de procesos</i> .....	19
1.2.1. <i>Análisis de los principales elementos a considerar de los modelos anteriores</i> .....	20
1.3. VARIABILIDAD .....	22
1.3.1. CONCEPTO DE VARIABILIDAD .....	22
1.3.2. VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS .....	22
1.3.3. VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS HOSPITALARIOS .....	23
1.3.4. ESTUDIOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD .....	23
1.4 HERRAMIENTA PARA LA DETECCIÓN DE VARIABILIDAD DEL SISTEMA XAVIA HIS.....	24
1.4.1 <i>Componente para el análisis de Frecuencia</i> .....	25
1.4.2 <i>Componente para obtener una vista global del proceso</i> .....	26
1.4.3 <i>Componente para el análisis de tiempo</i> .....	26
1.4.4 <i>Componente para el análisis de las variantes alternativas de proceso</i> .....	27
1.4.5 <i>Componente para el análisis de cuellos de botella de proceso</i> .....	27
1.4.6 <i>Criterios de las técnicas de minería de proceso</i> .....	28

1.5	CONCEPTOS ASOCIADOS A LAS DIFERENTES FORMAS DE REPRESENTACIÓN DE UN ANÁLISIS .....	28
1.5.1	<i>Valoración de las diferentes representaciones de análisis</i> .....	30
1.6	AMBIENTE DE DESARROLLO.....	30
1.6.1	<i>Lenguaje</i> .....	30
1.6.2	<i>Tecnologías a utilizar</i> .....	31
1.6.3	<i>Herramientas a utilizar</i> .....	33
<b>CAPÍTULO 2: PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....</b>		<b>36</b>
2.1	CARACTERÍSTICAS QUE DISTINGUEN A UN PROCEDIMIENTO .....	36
2.2	CARACTERÍSTICAS DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIABILIDAD .....	36
2.3	PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE VARIABILIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LOS PROCESOS HOSPITALARIOS DEL SISTEMA XAVIA HIS, GENERADOS CON EL MOTOR DE FLUJO JBPM.....	37
2.3.1	<i>Etapa 1 – Comprensión</i> .....	38
2.3.2	<i>Etapa 2 – Preparación</i> .....	39
2.3.3	<i>Etapa 3 – Modelación</i> .....	40
<b>CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....</b>		<b>49</b>
3.1	CASO DE ESTUDIO .....	49
3.1.1	<i>Recursos y condiciones previas para aplicar el procedimiento</i> .....	49
3.1.2	<i>Aplicación del procedimiento para el análisis de variabilidad</i> .....	49
3.1.2	<i>Comparación del tiempo de análisis de variabilidad a través de los diferentes métodos</i> .....	62
3.2	ÍNDICE DE SATISFACCIÓN DE EXPERTOS Y USUARIOS POTENCIALES .....	64
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>68</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>		<b>69</b>

## Introducción

El sector de la salud enfrenta importantes retos a diario, debido a que los costos financieros y materiales y la necesidad de brindar cada día un mejor servicio, han alcanzado un nivel más elevado con el desarrollo social. Dos factores que contribuyen a la existencia de errores en éste sector son: el alto grado de variabilidad de los procesos hospitalarios y las dificultades para la identificación de ésta variabilidad, lo cual dificulta el apoyo a la toma de decisiones en términos de incremento de eficiencia<sup>1</sup> y eficacia<sup>2</sup> de las actividades sanitarias, para así lograr una total satisfacción de las necesidades y expectativas tanto de los pacientes como del propio personal médico (Orellana, 2015).

Las actividades sanitarias son regidas por personas con formaciones y criterios distintos, que condicionan el transcurrir de cada proceso con sus decisiones. Los métodos tradicionales de análisis de procesos (reuniones de grupo, entrevistas o la remisión a textos y revistas científicas), se caracterizan por el uso de la experiencia y el conocimiento acumulado por los profesionales en la práctica clínico administrativa. (Mans et al., 2013) Estos análisis suelen acabar representando, por lo general, cómo debería llevarse a cabo el proceso y no cómo se está ejecutando en realidad. Así mismo, suelen ser costosos en recursos y tiempo, además de ser subjetivos, por lo general no contemplan la existencia de variabilidad en la ejecución de los procesos (Mans et al., 2015) u obvian la que ya existe.

La variabilidad en los procesos hospitalarios está presente cada vez que se repite el proceso y hay ligeras variaciones en las distintas actividades realizadas que, a su vez, generan variabilidad en los resultados del mismo. "Nunca dos salidas son iguales". (Hernández-Nariño et al., 2013)

En Cuba, el costo de la salud es influenciado en gran medida por la variabilidad en sus procesos hospitalarios. Según el anuario publicado por el Ministerios de Salud Pública (MINSAP) en el 2015, Cuba cuenta con más de 1300 unidades de salud, donde la cantidad de ingresos de pacientes, las consultas realizadas y el gasto del sector ha aumentado en los últimos años. Esta situación hace necesario analizar alternativas para el ahorro de recursos y la optimización de los servicios que se brindan(MINSAP, 2015).

---

<sup>1</sup> Producción de servicios de salud al menor costo posible (Larrea et al., 2015).

<sup>2</sup> Efecto de determinada acción cuyo objetivo es perfeccionar la atención médica (Larrea et al., 2015).

El complejo funcionamiento del sector de la salud y la alta variabilidad de su entorno reconocen la ventaja que supone incorporar los nuevos avances tecnológicos a sus procesos de negocio. Con el fin de obtener resultados eficientes, constituye una prioridad, mejorar la administración y desempeño organizacional a través de la incorporación de la gestión o enfoque basado en procesos. (Oliva et al., 2013)

La Gestión de Procesos de Negocio (*Business Process Management*, BPM por sus siglas en inglés) permite utilizando técnicas, métodos y software; diseñar, ejecutar, controlar y analizar procesos operacionales que involucran personas, organizaciones, aplicaciones, documentos y otras fuentes de información (van der Aalst, 2013); busca reducir la variabilidad que aparece habitualmente cuando se producen o prestan determinados servicios y contribuye a eliminar las ineficiencias asociadas a las acciones o actividades y al consumo inapropiado de recursos (Hernández-Nariño et al., 2013).

La mayoría de los sistemas de información modernos que utilizan la Gestión de Procesos de Negocio, almacenan los datos de sus procesos en una bitácora<sup>3</sup>, los cuales son extraídos a registros de eventos<sup>4</sup>. La minería de procesos, surge con la idea de descubrir, monitorear y mejorar la información de los procesos reales extraídos de los registros de eventos, destinados a recopilar las trazas<sup>5</sup> de los procesos en dicho medio de almacenamiento. Es una disciplina de investigación relativamente joven que ayuda a identificar cuellos de botella, anticipar problemas, registrar violaciones de políticas, recomendar contramedidas, y simplificar procesos con el objetivo de mejorar el funcionamiento del negocio (van der Aalst, 2011). En el área de Emergencias de los hospitales, la minería de procesos es utilizada para gestionar el empleo de los recursos y descubrir horarios en que la afluencia de pacientes es mayor. A pesar de las facilidades que brinda la minería de procesos, en Cuba existen muy pocas referencias acerca de su uso en el área de la salud.

La minería de procesos cuenta con técnicas que permiten generar modelos de procesos, los cuales permiten detectar la presencia de inconsistencias, desviaciones, ausencia de información o repetitividad de la misma y eventualidades; también denominados en su conjunto como variabilidad de procesos (Mans et al., 2013). La aplicación de esta disciplina de investigación puede llegar a alcanzar gran utilidad para

---

<sup>3</sup> Base de datos donde se guardan las acciones realizadas por los usuarios que interactúan con el sistema informático.

<sup>4</sup> Colección de eventos utilizados como entrada para la minería de procesos.

<sup>5</sup> Evidencia de una acción realizada por los usuarios en un sistema informático.

muchos sectores y países; Estados Unidos, por ejemplo, tiene un gasto estimado de 765 billones de dólares por año en la industria de la salud, cerca de un tercio del gasto mundial (2.5 trillones USD) (Banco Mundial, 2015). El Dr. van der Aalst afirma que la gestión por procesos y la minería de procesos pueden ahorrar 600 billones si se aplican en ese país, lo cual demuestra la aplicación e importancia de esta tecnología en la salud (van der Aalst, 2013).

Con el objetivo de automatizar los procesos del nivel secundario de salud en Cuba y desarrollar la minería de procesos en este sector, en el Centro de Informática Médica (CESIM) de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se desarrolló el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS, el cual está orientado a recopilar, almacenar, procesar e interpretar información clínica administrativa de instituciones sanitarias. El HIS tiene implementado una bitácora, como vía para recopilar información de la actividad de los usuarios y los procesos que ocurren en el sistema. De ésta forma, el sistema propicia una fuente de información útil para obtener modelos de procesos y analizar la variabilidad en su ejecución. (Orellana, 2015)

El sistema XAVIA HIS obtuvo como resultado de su investigación sobre la informatización de procesos hospitalarios, el desarrollo de un componente de extracción y transformación de trazas de procesos hospitalarios del XAVIA HIS para generar registros de eventos. Sobre éste componente fue desarrollado una herramienta para la detección de variabilidad en procesos hospitalarios, la misma está integrada por un conjunto de componentes que hacen uso de técnicas de minería de procesos para su ejecución.

En un análisis documental se identificaron un conjunto de problemas asociados a la variabilidad de procesos hospitalarios en el sistema XAVIA HIS.

- Poca rapidez, flexibilidad y objetividad en la toma de decisiones sobre la ejecución de los procesos hospitalarios.
- Poca efectividad en las técnicas, tecnologías, métodos y estrategias para analizar variabilidad en la ejecución de los procesos de salud.
- Escaso aprovechamiento de los datos almacenados.

La herramienta desarrollada en casos de estudios realizados sobre procesos hospitalarios en el sistema XAVIA HIS presenta las siguientes insuficiencias:

- No se tiene en cuenta el tipo de proceso al que se le analiza las variaciones en su ejecución, ignorando la importancia o prioridad que se debe dar a los distintos procesos para dedicarle mayor atención y recursos, por ejemplo, se pudiera prestar más atención a un proceso organizacional que no necesite tanta prioridad como a un proceso asistencial que repercute directamente con la salud del paciente.
- Inexistencia de pasos lógicos que permitan seguir un orden en la utilización de técnicas y modelos de minería de procesos para el análisis de variabilidad, lo cual puede provocar que los analistas de procesos hospitalarios que utilicen la herramienta, obtengan diferentes resultados u obvien desviaciones en el camino de algún proceso que les permita detectar variabilidad.
- No es posible identificar que parámetro escoger para el análisis de variabilidad del proceso analizado, esto puede provocar el uso incorrecto de técnicas de minería de procesos que analizan factores específicos como: el tiempo, las desviaciones, los cuellos de botella y la frecuencia de ejecución de las actividades de los procesos.

Por lo anteriormente planteado se identifica como **problema a resolver**: ¿Cómo contribuir al análisis de variabilidad en la ejecución de los procesos del sistema XAVIA HIS generados con el motor de flujo jBPM? El problema está enmarcado en el **objeto de estudio**: gestión por procesos en los sistemas de información hospitalarios, centrado en el **campo de acción**: el análisis de variabilidad en los procesos del sistema de información hospitalario XAVIA HIS generados con el motor de flujo jBPM.

Para solucionar el problema planteado, se define como **objetivo general**: diseñar un procedimiento que permita realizar el análisis de variabilidad en la ejecución de los procesos del sistema XAVIA HIS, generados con el motor de flujo jBPM.

Se proponen las siguientes **tareas de la investigación**:

1. Elaboración del marco teórico metodológico referente a la variabilidad en la ejecución de procesos hospitalarios del sistema XAVIA HIS y los conceptos asociados al mismo, para una mejor comprensión de la investigación.
2. Identificación de los procesos del sistema XAVIA HIS generados con el motor de flujo jBPM para un mayor conocimiento de sus características y necesidades de análisis.
3. Elaboración de un procedimiento para el análisis de variabilidad en los procesos del XAVIA HIS.

4. Desarrollo de una funcionalidad informática de análisis de registros de eventos para complementar el procedimiento elaborado.
5. Validación del procedimiento elaborado a partir de las técnicas y métodos científicos definidos para valorar la propuesta de solución.

Los **métodos científicos** utilizados para desarrollar la investigación fueron:

### Métodos teóricos:

- Análisis histórico-lógico: se utilizó para analizar el surgimiento, trayectoria y evolución del análisis de variabilidad para una mejor comprensión del objeto y campo de estudio.
- Analítico-sintético: se puso en práctica realizando un análisis de las principales técnicas y modelos existentes que se utilizan en la aplicación de minería de procesos.
- Modelación: se utilizó el método de modelación para modelar el procedimiento propuesto, así como en los modelos obtenidos de la ejecución de las técnicas de minería de procesos y el modelo de proceso de negocio del proceso que se analizó en el capítulo tres.

### Métodos empíricos:

- Observación: se utilizó como instrumento para adquirir conocimiento sobre el campo de acción a través de la investigación directa de las herramientas y procesos.
- Encuesta: se realizaron dos encuestas, la primera fue aplicada con la técnica IADOV y estuvo dirigida a estadísticos y analistas de procesos hospitalarios para obtener el índice de satisfacción grupal de los clientes. La segunda encuesta fue aplicada a especialistas del CESIM con conocimiento en minería de procesos, para seleccionar los elementos que se consideran de mayor importancia para realizar un análisis de variabilidad de los procesos del sistema XAVIA HIS.
- Entrevista: se realizó una entrevista para obtener información sobre el tiempo que demora analizar variabilidad por los métodos tradicionales de análisis al proceso seleccionado para la validación del procedimiento.

- **Análisis documental:** se hizo uso del mismo para el análisis de los referentes teóricos de la investigación, de forma tal que el procedimiento propuesto tuviese relevancia científica y aporte práctico. Se realizó consulta de libros y de artículos científicos digitales.

Con el desarrollo de la investigación se esperan los siguientes beneficios:

El procedimiento permitirá mediante una estructura adecuada, aportar los elementos necesarios a los analistas y estadísticos de hospitales, para analizar variabilidad a procesos hospitalarios del sistema XAVIA HIS, generados con el motor de flujo jBPM. Todo esto mediante el uso de modelos y técnicas de minería de procesos que propiciarán la obtención de modelos que muestren el comportamiento real del proceso analizado.

El documento está dividido en tres capítulos, donde se explican elementos teóricos sobre minería de procesos, así como la aplicación y validación del procedimiento para analizar variabilidad en los procesos hospitalarios. Además cuenta con Introducción, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos.

Los capítulos quedan estructurados de la siguiente forma:

- ✓ **Capítulo 1. Fundamentación teórica de la investigación,** dedicado a los fundamentos teóricos de la investigación. Se analiza una variedad de tecnologías y estándares presentes en la construcción de modelos de procesos y su capacidad para representar variabilidad. Se introduce y aborda la gestión por procesos de negocio y la minería de procesos como alternativa de solución.
- ✓ **Capítulo 2. Propuesta de solución,** se diseña el procedimiento a partir de un conjunto de etapas y actividades que guían la utilización de las técnicas y modelos de minería de procesos para el análisis de variabilidad en los procesos hospitalarios del XAVIA HIS generados con el motor de flujo jBPM.
- ✓ **Capítulo 3. Validación de la solución propuesta,** contiene la evaluación de los resultados alcanzados en la investigación. Se aplica el procedimiento desarrollado para el análisis de variabilidad en procesos hospitalarios del XAVIA HIS ejecutados con el motor de flujo jBPM. Así mismo, se determina el Índice de Satisfacción Grupal aplicando la técnica ladov a potenciales usuarios y se aplica una entrevista a profundidad.

## Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

En el presente capítulo se abordan conceptos fundamentales que permiten obtener un mayor entendimiento del desarrollo de la investigación asociados a la minería de procesos dentro del entorno hospitalario. Se realiza una descripción de los principales modelos que permiten utilizar minería de procesos y una valoración de sus características principales. Se explican los conceptos asociados a la variabilidad de procesos así como estudios realizados a nivel internacional donde está presente la misma. Posteriormente se describe la herramienta para la detección de variabilidad del sistema XAVIA HIS así como los componentes que la integran. Se expone una visión general de los escenarios no cubiertos por modelos y metodologías que conducen a diseñar un procedimiento para cumplir el objetivo de la investigación. Por último se explica el ambiente de desarrollo con que trabajó la investigación.

### 1.1. Conceptos asociados a la minería de procesos

A continuación se explican diferentes conceptos que se hace necesario comprender por toda persona que vaya a aplicar minería de procesos dentro de un entorno hospitalario, así como el concepto propio de esta disciplina y sus variantes dentro del sector de la salud, para una mayor comprensión de la investigación.

#### 1.1.1. Proceso

Según la serie de normas internacionales (ISO 9000, 2005) se define un proceso como “conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”. Autores como (Recker et al., 2007) lo definen como un conjunto de actividades parcialmente ordenados destinadas a alcanzar un objetivo. Mientras que el modelo de la Fundación Europea para la Gestión de la Calidad (*European Foundation for Quality Management*, EFQM por sus siglas en inglés) (2003), define un proceso como “sucesión de actividades en el tiempo con un fin definido; organización lógica de personas, materiales, energía, equipos y procedimientos en actividades de trabajo diseñadas para generar un resultado específico (...)”. Para la presente investigación se asume el concepto de proceso dado por la serie de normas internacionales (NC/ISO-9000, 2005).

Al consultar la literatura (Jans, 2010), define **instancia** de proceso como caso o sujeto que puede ser sistemáticamente seguido a través del proceso, asociando un identificador único a las actividades que son ejecutadas. Por ejemplo, un paciente en un hospital, una solicitud de trabajo o un préstamo

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

bancario. El inicio, conclusión o cancelación de una tarea para una instancia particular de un proceso, se denominan **actividades** (van der Aalst, 2011).

## 1.1.2. Procesos de negocio

“Un proceso de negocio es un conjunto estructurado medible de actividades diseñadas para producir un producto especificado para un cliente o mercado específico. Implica un fuerte énfasis en cómo se ejecuta el trabajo dentro de la organización, en contraste con el énfasis característico de la focalización en el producto”. (Davenport, 1993)

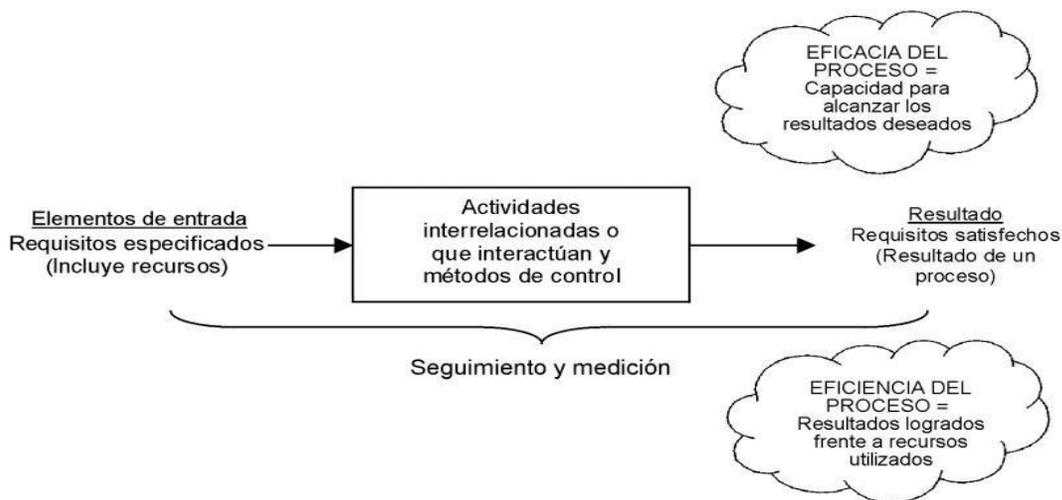


Figura. 1. Representación de un proceso. Fuente: (NC/ISO-9000, 2004)

Autores como (Recker et al., 2014) lo definen como un “conjunto de actividades parcialmente ordenados destinadas a alcanzar un objetivo”. Por su parte Weske & Heidelberg lo definen “Un proceso de negocio es una colección de actividades que son realizadas coordinadamente en un ambiente técnico y organizacional. La conjunción de estas actividades logra un objetivo del negocio. Cada proceso de negocio es ejecutado por una simple organización, pero con él pueden interactuar procesos de negocios de otras organizaciones” (Weske, et al., 2007).

## 1.1.3. Procesos hospitalarios

Los procesos de salud han sido tratados como procesos de negocio operacionales de las organizaciones hospitalarias. Similarmente no existe una definición coherente para los procesos de salud. Estos pueden ser clasificados en procesos asistenciales (clave) y procesos organizacionales genéricos (estratégicos y

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

de soporte). Los procesos clave son aquellos que afectan de modo directo la prestación del servicio asistencial y por tanto a la satisfacción del cliente externo (paciente). Algunos ejemplos de procesos clave son: hospitalización en planta, atención en urgencias, hospitalización post-quirúrgica, intervención quirúrgica, etc. (Sescam, 2002). Los procesos estratégicos son aquellos que permiten desarrollar e implantar la estrategia de la institución sanitaria. Algunos ejemplos son: sistema de dirección, planificación estratégica, *marketing* (centros privados), desarrollo de alianzas estratégicas, gestión de las relaciones con el cliente, autoevaluación, etc. (Soler et al., 2011).

Por último, los procesos de soporte son todos aquellos que permiten la operación de la institución sanitaria. En general son considerados como de soporte los procesos de gestión (pago de nóminas, facturación, contabilidad, etc.) y algunos otros como los procesos de auditorías internas, gestión de los sistemas de información, mantenimiento, etc. (Silveira et al., 2012)

En las instituciones sanitarias convergen numerosos tipos de actividades como pueden ser la actividad asistencial de primer nivel o especializada, la hostelería, la actividad económico administrativa, la ingeniería, el mantenimiento y toda una serie de actividades de apoyo y servicio que son imprescindibles y de muy diversas características. Debido a esta gran diversidad y a la complejidad inherente a todos los procesos que se ejecutan en las Instituciones Sanitarias, existen altas probabilidades de incurrir en errores y desaprovechar recursos tanto humanos como materiales. (Soto, 2012)

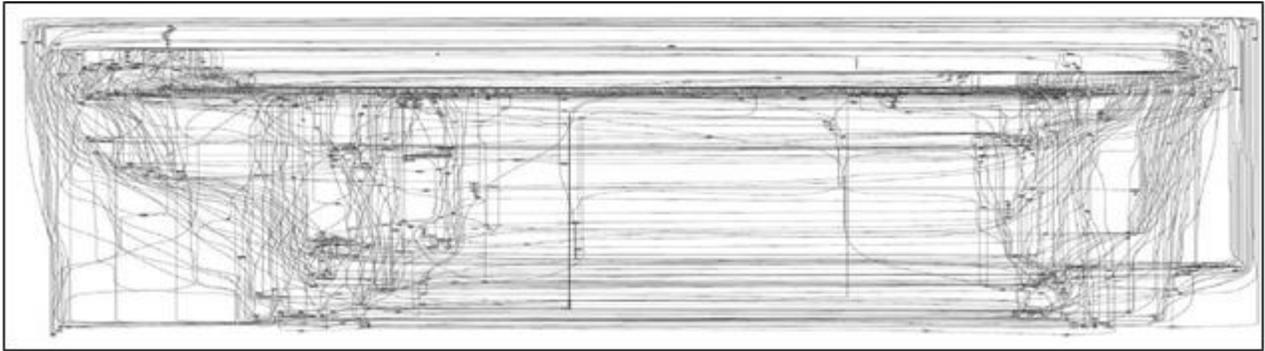
## **1.1.4. Modelo de proceso**

Antes de definir que es un modelo de procesos, el término "modelo" tiene que ser discutido en un contexto más general. Un modelo es una representación de una realidad compleja. Modelar es desarrollar una descripción lo más exacta posible de un sistema y de las actividades llevadas a cabo en él. Cuando un proceso es modelado, con ayuda de una representación gráfica pueden apreciarse con facilidad las interrelaciones existentes entre distintas actividades, analizar cada actividad, definir los puntos de contacto con otros procesos, así como identificar los subprocesos comprendidos. (Brunnello et al., 2011) Las características más protuberantes de un modelo son la brevedad, claridad, precisión, y su calidad gráfica (Nordsieck, 1932; Stachowiak, 1973) definen un modelo como el resultado de una cartografía de la simplificación de la realidad que sirve a un propósito específico.



# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

---



**Figura. 3.** Proceso Espaguetis. Fuente: (van der Aalst, 2011)

En resumen, un Proceso Lasaña está determinado por un comportamiento lógico de los eventos que lo conforman, lo que permite una adecuada estructura del mismo. Un Proceso Espaguetis, define un comportamiento sin un orden bien definido, sin una estructura clara, ya que de un posible conjunto de opciones se actúa de acuerdo a las necesidades. (Oliva et al., 2013)

## **1.1.6. Gestión basada en procesos**

Para que las organizaciones operen de manera eficaz, tienen que identificar y gestionar numerosos procesos interrelacionados y que interactúan entre sí. La identificación y gestión sistemática de los procesos empleados en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos, se conocen como enfoque basado en procesos (NC/ISO-9000, 2005).

El enfoque basado en procesos es un concepto que aparece en los años 90 del pasado siglo, con el objetivo de hacer más eficaz el funcionamiento de las organizaciones, además de aumentar el grado de satisfacción de los clientes. Con éste enfoque se puede dar seguimiento a los procesos, permitiendo detectar errores y redundancias, así como gestionar los procesos interrelacionados. (Narvéz et al., 2009)

El ciclo de vida de la Gestión de Procesos de Negocio abarca las siete fases de un proceso de negocio y los sistemas de información asociados al mismo. (Figura 4).

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

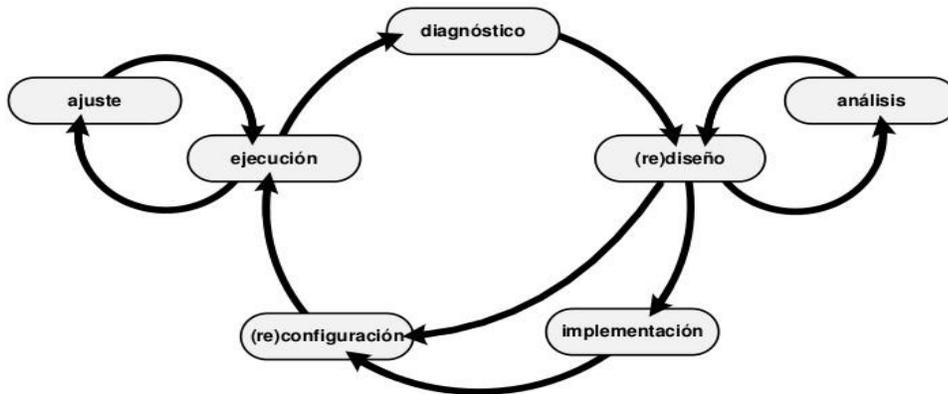


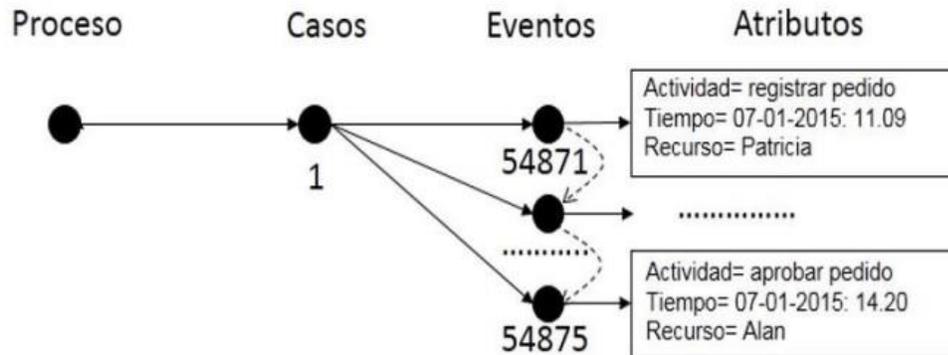
Figura. 4. Ciclo de vida de BPM. Fuente: (van der Aalst et al., 2012)

Primeramente se diseña un proceso, el cual es convertido en un sistema ejecutable en la fase de implementación. En la fase de (re)diseño se crea un nuevo modelo de proceso o se adapta un modelo de proceso existente. En la fase de análisis se analiza un modelo candidato y sus alternativas. Después de la fase de (re)diseño, se implementa el modelo (fase de implementación) o se (re)configura un sistema existente (fase de (re)configuración). En la fase de ejecución se ejecuta el modelo diseñado. Durante la fase de ejecución el proceso es monitoreado. Además, se podrán realizar pequeños ajustes sin rediseñar el proceso (fase de ajuste). En la fase de diagnóstico se analiza el proceso ejecutado y la salida de esta fase podría iniciar una nueva fase de rediseño del proceso. (van der Aalst et al., 2012)

## 1.1.7. Registro de eventos

La mayoría de los sistemas de información modernos utilizan mecanismos para registrar la ejecución real de los procesos, o sea, poseen un registro de trazas, el cual, mediante transformaciones necesarias, es el punto de partida de la minería de procesos. Las técnicas de minería de procesos asumen que es posible registrar eventos secuencialmente, donde cada proceso está compuesto por casos que no son más que instancias del mismo (Figura 5). (van der Aalst et al., 2011; Jans, 2011) Cada caso se compone de eventos que representan pasos bien definidos dentro del proceso; los casos contienen atributos o propiedades, donde los más usuales son la actividad que representan, la fecha y el usuario.

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN



**Figura. 5.** Resumen de un registro de eventos. Fuente: Adaptado de (van der Aalst, 2011)

Los casos y cada evento en un registro utilizan un identificador mientras cada atributo de los eventos puede ayudar a extender el modelo con información extra. Dependiendo de la cantidad o tipo de información disponible será la perspectiva que se podrá asumir y la información que se podrá extraer. El registro de eventos contiene un registro de elementos, como su raíz el cual contiene todas las trazas. Este registro de elementos también puede contener atributos. Como el registro de elementos solo se crea una vez, el impacto de incluir muchos atributos en el registro es mínimo (Buijs, 2010). Por otra parte, es de importancia incluir información relevante describiendo el contenido del registro de eventos y su origen.

Los siguientes atributos son tomados en consideración para su adición en el registro de elementos:

- **Nombre de Proceso:** el nombre del proceso al cual el registro le graba su ejecución.
- **Fuente de Datos:** una descripción del Sistema de Información del cual se extrae el registro de eventos.
- **Organización Fuente:** el nombre de la organización que provee los datos.
- **Descripción:** una breve descripción del contenido del registro de eventos.
- **Versión:** un identificador para diferenciar versiones de Registros de eventos.
- **Autor:** nombre y detalles de contacto del que definió la conversión.
- **Proyecto de minería de procesos:** una referencia del Proyecto de minería de procesos o el propósito del registro de eventos.

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

## **1.1.8. Minería de procesos**

El concepto minería de procesos surgió hace más de una década. La disciplina de minería de procesos también tiene sus raíces en el trabajo de Cook y Wolf (Cook et al., 1999), quienes propusieron el descubrimiento de modelos de procesos a partir de los datos contenidos en los registros de eventos. Desde entonces ha sido objeto de numerosas investigaciones, y por tanto, aplicada a la mayoría de las ramas de la sociedad: ingeniería, ciencias computacionales, educación, salud y el desarrollo de software.

Will van der Aalst en la entrevista realizada por Gottfried Vossen define la minería de procesos como: “(...) *la disciplina de investigación que permite descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales a través de la extracción de conocimiento de los registros de eventos ampliamente disponibles en los actuales sistemas de información (...)*”. (Vossen, 2012)

Entre las perspectivas que incluyen la minería de procesos se destacan la referente al control de flujo, a los casos, al tiempo, entre otras. La perspectiva de control de flujo se enfoca en el orden de ejecución de las actividades, su objetivo es encontrar una buena caracterización de todos los caminos posibles. La perspectiva de casos se enfoca en caracterizar los casos por su ruta en los procesos, los actores que trabajan en él o el valor de los datos de sus elementos. La perspectiva tiempo puede ser aplicada cuando se tiene información con relación al tiempo en el registro de eventos, permitiendo integrar al modelo las marcas de tiempo. (van der Aalst, 2011)

### **1.1.8.1. Minería de procesos en el entorno hospitalario**

Sin ninguna idea a priori, la minería de procesos busca en el interior del proceso y hace visible lo que realmente está sucediendo. Por ejemplo, es posible (Orellana et al., 2015):

- Consultar los caminos de proceso que normalmente son seguidos por los pacientes al pasar por este.
- Ver las excepciones en el proceso.
- Identificar dónde están los cuellos de botella en el proceso.
- Comprobar si se siguen las pautas médicas.
- Ver qué personas / departamentos médicos están trabajando juntos con frecuencia.
- Comparar los procesos más allá de indicadores clave de rendimiento simplistas.

La información anterior es la clave de muchos procesos de mejora. Por ejemplo (Orellana et al., 2015):

- Reducir los costos mediante la eliminación de innecesarias pruebas médicas o tratamientos.

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

- Reducir el tiempo total de tratamiento mediante la eliminación de los mayores cuellos de botella dentro de un proceso (por ejemplo, reducir el mayor tiempo medio de espera que existe para ciertos exámenes médicos, tratamientos o insumos).
- Estandarizar la forma de trabajar mediante la definición de una ruta de atención de cómo los pacientes que sufren de una enfermedad determinada deben ser diagnosticados y tratados.
- Menor complejidad del proceso mediante la reducción de la variabilidad innecesaria.

Existe poco más de una veintena de estudios hasta la fecha, en el entorno de la salud con el objetivo de dar respuesta a algunos de los elementos planteados anteriormente (Webster, 2011). Su aplicación en las Historias Clínicas Electrónicas (EHR, por sus siglas en inglés) permitió mejorar los procesos de cuidado a pacientes (Webster, 2011). Tras descubrir horarios de mayor afluencia en el área de Emergencias (Mans et al., 2008), permitió controlar y destinar recursos a este sector hospitalario. También permitió detectar eventualidades (tareas incompletas, información ausente, poca correspondencia entre el proceso de negocio y el sistema) en las actividades de proceso (Orellana et al., 2014).

Su aplicación en casos reales de Ginecología y Oncología permitió optimizar, a partir de un gráfico de puntos, la trayectoria de los pacientes por el proceso de atención. La aplicación de la minería de procesos sobre sistemas hospitalarios permite monitorizar la utilización de los recursos, (i.e. los implementos quirúrgicos, los destinados a enfermería y los de consulta externa). Así mismo, permite monitorear el desempeño de los usuarios, reconocer patrones en el flujo del proceso, analizar casos aislados o infrecuentes, etc. (Mans et al., 2009)

Su uso en otras esferas (Reijers et al., 2007) demuestra su efectividad para detectar funcionamientos anómalos (i.e. desviación de recursos), tiempos de ejecución de actividades en el proceso (i.e. exceso en el tiempo de estancia de un producto en el almacén o su ausencia, así como, las variaciones entre la realidad y lo prescrito).

## **1.2. Principales modelos para aplicar minería de proceso**

Un modelo es un patrón o pauta que se sigue como representación para la realización de algo, se conforma de pasos, fases, tareas y proporciona una guía para llevar a cabo un objetivo (Oliva et al., 2013). A continuación, se describen los modelos más representativos, diseñados para aplicar técnicas de minería de proceso sobre los registros de eventos de los sistemas de información actuales.

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

- El modelo de Van Giessel propone aplicar minería de proceso en sistemas, aplicaciones y productos en procesamiento de datos. Está compuesto por dos fases fundamentales y cinco pasos. (van Giessel, 2004).
- El modelo de Rozinat se desarrolla con el objetivo de extraer información clave (de los datos, el rendimiento y la organización), que puede ser usada para la creación de un modelo de simulación, que permite visualizar las dependencias entre las técnicas de minería de proceso a utilizar. Está compuesto por seis pasos. (Rozinat, et al., 2009)
- El modelo de Bozkaya se desarrolla con el objetivo de ofrecer una visión general de los procesos dentro de los sistemas de información actuales en un corto período de tiempo. Está compuesto por seis fases. (Bozkaya et al., 2009)
- El modelo de van der Aalst hace una descripción del ciclo de vida (L\*) de un proyecto de minería de proceso y está compuesto por cinco etapas. (van der Aalst, 2011)
- El caso de estudio de Jans, no se encuentra estandarizado como modelo, pero constituye un ejemplo para guiar esta investigación. Está constituido por cuatro pasos y tres tareas. (Jans, 2010)

## **1.2.1 Otras formas para aplicar técnicas de minería de procesos**

Maruster y Van Beest (Maruster et al., 2009) proponen una metodología donde se combina la simulación y la minería de procesos y se explican los pasos a seguir basado en tres casos de estudio. Esta metodología se centra en el análisis de los procesos y en la combinación con técnicas de simulación para el rediseño. En esta no se especifica los pasos a seguir para dar inicio a un proyecto de rediseño basado en minería de procesos, como son el establecimiento de los objetivos, alcance de los procesos, análisis de entradas y salidas, entre otros. Tampoco se especifica los pasos a seguir para la extracción y limpieza de los registros de eventos.

Rebuge y Ferreira (Rebuge et al., 2012) plantean una aproximación metodológica para el análisis de procesos en el sector salud. Esta es específica para el caso analizado y está centrada en la aplicación de técnicas de clúster para el análisis de procesos del servicio de urgencias de un hospital por lo que la propuesta metodológica difícilmente se puede extrapolar para otros casos donde se requieran aplicar otras técnicas de análisis.

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

Van Der Heijden (van der Heijden, 2012) propone una fases y pasos para un proyecto de minería de procesos, tiene la limitante de no llegar a profundizar en aspectos claves como son la planeación del proyecto y la preparación y extracción de los datos de los diferentes sistemas de información. Por otro lado, esta propuesta solo ha sido validada en un caso de estudio.

Recientemente Weerd (de Weerd et al., 2013), propuso un marco para la aplicación de la minería de procesos a través de un caso de estudio en una empresa del sector financiero. Esta metodología se centra en la preparación y exploración de los datos, pero no propone una fase inicial para definir el alcance del proceso o para plantear los objetivos de la minería de procesos. Tampoco hace énfasis en los métodos para la extracción de los datos.

## **1.2.1. Análisis de los principales elementos a considerar de los modelos anteriores**

Se aplicó una encuesta a todos los especialistas del CESIM que poseen conocimientos de minería de procesos, en la cual, estas seis personas, seleccionaron a partir de una lista de elementos mostrados en la encuesta, los más necesarios a tener en cuenta para describir modelos de minería de proceso y que a la vez, se tuvieran presente para analizar variabilidad en los procesos hospitalarios del sistema XAVIA HIS. Esta población fue escogida debido a que para poder seleccionar los elementos más importantes y establecer una comparación de los modelos que permiten usar minería de procesos, es necesario tener un amplio conocimiento de los mismos en cuanto a sus características, funcionamiento, y aspectos necesarios a ser valorados para contribuir al análisis de variabilidad. Se tomó en cuenta aquellos elementos que estén por encima de la media de votos posibles.

En la Tabla 1 se resumen los principales elementos que definen a cada modelo según los resultados de la encuesta:

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Principales modelos para aplicar minería de procesos. Fuente: Elaboración propia

Elementos a considerar	Jans	Giessel	Rozinat	Bozkaya	van der Aalst
Procedimiento para analizar el proceso					X
Obtener un modelo integrado	X				X
Retroalimentación					X
Especificaciones de técnicas a utilizar			X	X	
Diagnóstico preliminar de los datos		X		X	X
Considera profesionales no expertos					

Estos modelos están diseñados para la aplicación de minería de procesos de forma genérica y ser usados por expertos en minería de proceso. El modelo propuesto por Rozinat y el caso de estudio de Jans no permiten realizar un diagnóstico preliminar de los datos, se obtiene un modelo integrado con el caso de estudio de Jans y el modelo de van der Aalst solamente, además este modelo es el único que permite analizar un proceso, solo la propuesta de van Giessel se centra en un dominio de aplicación, no se enfocan en el uso de técnicas específicas, sino que permite aplicar una gran variedad de éstas, lo cual dificulta la realización de análisis para los no expertos si se considera que existen más de 600 técnicas desarrolladas. Un aspecto importante a destacar es que solo el modelo de van der Aalst permite retroalimentar los resultados, lo cual permite cerrar el ciclo del modelo y evaluar el impacto de los resultados.

Una vez consultadas las características y limitaciones de los modelos presentados, se concluye que los mismos no satisfacen completamente las necesidades de guiar un análisis de variabilidad. Los autores de la presente investigación consideran que los modelos que contribuyen al desarrollo del procedimiento propuesto en la investigación son:

- El caso de estudio de Jans: por los elementos que establece para caracterizar y conocer el proceso que se analice.

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

- Rozinat: por su descripción para la extracción de los registros de eventos.
- Bozkaya: por los elementos que establece para analizar el flujo de las actividades del proceso.

## 1.3. Variabilidad

La variabilidad está presente en todo proceso, para comprender su significado y la relación que tiene en los procesos del sector de la salud, se explican algunas relaciones de conceptos asociada a la misma como la variabilidad en los procesos y variabilidad en los procesos hospitalarios. Se mencionan algunos estudios realizados sobre variabilidad a nivel internacional.

### 1.3.1. Concepto de variabilidad

Según la Real Academia Española (RAE, 2016) se define variabilidad como: Cualidad que varía o puede variar. Inestable, inconstante y mudable.

Según el diccionario online (Quees, 2016) se define como: todo aquello que tiene la posibilidad de cambiar, en general la variabilidad es la facilidad de mutar o que tiene una inconsistencia para continuar haciendo algo que ha sido planificado.

### 1.3.2. Variabilidad en los procesos

Para comprender el significado de variabilidad de proceso se observa en la **Figura 6** el modelo de proceso **A** muestra el comportamiento común de su ejecución, mientras que el modelo **B** muestra una variación con respecto a su similar **A**. La existencia de la variabilidad está dada cada vez que se repite el proceso y hay ligeras variaciones en las distintas actividades realizadas que a su vez, generan variabilidad en los resultados del mismo. (Hernández-Nariño et al., 2013)

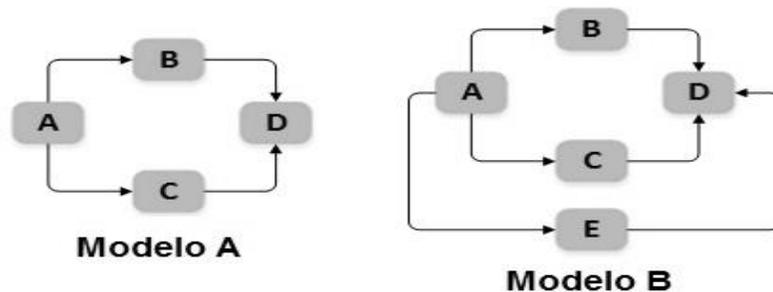


Figura 6. Modelo de procesos. Fuente: Elaboración propia

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

## **1.3.3. Variabilidad en los procesos hospitalarios**

En las Instituciones Sanitarias convergen numerosos tipos de actividades como pueden ser la actividad asistencial de primer nivel o especializada, la actividad económico administrativa, la ingeniería, el mantenimiento y toda una serie de actividades de apoyo y servicio que son imprescindibles y de muy diversas características. Debido a esta gran diversidad y a la complejidad inherente a todos los procesos que se ejecutan en las Instituciones Sanitarias, existen altas probabilidades de incurrir en errores y desaprovechar recursos tanto humanos como materiales. Las actividades sanitarias son complejas, están sometidas frecuentemente a una gran variabilidad, y regidas por personas con formaciones y criterios dispares, que condicionan el transcurrir de cada proceso con sus decisiones (Mans et al., 2013).

La variabilidad puede estar presente en cualquier proceso hospitalario, estos dependen de factores como el tiempo o gestión de recursos, un ejemplo donde se puede ver variabilidad es en los procesos de soporte, donde las operaciones se ejecutan según el presupuesto de la organización. Puede verse también en los procesos asistenciales donde el proceso de atención al paciente depende de factores como los recursos que existan para ser atendidos y la disciplina del personal médico.

## **1.3.4. Estudios asociados a la variabilidad**

Un estudio realizado en Noruega (Aakvik et al, 2010) concluye que el 98% de la variación no explicada en la licencia por enfermedad se atribuye a factores del paciente y no influenciados por la variación en la práctica médico de cabecera o diferencias en las características a nivel municipal. El estudio señala que, según los resultados del estudio, el diagnóstico médico es un factor importante que explica la duración de las licencias por enfermedad. Así mismo señala que en Noruega los deseos del propio paciente son importantes cuando se toman decisiones de este tipo, y que la variación en la práctica médica en este tipo de actuaciones no importa mucho en el resultado final. Este estudio informa que, aunque en muchos estudios han analizado las bajas por enfermedad certificada y factores predictivos, no hay estudios de evaluación de su variación entre pacientes, médicos de cabecera o zonas geográficas dentro de un marco multinivel. La novedad de este estudio es el empleo de un modelo multinivel de intercepto aleatorios.

Un estudio sobre las variaciones en la práctica médica (VPM), expresa que las personas recibirán más o menos hospitalizaciones, pruebas o tratamientos en función de su lugar de residencia. Más allá de ciertas decisiones individuales (uno podría decidir dónde quiere vivir según prefiera conservar las

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

amígdalas, la vesícula biliar, el útero o la próstata), la VPM preocupan a la comunidad sanitaria y a la sociedad porque sugieren que algunas personas están recibiendo menos atención de la que necesitan, otras reciben mucha más atención de la que necesitan y, aun otras, pueden estar recibiendo una atención que no es la que necesitan. El estudio plantea que hay muchas estrategias para intentar reducir las VPM. Desde la hipótesis de la incertidumbre se presume que el conocimiento sobre la efectividad de las diferentes intervenciones médicas contribuiría a homogeneizar los estilos de práctica en torno a las decisiones más adecuadas, reduciendo la variabilidad en la utilización de servicios y el gasto sanitario innecesario. (Bernal et al., 2012)

Otro estudio está enfocado al sistema de Grupo de pacientes relacionados (GRD), utilizado en España como método de pago prospectivo. Los GRD incluyen información relacionada tanto con la clínica como con la gestión hospitalaria. Uno de sus objetivos era reducir a un número manejable las altas hospitalarias. Este sistema no está exento de variabilidad, pero si se quiere disminuir dicha variabilidad deben plantearse iniciativas centradas en los GRD que faciliten la toma de decisiones, tanto en el ámbito clínico como en el ámbito de la gestión, sin olvidar el contexto en el que se desarrolla la asistencia sanitaria. El estudio propuso llevar a cabo una metodología centrada en la monitorización de los GRD que permitiera priorizar y controlar el desarrollo de guías de práctica clínica, a través del estudio comparado de los GRD en diferentes contextos, tanto dentro de un mismo hospital, como entre diferentes regiones. (González et al., 2011)

## **1.4 Herramienta para la detección de variabilidad del sistema XAVIA HIS**

Para aplicar minería de procesos en el sistema XAVIA HIS y analizar la existencia de variabilidad en sus procesos, es necesario el uso de un conjunto de herramientas orientadas a esta finalidad que, aunque son eficientes en su campo, poseen alta complejidad en configuraciones, técnicas y procedimientos engorrosos, tanto para extraer registros de eventos como para obtener modelos de la ejecución de los procesos. Para lograrlo es necesario tener conocimientos sobre la base de datos del sistema, las configuraciones técnicas para extraer la información útil y los requisitos que deben cumplir los registros de eventos. (Mans et al., 2013)

La herramienta desarrollada para la detección de variabilidad en el sistema XAVIA HIS, consiste en una integración de cinco técnicas de minería de procesos. La técnica Heuristic Miner propicia una vista global del proceso que se analice, la técnica Fuzzy Miner obtiene una vista de la frecuencia de ejecución del

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

proceso y las desviaciones en su flujo de actividades. Por su parte, Inductive visual Miner permite realizar análisis de los tiempos de ejecución de las instancias de proceso y la formación de cuellos de botella. Por último, Variants Miner muestra las variantes alternativas del proceso.

El desarrollo de la herramienta permite:

- Análisis cuantitativo y cualitativo de la ejecución de las variantes de procesos existentes en el sistema XAVIA HIS.
- Análisis temporal de las variantes de procesos del sistema XAVIA HIS.
- Detectar eventualidades en los procesos clínicos y administrativos del sistema XAVIA HIS.
- Detección de ruido en los procesos del sistema XAVIA HIS, a partir de la definición de un umbral de ruido.
- Análisis de la frecuencia de ejecución de las actividades de procesos.
- Identificación de incongruencias en el comportamiento de los procesos.
- Identificación de los caminos frecuentes en el flujo del proceso.
- Análisis visual de la existencia de cuellos de botella en el flujo del proceso.
- Identificación de desviaciones en el flujo de procesos.

Los componentes que forman parte de la herramienta para la detección de variabilidad del CESIM son:

## **1.4.1 Componente para el análisis de Frecuencia**

Sobre éste componente de diagnóstico fue utilizada la técnica de Minería de Proceso *Fuzzy Miner*, muestra las actividades y sus relaciones según diferentes niveles de abstracción. Utiliza similitudes con la forma de representar la información en la cartografía (Günther et al., 2007). Permite detectar ruido en los procesos en el Sistema de Información Hospitalaria del CESIM, a partir de su registro de eventos. Definición de ruido: “Comportamiento reflejado en las trazas y que rara vez ocurre, que es excepcional o poco frecuente, es decir, que no se corresponde con el comportamiento típico observado en el proceso” (van der Aalst, 2011b). Las Tablas 2 y 3 contienen los valores para medir la frecuencia y correlación de aristas en la personalización de la técnica.

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

**Tabla 2.** Valores para medir frecuencia de aristas. Fuente (Pérez et al., 2015)

<b>Frecuencia</b>	
<b>Grosor</b>	<b>Valores</b>
Mayor grosor	Mayores que 0.8
Mediano grosor	Mayores a 0.5 y menores a 0.8
Poco grosor	Menores que 0.5

**Tabla 3.** Valores para medir la correlación de aristas. Fuente: (Pérez et al., 2015)

<b>Correlación</b>	
<b>Tonalidad</b>	<b>Valores</b>
Negro	Mayores a 0.8
Gris oscuro	Mayores a 0.3 y menores a 0.8
Gris claro	Menores a 0.3

Para medir la importancia de las actividades se establece como valor del filtro “Frecuencia de actividades” y “Frecuencia de aristas” a un 30 por ciento.

## 1.4.2 Componente para obtener una vista global del proceso

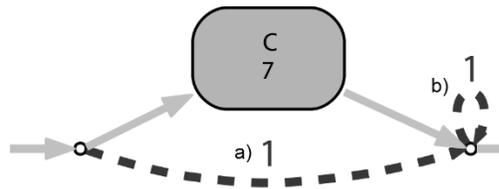
Aplica algoritmos basados en heurística mediante el uso de la técnica *Heuristic Miner*, toman en cuenta las frecuencias de los eventos y de las secuencias, para la construcción del modelo del proceso.(Abreu et al., 2015) Se obtiene como resultado modelos precisos y comprensibles. Permite detectar incongruencias en los procesos del Sistema de Información Hospitalaria del CESIM. Los modelos de procesos que genera, sirven de base a administrativos y personal médico en cuanto a la correspondencia que existe entre la ejecución real de los procesos y lo que se está llevando a cabo en realidad en el sistema (Orellana, 2015).

## 1.4.3 Componente para el análisis de tiempo

Este componente fue desarrollado mediante el uso de la técnica *Inductive Visual Miner* (Larrea et al., 2015), permite generar un árbol, donde los nodos representan actividades o transiciones. Este tipo de

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

representación jerárquica es muy intuitiva y permite determinar con mayor facilidad la existencia de lazos y actividades finales (Leemans et al., 2014). Permite detectar actividades frecuentes e infrecuentes: en el modelo de proceso se pueden visualizar las actividades que conforman el proceso, estas actividades se ejecutan con determinada frecuencia. Permitirá detectar desviaciones: las desviaciones muestran precisamente las partes del modelo que se desvían con respecto al registro de eventos, son visualizadas para mostrar que partes del modelo se ajustan bien y que partes no lo hacen (Orellana, 2015). En la bibliografía consultada se evidencia la existencia de dos tipos de desviaciones en los procesos: cuando una instancia del proceso contiene un evento que no está permitido por el modelo es un movimiento del registro y si el modelo requiere una actividad que no está presente en la instancia del proceso entonces es un movimiento del modelo (Leemans et al., 2014).



**Figura 7.** Desviación de un proceso, a) movimiento del modelo, b) movimiento del registro  
Fuente: (Leemans et al., 2014)

## 1.4.4 Componente para el análisis de las variantes alternativas de proceso

Permite la identificación de los patrones de control de flujo: Secuencia, Lazo, Selección no Exclusiva, Selección Exclusiva y Paralelismo. Fue utilizado para su desarrollo la técnica *Variants Miner* (Valladares et al., 2015). Este componente posibilita la obtención de información relevante del proceso y la identificación de características del registro de eventos como es la presencia de ruido y la ausencia de información (Pérez, 2014). Permite realizar análisis de los procesos del Sistema de Información Hospitalaria del CESIM, desde una perspectiva temporal, lo cual brindará criterios cualitativos y cuantitativos para la toma de decisiones clínico-administrativas, dicho análisis favorecerá al personal médico pues podrán detectar si existan anomalías, desviaciones y mal uso de los insumos y productos (Orellana, 2015).

## 1.4.5 Componente para el análisis de cuellos de botella de proceso

“*Replay P/C*” es una técnica de chequeo de rendimiento y conformidad que posibilita identificar las desviaciones en el tiempo de cumplimiento de los diferentes procesos. Está directamente relacionada con

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

el análisis temporal. Además, mediante una escala de colores intuitiva, clasifica las actividades por colores según su desviación con respecto al tiempo medio de estancia de las transiciones. (Adriansyah, 2012)

## 1.4.6 Criterios de las técnicas de minería de proceso

Se resume en la siguiente tabla los criterios de las cinco técnicas de minería de procesos utilizadas en la herramienta de detección de variabilidad.

**Tabla 4:** Tabla de comparación de las técnicas de minería de procesos. Fuente: Elaboración propia.

Criterios	Técnicas de minería de procesos				
	Replay P/C	Fuzzy Miner	Inductive Visual Miner	Variants Miner	Heuristic
Análisis de frecuencia		X	X	X	X
Análisis de subprocesos		X	X	X	X
Detección de desviaciones		X	X	X	X
Detección de fraudes		X	X	X	
Análisis de tiempo	X	X	X	X	
Cuellos de botella	X		X		
Vista global del proceso	X		X	X	X
Comprensión	X	X	X	X	X
Valores por defecto	X	X	X	X	X

## 1.5 Conceptos asociados a las diferentes formas de representación de un análisis

Existen muchas formas para dar respuesta al problema planteado en la investigación y que pudieran servir para guiar un análisis de variabilidad en los procesos del sistema XAVIA HIS. A continuación se explica por qué se tomará como propuesta de solución el desarrollo de un procedimiento y no otra como una metodología, estrategia o modelo a partir de los conceptos asociados a estos términos.

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

## **Modelo**

El término modelo proviene del italiano “modello” -representación de algo que se debe seguir o imitar-. En la literatura (Bermón, 2013), también hay otras definiciones válidas como:

- “Un instrumento de la investigación creado para reproducir el objeto que se está estudiando, por tanto, es una representación simplificada de la realidad que cumple una función heurística y descubre nuevas relaciones y cualidades del objeto de estudio”.
- “Una representación de un objeto, sistema o idea, de forma diferente al de la entidad misma. El propósito de los modelos es ayudarnos a explicar, entender o mejorar un sistema.

## **Metodología**

Según la Real Academia Española (RAE, 2016), la metodología hace referencia al camino o al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos. Con frecuencia puede definirse la metodología como el estudio o elección de un método pertinente o adecuadamente aplicable a determinado objeto.

Es una ciencia con un objeto de estudio bien estructurado y definido, los métodos, y posee normas, principios y una estructura propia. Es la ciencia encargada del estudio del método para luego determinar cuál es el más adecuado a aplicar o sistematizar en una investigación o trabajo (Definicionabc, 2016). La metodología de la investigación implica una conceptualización de un modelo ideal de la investigación o trabajo que se va a emprender, por lo que también es una referencia permanente para la realización de los procedimientos que se ponen en práctica durante el proceso de investigación (Sampieri et al., 2010).

## **Estrategia**

Es un plan para dirigir un asunto. Una estrategia se compone de una serie de acciones planificadas que ayudan a tomar decisiones y a conseguir los mejores resultados posibles. La estrategia está orientada a alcanzar un objetivo siguiendo una pauta de actuación.(Significados, 2016)

## **Procedimiento**

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

De acuerdo con su etimología puede darse como definición de este vocablo la manera o método para realizar algo. Por tanto, se puede definir también como un método o sistema estructurado, o un conjunto de operaciones o acciones que se realizan de la misma manera y bajo las mismas circunstancias, para lograr el mismo resultado siempre (RAE, 2016). Otro de sus significados es la acción y consecuencia de proceder. Definiendo a proceder, entre otros significados como todo objeto que se origina, se produce o nace físicamente o moralmente de otro; manera en que una persona se comporta y realiza sus acciones. (Quees, 2016)

## **1.5.1 Valoración de las diferentes representaciones de análisis**

Para analizar variabilidad en los procesos del sistema XAVIA HIS, ejecutados con el motor de flujo jBPM, se necesita contar con una guía estructurada de etapas en un orden lógico, que explique detalladamente cómo realizar cada una de ellas mediante estudios realizados del tema y que los mismos permitan obtener resultados satisfactorios que den respuesta en correspondencia a como se estén ejecutando en realidad los procesos y no a como deban ser ejecutados. Para esto se puede pensar en una metodología, pero la misma precisa de años de estudio y se requiere de menos tiempo en la investigación. Por otra parte un modelo constituye una representación a seguir para un determinado tema o dominio, no responde a las necesidades de análisis para cualquier tipo de proceso. Una estrategia tampoco es lo más conveniente, su estructura va dirigida por reglas destinadas al control de una organización. Por lo antes analizado, los autores de la presente investigación concluyen que un procedimiento permite la estructura conveniente para darle respuesta a la situación problemática de la investigación.

## **1.6 Ambiente de desarrollo**

Se realizó un análisis de las principales tecnologías relacionadas con la minería de procesos que se adaptaran a la presente investigación. El ambiente de desarrollo está compuesto por lenguajes, tecnologías y herramientas utilizadas durante el desarrollo de la propuesta de solución.

### **1.6.1 Lenguaje**

Fueron utilizados los lenguajes de programación Java y UML para desarrollar la funcionalidad que permite inspeccionar el registro de eventos, a continuación se presentan sus características principales:

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

## **Lenguaje de programación: *Java***

El lenguaje de programación **Java** es robusto, multiplataforma. Tiene muchas similitudes con el lenguaje C y C++. La principal característica de Java es la de ser un lenguaje compilado e interpretado. Todo programa en Java ha de compilarse y el código que se genera es interpretado por una máquina virtual (Apache, 2012). Permitirá la creación e implementación de las clases controladoras.

## **Lenguaje Unificado de Modelado: UML 2.1**

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML, por sus siglas en inglés) es un lenguaje que permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un sistema de software orientado a objetos. UML sirve para el modelado completo de sistemas complejos, tanto en el diseño de los sistemas de software como para la arquitectura hardware donde se ejecuten. (Orallo, 2012) Permite la representación conceptual y física de un sistema. Cuenta con varios tipos de diagramas, los cuales muestran diferentes aspectos de lo que se quiere representar. (Mora, 2013)

### **1.6.2 Tecnologías a utilizar**

Para el desarrollo de la funcionalidad, se propone un conjunto de tecnologías y herramientas de código abierto que permitan su uso sin necesidad de pago de licencias, lo que hace posible que cumpla con las políticas de independencia tecnológica definidas en Cuba para la informatización de la sociedad.

#### ***Java Server Faces (JSF) 1.2***

Java Server Faces (JSF) es un marco de trabajo que define un modelo de componentes de interfaz de usuario y de eventos. Permite manejar el estado de los componentes de usuario, manejar sus eventos, la validación y conversión del lado del servidor y centralizar la navegabilidad de las páginas de la aplicación. (Introducción a JSF, 2012)

#### ***Java Platform Enterprise Edition (JavaEE) 5.0***

Java versión 5 o JEE 5 es una plataforma de programación (parte de la Plataforma Java) para desarrollar y ejecutar software de aplicaciones en lenguaje de programación Java con arquitectura de N niveles distribuida (Franky, 2010).

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

---

## ***Java Persistence API (JPA)***

JPA proporciona un modelo de persistencia basado en la programación orientada a objeto para mapear bases de datos relacionales en Java. El *Java Persistence API* fue desarrollado por el grupo de expertos de EJB 3.0 como parte de JSR 220, aunque su uso no se limita a los componentes software EJB. (Vázquez, 2006)

## ***Hibernate 3.3***

*Hibernate* es un marco de trabajo de persistencia para Java de libre distribución que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional y el modelo de objetos de una aplicación, además, proporciona un potente lenguaje de consultas denominado *Hibernate Query Language (HQL)* (Scribd, 2012).

## ***SEAM 2.1***

SEAM es un marco de trabajo que integra la capa de presentación (JSF) con la capa de negocios y persistencia (EJB), funcionando, según versa su significado en español, como una “costura” entre estos componentes. Es una potente plataforma de desarrollo de código abierto para construir aplicaciones ricas de Internet en Java. *Seam* integra tecnologías como *JavaScript* asíncrono y XML (AJAX), *JavaServer Faces (JSF)*, *Java Persistence Api (JPa)*, *Enterprise Java Beans (EJB 3.0)* y *Business Process Management (BPM)*. (Álvarez et al., 2013)

## ***Java Runtime Environment (JRE)***

*JRE* es el acrónimo de *Java Runtime Environment* (entorno en tiempo de ejecución Java) y se corresponde con un conjunto de utilidades que permite la ejecución de programas java sobre todas las plataformas soportadas. JVM (máquina virtual Java) es una instancia de JRE en tiempo de ejecución. Este interpreta el código Java y está compuesto además por las librerías de clases estándar que implementan el API de *Java*. Ambas JVM y API deben ser consistentes entre sí, de ahí que sean distribuidas de modo conjunto. (Lucifer, 2016)

## ***Jboss Server 4.2.2***

*Jboss Server* es un servidor de aplicaciones J2EE de código abierto implementado en Java puro. Al estar basado en Java, *JBoss* puede ser utilizado en cualquier sistema operativo para el que esté disponible

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

Java. Proporciona una herramienta útil para el desarrollo y despliegue de aplicaciones Java, aplicaciones Web y portales. *JBoss AS* puede ser descargado, utilizado, incrustado y distribuido sin restricciones por la licencia. Permitirá la publicación de las páginas XHTML. (Soldano et al. 2008)

## ***Facelets 1.1***

Facelets es un *framework* simplificado de presentación, donde es posible diseñar de forma libre una página web y luego asociarle los componentes JSF específicos. Aporta mayor libertad al diseñador y mejora los informes de errores que tiene JSF. (Sánchez, 2008)

## ***RichFaces 3.3.1***

Es una biblioteca de componentes web enriquecidos, de código abierto y basada en el estándar *Java Server Faces* (JSF). Provee facilidades de validación y conversión de los datos proporcionados por el usuario, administración avanzada de recursos como imágenes, código *Javascript* y Hojas de Estilo en Cascada (CSS). (Gaguancela, 2012)

## ***Enterprise JavaBeans (EJB) 3.0***

Es un componente utilizado en Java que permite agrupar funcionalidades para formar parte de una aplicación, esto puede ser: un "Java Bean" agrupando información personal, datos sobre un pedimento, requerimientos de órdenes, entre otros. Permite realizar la administración automática de transacciones, seguridad, escalabilidad, concurrencia, distribución, acceso a ambientes portables y persistencia de datos. Incorpora el estándar JPA como el principal API de persistencia para aplicaciones EJB3. (Rondón, 2009)

### **1.6.3 Herramientas a utilizar**

A continuación se presenta el conjunto de herramientas utilizadas durante la investigación para el desarrollo de la funcionalidad propuesta para inspeccionar los registros de eventos y la completa ejecución del procedimiento de análisis de variabilidad.

#### ***Entorno Integrado de Desarrollo Eclipse Kepler***

Un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés) es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Los *IDEs* pueden ser aplicaciones por

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

sí solas o pueden ser parte de aplicaciones existentes. Proveen un marco de trabajo amigable para la mayoría de los lenguajes de programación. (Alfaro, 2011)

Es Eclipse *Ganymede* principalmente una plataforma de programación, usada para crear entornos integrados de desarrollo. Es una estructura formada por un núcleo y muchos *plugins* que van conformando la funcionalidad final (Varga, 2007). Para el desarrollo del componente se le integró el marco de trabajo *JBoss Seam*. Soportará el lenguaje de programación Java para la implementación de las clases.

## ***Visual Paradigm***

Visual Paradigm (Visual, 2016) es una herramienta profesional que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software: análisis y diseño orientados a objetos, construcción, pruebas y despliegue. Este software ayuda a una más rápida construcción de aplicaciones de calidad. Permite también dibujar todos los tipos de diagramas de clases y generar código desde diagramas.

## ***Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD)***

Un sistema gestor de base de datos se define como el conjunto de programas que administran y gestionan la información contenida en una base de datos (Álvarez, 2007). Como Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) se utilizó PostgreSQL 9.3.3 que es un conjunto de programas no visibles al usuario final que se encargan de la privacidad, la integridad, la seguridad de los datos y la interacción con el sistema operativo (Oquendo, 2011). Por las características antes mencionadas y por ser de amplia utilización en la Universidad, se decidió utilizar este sistema.

## ***ProM 6.4***

La herramienta ProM de código abierto y distribuida gratuitamente, ha sido el estándar impuesto para la minería de procesos durante la última década. Permite el proceso de descubrimiento, la comprobación de la conformidad, análisis de redes sociales, la minería de organización, la minería de decisión. La herramienta requiere experiencia en minería de procesos y no está respaldada por una organización comercial. Por lo tanto, tiene las ventajas y desventajas comunes para el software de código abierto. (van der Aalst, 2011; van der Aalst, 2009)

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

## ***Motor de flujo jBPM***

jBPM (jBPM, 2016) es un motor de flujo de trabajo de código abierto escrito en Java que puede ejecutar los procesos de negocio que se describen en BPMN 2.0 (o su propio lenguaje de definición de procesos jPDL en versiones anteriores). Es un motor de flujo de información de las actividades de los procesos que, de forma estructurada y secuencial, registra las evidencias de las acciones y sucesos para ser guardadas en registros de eventos.

## **1.7 Conclusiones parciales**

Los principales conceptos asociados a la minería de procesos permitieron concluir que esta disciplina de investigación es la adecuada a seguir para el desarrollo de la propuesta de solución por los aportes que brinda al análisis de procesos. Los conceptos asociados a la variabilidad permitieron mostrar que la misma puede estar presente en cualquier proceso, y que depende de factores como el tiempo y la gestión de los recursos. La herramienta de detección de variabilidad utiliza técnicas de minería de procesos que contribuyen al análisis de variabilidad de procesos hospitalarios del sistema XAVIA HIS.

La descripción y comparación de los principales modelos de minería de procesos, permitió conocer cuáles modelos son los más usados en la minería de procesos, así como una selección de los más adecuados para ser utilizados en la propuesta de solución por las características y aportes individuales que los mismos brindan. Los conceptos y comparación de las diferentes formas de representación de un análisis, permitió concluir que el procedimiento es el que más se ajusta para representar una guía de análisis de variabilidad en los procesos hospitalarios. El ambiente de desarrollo, compuesto por lenguajes, tecnologías y herramientas, garantizan las condiciones necesarias para el desarrollo del procedimiento así como la funcionalidad propuesta dentro del mismo.

### **Capítulo 2: Propuesta de solución**

En este capítulo se propone un procedimiento estructurado en etapas y actividades, el cual guía la utilización de las técnicas de minería de procesos definidas en la herramienta para detectar variabilidad en procesos hospitalarios del sistema XAVIA HIS. Se fundamenta la utilización de cada etapa y actividades por las que están compuestas, así como los objetivos a cumplir en cada una.

#### **2.1 Características que distinguen a un procedimiento**

Las principales características de los procedimientos según (Melinkoff, 1990) son:

- No son de aplicación general, sino que su aplicación va a depender de cada situación en particular.
- Son de gran aplicación en los trabajos que se repiten, de manera que facilita la aplicación continua y sistemática.
- Son flexibles y elásticos, ya que pueden adaptarse a las exigencias de nuevas situaciones.

#### **2.2 Características del procedimiento de análisis de variabilidad**

El procedimiento para el análisis de variabilidad de los procesos hospitalarios del sistema XAVIA HIS generados con el motor de flujo jBPM, aplicando técnicas y modelos de minería de procesos, tiene como objetivo contribuir en el proceso de desarrollo de software del sistema XAVIA HIS a la mejora de la implementación de la gestión por procesos en las instituciones sanitarias. Está integrado por una guía compuesta por etapas y actividades que explican detalladamente los elementos necesarios a tener en cuenta para analizar variabilidad a través de información extraída e interpretada de registro de eventos. El procedimiento muestra según la aplicación de las técnicas de minería de proceso, factores como el tiempo, frecuencia de ejecución, desviaciones, eventualidades y cuellos de botella de cada actividad del proceso analizado. La inspección preliminar del registro de eventos mediante la funcionalidad propuesta dentro del procedimiento y los modelos obtenidos por las técnicas de minería de procesos, permiten reunir todos los elementos necesarios que permitan a los analistas y estadísticos de procesos hospitalarios, analizar la variabilidad presente en los mismos.

El procedimiento tiene como premisa ser aplicado en procesos de cualquier módulo que sean generados por el motor de flujo jBPM pertenecientes al sistema XAVIA HIS; el mismo garantiza el almacenamiento

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

de sus datos con las características necesarias para generar registros de eventos y poder hacer uso de minería de procesos. Además, para ejecutar el procedimiento es necesario integrar en una misma computadora las cinco técnicas de minería de procesos utilizadas en el procedimiento, así como una correcta conexión a la base de datos para extraer el registro de eventos del proceso a analizar, mediante la herramienta de extracción y transformación de trazas.

Los roles involucrados en la ejecución del procedimiento de análisis de variabilidad son los analistas y estadísticos de los procesos hospitalarios en los hospitales que tengan implementado el sistema XAVIA HIS. Los analistas están comprendidos por los funcionarios, administrativos, asesores de registros médicos y los jefes de servicios que están involucrados en la gestión hospitalaria.

### **2.3 Procedimiento para el análisis de variabilidad en la ejecución de los procesos hospitalarios del sistema XAVIA HIS, generados con el motor de flujo jBPM**

El procedimiento quedó estructurado en tres etapas: comprensión, preparación y modelación (Figura 8). Cada una de estas etapas está integrada por actividades que permiten dar respuesta a los objetivos de cada una y guían el análisis de variabilidad en el proceso.



**Figura 8.** Etapas del procedimiento de análisis de variabilidad. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describe cada una de las etapas y actividades que componen la estructura del procedimiento:

### 2.3.1 Etapa 1 – Comprensión

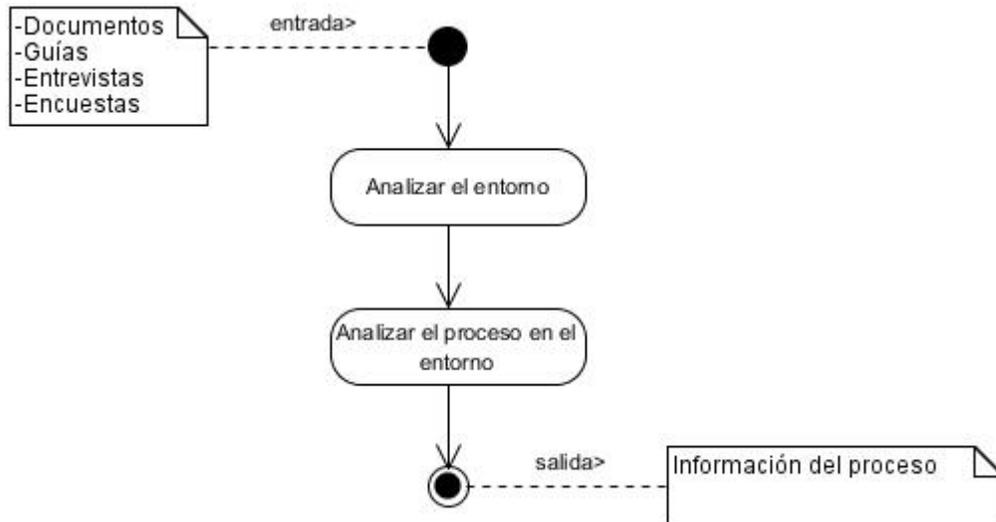


Figura 9. Etapa Comprensión. Fuente: Elaboración propia.

**Objetivo:** obtener información sobre el proceso seleccionado para facilitar su comprensión

**Entrada:** documentos, guías, entrevistas y encuestas

**Salida:** información del proceso

En esta etapa se procede a analizar los documentos, guías existentes en la institución, así como las entrevistas y encuestas realizadas al personal del hospital que posee conocimientos sobre los procesos del sistema. Este análisis incluye la revisión de los procesos, las actividades que estos contienen y los módulos que están involucrados. A continuación, se procede a analizar el proceso seleccionado, tomando como base la propuesta realizada por Jans (Jans, 2010) en su paso inicial. Jans plantea en su caso de estudio que para obtener buenos resultados en el proceso de minería es imprescindible realizar un análisis del proceso seleccionado en el que se obtienen sus datos relevantes como:

- Objetivo del proceso
- Actividades que contiene el proceso
- Modelo del proceso de negocio

### 2.3.2 Etapa 2 – Preparación

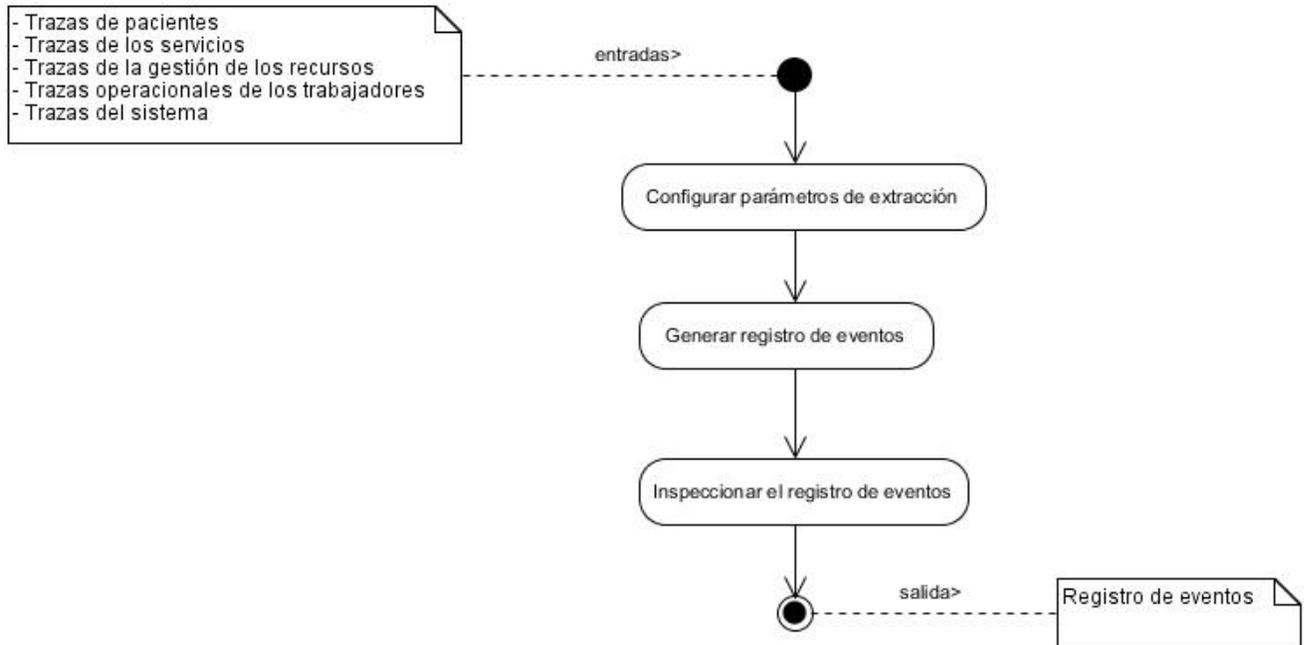


Figura 10: Etapa Preparación. Fuente: Elaboración propia.

**Objetivo:** preparar el registro de eventos para el posterior análisis de variabilidad de los procesos

**Entrada:** proceso seleccionado

**Salida:** registro de eventos del proceso seleccionado.

En esta etapa se procede a configurar los parámetros de la herramienta del sistema XAVIA HIS para la extracción del registro de eventos. Luego de configurar estos parámetros, la herramienta extrae el registro de eventos en un formato estándar. Este paso del procedimiento toma como base el modelo realizado por Rozinat (Rozinat et al., 2009) en su paso inicial, Rozinat plantea la necesidad de crear el registro de eventos y convertirlo a un formato estándar.

Según (van der Aalst et al., 2004; van Dongen et al., 2005) los requisitos mínimos que debe tener un registro de eventos son:

- Los eventos se corresponden con las actividades en el proceso de negocio.
- Todos los eventos están asociados con un caso particular.

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

- ❑ El orden temporal de las actividades debe ser representado (por ejemplo, mediante las marcas de tiempo).

Tras la extracción del registro de eventos se procede a su análisis usando la funcionalidad propuesta. El componente existente en el sistema XAVIA HIS para extraer el registro de eventos no cuenta con una funcionalidad para analizar las características de estos registros. Los autores de la presente investigación proponen la inclusión de una funcionalidad que permita visualizar dichas características que contribuyan al análisis inicial de los procesos.

### 2.3.3 Etapa 3 – Modelación

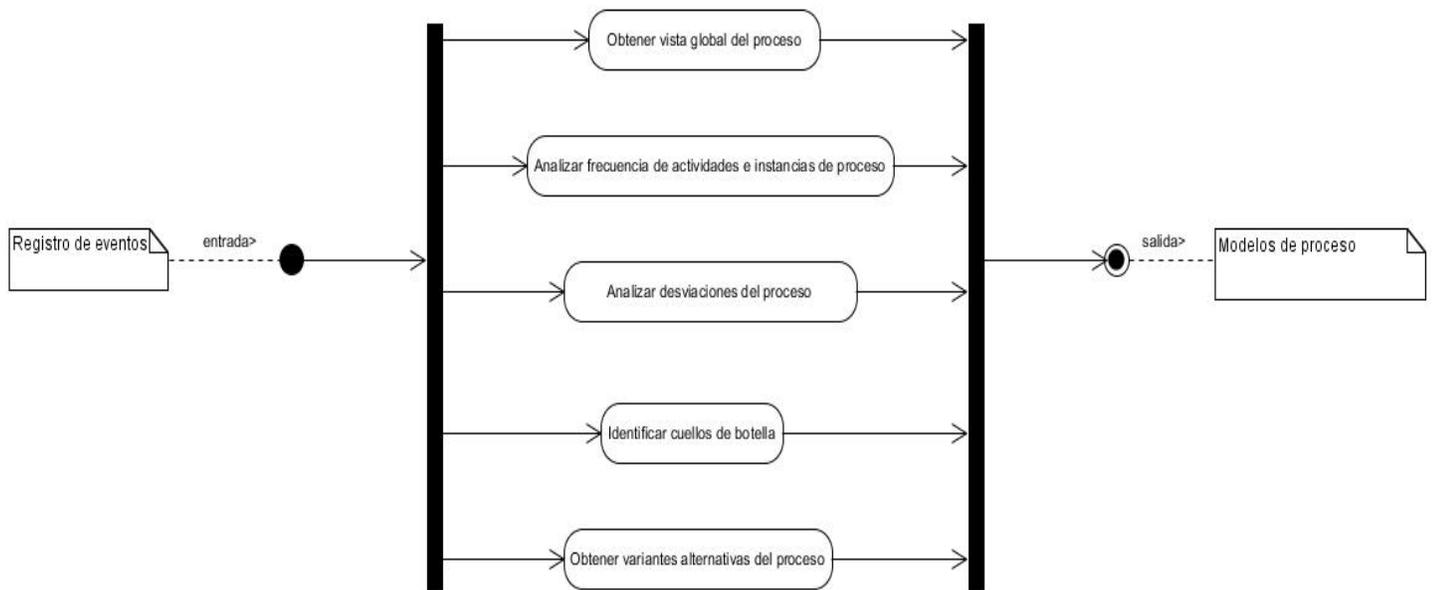


Figura 11. Etapa Modelación. Fuente: Elaboración propia.

**Objetivo:** modelar el proceso seleccionado mediante técnicas de minería de procesos, con el fin de analizar variabilidad en su ejecución.

**Entrada:** registro de eventos del proceso seleccionado

**Salidas:** modelos de proceso.

Para la aplicación de esta etapa se necesita la utilización de las siguientes técnicas de minería de proceso que permitirán obtener modelos con diferentes análisis del proceso seleccionado: *Heuristic Miner*, *Fuzzy*

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

---

*Miner, Inductive Visual Miner, Replay P/C, Variants Miner.*

Esta etapa está basada en el modelo realizado por Bozkaya (Bozkaya et al., 2009) en su fase 3, en esta fase del modelo se realiza un análisis del flujo de las actividades del proceso seleccionado. A continuación se propone la aplicación de técnicas de minería de proceso, se recomienda utilizarlas en el orden propuesto para obtener resultados satisfactorios.

*Heuristics Miner*

Se propone la utilización de esta técnica para obtener una vista global de la ejecución del proceso seleccionado. Esta técnica permite obtener varias representaciones:

**Medida de transición:** Mide el comportamiento de la relación entre las actividades.

- ✦ **Dependencia:** Define cuan certera es la relación entre dos actividades. El valor de esta dependencia se acota de 0-1, cuanto más próximo a 1 indica seguridad en la relación de dependencia entre las actividades conectadas.
- ✦ **Frecuencia:** Número de veces que se repite un evento en el sistema en un intervalo de tiempo determinado.

**Semántica:** El lenguaje a utilizar en la representación gráfica de los modelos de procesos.

- ❖ **Sin semántica:** Se representa el modelo de proceso en una red heurística, la cual muestra la frecuencia y dependencia entre las transiciones.
  - **Red heurística:** Los rectángulos son las tareas; los arcos indican la dependencia entre tareas. El número dentro de cada tarea indica la cantidad de veces que las tareas se llevan a cabo. El número de los arcos indica la frecuencia o dependencia entre las transiciones.
- ❖ **Con semántica:** Se representa el modelo mediante la notación BPMN, la cual proporciona diagramas de flujo detallados, con suficiente información como para poder analizar el proceso y simularlo.
  - **Notación BPMN:** El modelado en BPMN se realiza mediante diagramas muy simples con un conjunto muy pequeño de elementos gráficos. Con esto se busca que para los usuarios del negocio sea fácil entender el flujo y el proceso. Entre las categorías básicas del flujo de proceso se encuentran los elementos (Abreu et al., 2015).

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

### *Fuzzy Miner*

Fuzzy Miner (FM) es un plugin de la herramienta ProM con el fin de optimizar y mejorar los procesos a los que se les aplique, se basa en la técnica Minería Difusa. Este es un plugin que permite generar modelos de procesos basados en grafos, partiendo de un registro de eventos. Hace uso de técnicas para la extracción y agrupación de actividades con el objetivo de representar un proceso que sea comprensible por los analistas de procesos. En estos modelos se pueden visualizar dos tipos de nodos, los que representan una actividad y los que representan un conjunto de actividades, los cuales reciben el nombre de clústeres. Para la obtención de estos modelos, FM cuenta con un conjunto de métricas de configuración que enriquecen la forma de representar la información del registro de eventos en el modelo de proceso. (Günther et al., 2007)

### **Configuraciones de las métricas**

Existen tres tipos de mediciones (significado unario, binario y correlación) y cada una tiene métricas de configuración (Pereiras et al., 2015):

- ❑ **Métrica de Significado Unario:** comportamiento de las actividades en el registro de eventos.
  - Significado de frecuencia: está dado por la cantidad de veces que se repite una actividad con respecto a todas las demás en un registro de eventos. La métrica es normalizada, por tanto, la actividad que más se repite toma el valor de uno mientras que el valor de frecuencia de las demás es calculado a partir de ella.
  - Significado de enrutamiento: está dado por el balance que exista entre los arcos que entran a un nodo y los que salen de él. Mientras mayor sean las conexiones con otras actividades (mayor cantidad de arcos que entran y salen) será mayor significado de enrutamiento.
- ❑ **Métricas de Significado Binario:** comportamiento de las relaciones de precedencia (o aristas) entre nodos.

Al igual que en el significado unario, la métrica de frecuencia es la más importante en el significado binario.

- Significado de distancia: está dado por la relación que exista entre el significado de la actividad origen con el significado de la actividad objetivo. El valor que tome será el menor

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

valor de significado entre las dos actividades. Esta métrica es indispensable para aislar comportamientos de interés.

- ❑ **Métricas de Correlación Binaria:** mide que tan relacionado está una actividad de otra. La correlación binaria es la que maneja la decisión entre la agregación o la abstracción de los comportamientos menos significativos.

En la personalización del plugin Fuzzy Miner para el sistema XAVIA HIS, se necesita obtener toda la información posible a partir de los datos que se guardan, por tanto, se usan todas las métricas con sus valores por defecto con el objetivo de generar todas las actividades y sus relaciones para ir descartando del modelo las que representan ruido según el criterio del usuario. (Pereiras et al., 2015)

El objetivo final de Fuzzy Miner es crear una representación gráfica apropiada del proceso que se encuentra en el registro. La notación gráfica es bastante sencilla, los nodos cuadrados representan actividades. Los comportamientos correlacionados menos significativos se descartan, es decir, los nodos y arcos que entran en esta categoría se eliminan de la gráfica. Mientras que los grupos coherentes de comportamientos menos significativos y altamente correlacionados se representan de forma agregada en un clúster, quienes a su vez son representados como octágonos azules. (Pereiras et al., 2015)

### *Inductive visual Miner*

*Inductive visual Miner* (IvM) es un plugin de la herramienta ProM, que utiliza los registros de eventos para generar modelos de procesos en una notación inspirada en la BPMN. IvM posee la capacidad de animar en el modelo las instancias del proceso que se analiza, mostrando como se trasladan cada una de ellas a través de las actividades que lo componen. La animación que realiza IvM en el modelo de proceso permite visualizar a simple vista los cuellos de botella y las desviaciones que se puedan presentar en la ejecución del proceso que se modela. Permite visualizar también cuales son las actividades con menor y mayor frecuencia de ejecución. Además, IvM es un plugin cuyo funcionamiento se comporta con un carácter robusto ante el ruido, y tiene en cuenta la falta de información que pueda presentar el registro de eventos. (Larrea et al., 2015)

Flujo de información de la personalización del plugin IvM:

El sistema XAVIA HIS cuenta con un componente de extracción y transformación de trazas de procesos. Este componente se encarga de conectarse a la base de datos, extraer la información de la ejecución de

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

las actividades del sistema XAVIA HIS y con esta información, generar el registro de eventos, el cual es el punto de entrada de la personalización del plugin IvM. Para ello, inicialmente debe definirse el proceso que se desea analizar, la fecha de inicio y la fecha de fin y el tipo de análisis que se le desea realizar al proceso. En este caso *Eventualidades*, esto se realiza en el área de entrada de los datos necesarios para el modelado. Luego de definirse estos datos se procede a generar el modelo. (Larrea et al., 2015)

El modelo de proceso podrá visualizarse en el área en la que se muestran los modelos. Una vez que se genere, se puede apreciar encima del mismo tres opciones, las cuales hacen referencia al modelo de proceso que se desee analizar. La primera opción se nombra *Caminos* y es la que inicialmente se encuentra seleccionada. Esta opción es la que permite generar el modelo conteniendo solo las actividades y los caminos que componen el proceso. La segunda opción nombrada *Desviaciones* es la que permite generar el modelo con las desviaciones que pueda presentar el proceso y las actividades que componen el mismo. La tercera opción se nombra *Ambos*, esta permite visualizar en el modelo la combinación de las otras dos opciones. (Larrea et al., 2015)

La animación del modelo consiste en el traslado de cada una de las instancias del proceso por el camino que une las actividades que componen la ejecución de las mismas. Estas toman forma de elipses y se representan en color amarillo, rojo o verde. Las elipses color amarillo son aquellas instancias cuyo tiempo de ejecución no se desvía mucho con respecto al tiempo medio de ejecución. Mientras que las elipses de color verde, representan a las instancias que se ejecutan con una velocidad alta; y las elipses de color rojo denotan a las instancias que se ejecutan con una velocidad baja, con respecto al tiempo medio de ejecución de todas las instancias del proceso. (Larrea et al., 2015)

Las actividades más frecuentes del proceso pueden ser visualizadas con mayor facilidad debido a que las mismas se resaltan en color azul fuerte, mientras que las menos frecuentes toman color azul claro. Las desviaciones pueden ser observadas mediante líneas rojas discontinuas. Los cuellos de botella pueden apreciarse a partir del movimiento que realizan las elipses, lo cual se puede apreciar cuando se acumulen en una sola actividad y se trasladen hacia otra con una velocidad por debajo a la que entraron a la actividad anterior. Si se desea visualizar una actividad con más detalle, el modelo de proceso se puede ampliar en el área de la actividad que se desee detallar. (Larrea et al., 2015)

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

### *Replay P/C*

"*Replay a log on Petri Net for Performance/Conformance*" (Perdomo et al., 2015) es una técnica de chequeo de rendimiento y conformidad que posibilita identificar las desviaciones en el tiempo de cumplimiento de los diferentes procesos. Está directamente relacionada con el análisis temporal. Además, mediante una escala de colores intuitiva, clasifica las actividades por colores según su desviación con respecto al tiempo medio de estancia de las transiciones. Entre las características que definen esta técnica se encuentran:

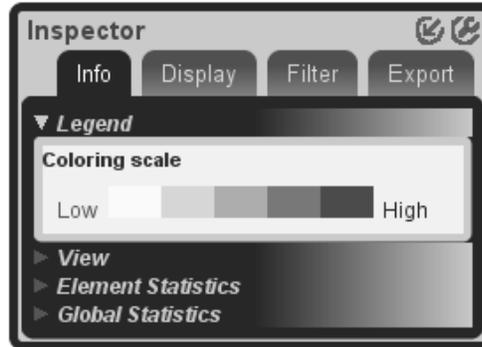
- ❖ Detectar problemas.
- ❖ Extraer información de tiempo.
- ❖ Diagnosticar, predecir y recomendar.
- ❖ Generar modelo integrado mostrando los tiempos, frecuencias, etc.
- ❖ Detectar cuellos de botella.

Los cuellos de botella son las actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad, trayendo como consecuencia final el aumento en los costos. Una restricción o cuello de botella en los procesos sanitarios se presenta cuando una actividad de proceso tiene una capacidad de respuesta inferior a la cantidad de entradas que recibe, debido a ineficiente gestión de los recursos o insuficiente personal sanitario. (Larrea et al., 2015)

La salida de esta técnica es crear un modelo de proceso integrado. Para registrar una eficiente interpretación de los resultados se debe conocer primeramente cada uno de los atributos que conforman este modelo. Al analizar las transiciones, esta técnica establece que mientras más oscura y gruesa sea la transición, mayor cantidad de veces se han ejecutado las actividades que representan el flujo. Esta representación permite en algunos casos definir a simple vista cuál es el flujo de actividades que más se ejecuta en el proceso del sistema bajo análisis. (Perdomo et al., 2015)

Por otro lado, al analizar los nodos y revisar en la leyenda de técnica la escala de colores se puede identificar a simple vista que actividades son las más críticas y cuales funcionan correctamente.

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN



**Figura 12.** Escala de colores de la técnica "Replay a Registro on Petri net for Performance/Conformance (Replay P/C)"

Fuente: (Perdomo et al., 2015)

Se define como actividad crítica, aquella que sobrepasa el tiempo estimado de respuesta entre una actividad y otra. Este tiempo puede ser definido por el cliente o estimado por la técnica, teniendo en cuenta un estudio basado en el comportamiento de todas las ejecuciones anteriores de los flujos de actividades similares al que se encuentre bajo análisis. (Perdomo et al., 2015)

### *Variants Miner*

El componente aplicando la perspectiva temporal Minería de procesos (Valladares et al., 2015) se desarrolla con el objetivo de obtener las métricas para el análisis de procesos aplicando la perspectiva temporal, dichas métricas son: la duración mínima, media, máxima y total de cada una de las actividades del proceso que se está analizando.

**Duración total:** se refiere a la suma de todos los tiempos de duración de las instancias de cada actividad de un proceso.

**Duración media:** es el tiempo promedio en que se ejecutan las actividades de un proceso.

**Duración mínima:** del total de apariciones, la menor duración registrada de la actividad.

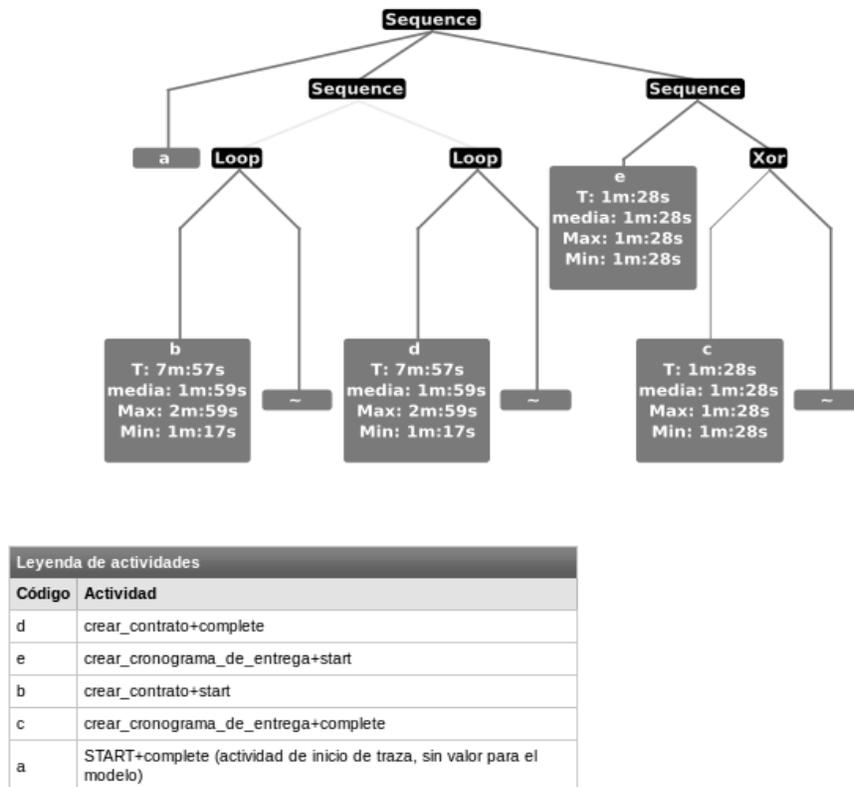
**Duración máxima:** del total de apariciones, la mayor duración registrada de la actividad.

Este componente tiene como entrada el registro de eventos del módulo que se vaya a analizar. El registro recopila 3 ejecuciones (instancias) del proceso que se esté analizando entre fechas determinadas. Luego de esto es generado un modelo en donde se pueden observar las actividades y un total de ocurrencias. A

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

continuación, se muestra un ejemplo de un modelo generado al proceso Procesar Solicitudes, del módulo Almacén del sistema XAVIA HIS:

### Perspectiva Temporal



**Figura 13.** Modelo del proceso Procesar Solicitudes

Fuente: (Valladares et al., 2015)

El primer nivel de abstracción del árbol lo constituye el patrón de control de flujo Secuencia, seguidamente se realiza el análisis de los subprocessos identificados correspondientes al segundo nivel de abstracción. Los nodos hojas del árbol de variantes representan las actividades que se ejecutan en el proceso, además cada nodo muestra las métricas para el análisis de procesos aplicando la perspectiva temporal, las cuales son duración total, media, máxima y mínima. Las métricas aparecen en el formato D HH: mm: ss., d representa la cantidad de días, h las horas, m los minutos y s los segundos de ejecución de cada actividad. (Valladares et al., 2015)

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

---

Al existir alguna duda en los análisis realizados en la **Etapa 3** se procede a aplicar el procedimiento comenzando en la **Etapa 2** con el fin de modelar con otra técnica para reforzar el criterio de decisión sobre el proceso seleccionado según los criterios de las técnicas de minería de procesos utilizadas vistas en la **Tabla 4** mostrada en el **Capítulo 1**.

### **2.4 Conclusiones parciales**

Los elementos propuestos por Jans en su caso de estudio, permitieron establecer en la segunda actividad de la Etapa 1, los parámetros necesarios para obtener información del proceso analizado. El planteamiento de Rozinat en su modelo, con respecto a la necesidad de crear el registro de eventos y llevarlo a un formato estándar, permitió estructurar la Etapa 2 de extracción e inspección del registro de eventos del proceso analizado. En la Etapa 3 se estableció el uso de 5 técnicas de minería de procesos que permiten observar el comportamiento de los procesos que se analicen, la misma fue guiada por la tercera fase del modelo de Bozkaya, permitiendo establecer una estructura adecuada para el análisis del flujo de las actividades en el proceso analizado.

### Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

En este capítulo se realiza la validación del procedimiento para el análisis de variabilidad a través del caso de estudio y la técnica IADOV para obtener un índice de satisfacción grupal. La validación se desarrolló con uno de los procesos hospitalarios seleccionados del sistema XAVIA HIS, generados con el motor de flujo jBPM.

#### 3.1 Caso de estudio

Se utilizó el caso de estudio con el objetivo de validar del procedimiento de análisis de variabilidad propuesto en la investigación, a partir de la selección del proceso Solicitar Productos. El caso de estudio fue aplicado en el laboratorio 204 donde se encuentran computadoras con las condiciones necesarias para desarrollar la propuesta de solución. Se definió la variable tiempo para medir los resultados del procedimiento y comparar su resultado con el tiempo obtenido por los métodos tradicionales de análisis a través de una entrevista.

##### 3.1.1 Recursos y condiciones previas para aplicar el procedimiento

El procedimiento fue ejecutado por los autores del mismo, para esto fue necesario contar con una PC que reuniera las siguientes condiciones:

- ✓ Integración de las técnicas *Huristics Miner*, *Fuzzy Miner*, *Replace P/C*, *Inductive Visual Miner*, *Variant Miner*.
- ✓ La PC debe contar con más de 2Gb de RAM para el correcto funcionamiento de las técnicas y la funcionalidad desarrollada.

##### 3.1.2 Aplicación del procedimiento para el análisis de variabilidad

A continuación se procede a la aplicación del procedimiento propuesto al proceso Solicitar Productos:

###### 3.1.2.1 Etapa 1 - Comprensión

Para desarrollar esta etapa es necesario la comprensión del funcionamiento del proceso seleccionado, para eso se obtiene información relevante que permita entender con qué cuenta el sistema, luego se describe el proceso que se somete al análisis de variabilidad con los parámetros propuestos por Jans en su caso de estudio y finalmente se obtiene el modelo de proceso de negocio.

El sistema XAVIA HIS provee la informatización de los procesos fundamentales de la capa clínica del nivel secundario de atención médica y está orientado a satisfacer las necesidades de almacenamiento,

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

procesamiento, recopilación e interpretación de los datos médico-administrativos generados. Está compuesto por diversos módulos que responden a los procesos de admisión, bloque quirúrgico, enfermería, emergencias, entre otros.

La base de datos del sistema está compuesta por tablas que responden a cada uno de los procesos o relaciones que ocurren en el sistema y tiene como objetivo registrar las acciones del usuario en cada sesión. El registro de trazas está compuesto por cuatro tablas, en ellas se guarda información sobre la actividad de los usuarios durante su intercambio con el sistema. El sistema XAVIA HIS ejecuta seis procesos con el motor de flujo jBPM que pertenecen a los módulos:

**Hospitalización:** Contiene todas las actividades que realiza el médico en las distintas áreas del hospital partiendo del ingreso de un paciente. Contiene cuatro procesos que básicamente tratan como se efectúa la hospitalización de un paciente, transferencia, dar baja de ingreso y consultar censo diario de hospitalización.

**Almacén:** Este módulo contiene un gran número de todos los procesos que se efectúan en el almacén, desde atender una solicitud de un producto, devoluciones, inventarios físicos, hasta dar baja a un producto del almacén. Los actores involucrados son en su mayoría el almacenero y jefe del almacén.

El motor jBPM garantiza el almacenamiento de sus datos con las características necesarias para generar registros de eventos presentados. A continuación se presenta en la Tabla 5 los procesos actuales que tiene el sistema, generados con este motor y sus actividades correspondientes.

**Tabla 5:** Procesos del sistema XAVIA HIS ejecutados con el motor de flujo jBPM. Fuente: Elaboración propia.

Procesos	Actividades
<b>1- Atender paciente</b>	Localizar Historia Clínica; elaborar evolución médica; elaborar hoja de Hospitalización; consultar Historia Clínica; localizar exámenes realizados de laboratorio; localizar exámenes realizados de biopsia, citología o citología ginecológica; localizar resultados de Banco de Sangre; registrar resultados; realizar solicitud de biopsia, citología o citología ginecológica; realizar solicitud de exámenes de laboratorio; realizar solicitud de estudios imagenológicos y radiológicos; realizar solicitud de intervención quirúrgica; realizar

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

	solicitud de Banco de Sangre; realizar solicitud de interconsulta; realizar informe de reposo; registrar signos vitales; determinar estado del paciente; realizar orden médica.
<b>2- Transferencia hospitalaria</b>	Realizar orden de transferencia; consultar transferencia realizada.
<b>3-Desincorporar producto</b>	Seleccionar producto; registrar desincorporación; crear acta de desincorporación.
<b>4- Solicitar productos</b>	Ver detalle de solicitud de licitación; ver detalle de solicitud de almacén; ver detalle de solicitud de bloque quirúrgico; aceptar niveles; autorizar despacho; despacho a bloque quirúrgico; modificar pedido; modificar solicitud de licitación.
<b>5-Distribuir producto</b>	Autorizar despacho.
<b>6-Procesar solicitudes</b>	Consultar solicitud; Aceptar solicitud; Crear orden de compra; Aceptar nivel primario; Asignar nivel; Aceptar nivel; Registrar petición de oferta; Registrar oferta; Emitir evaluación técnica; Procesar oferta; Rechazar oferta; Modificar oferta; Aceptar oferta; Crea contrato; Crea cronograma de entrega

Entre los seis procesos fue seleccionado el proceso Solicitar Productos para la validación del procedimiento, para su selección se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Se encuentra ejecutado con el motor de flujo jBPM.
- ✓ Es representativo en la bitácora por ser el proceso que más alto número de instancias posee.

A continuación se realizan los análisis con los parámetros definidos en la propuesta de solución de la presente investigación:

- Objetivo: solicita un producto al almacén.
- Modelo de proceso de negocio (Figura 14)

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

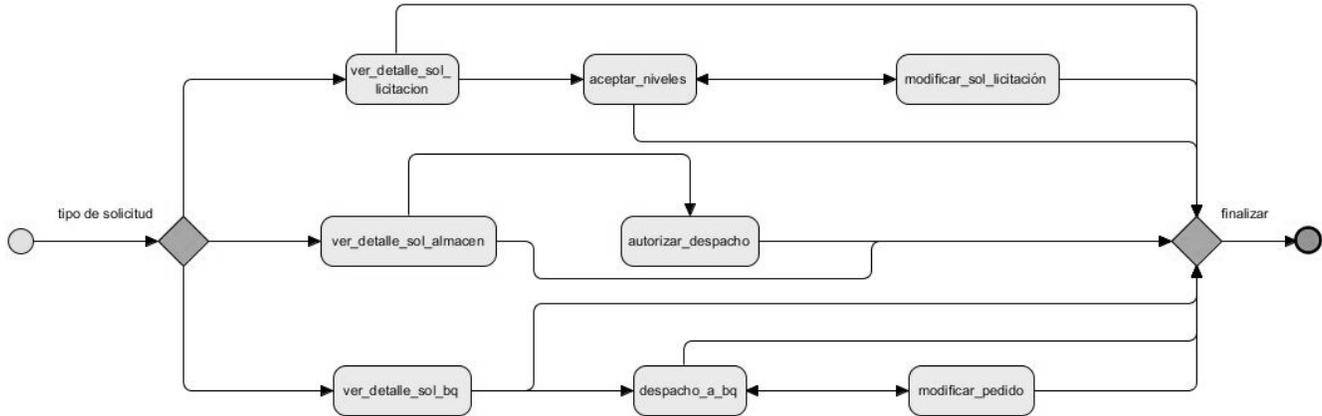


Figura 14. Modelo de proceso de negocio Proceso Solicitar Productos. Fuente: (Perdomo et al., 2015)

### 3.1.2.2 Etapa 2 – Preparación

Para la realización de esta etapa del procedimiento se procede a la extracción del registro de eventos mediante la herramienta de extracción y transformación de trazas que posee el sistema XAVIA HIS, luego se realiza una inspección del mismo mediante la funcionalidad realizada para obtener elementos que contribuyan al análisis de variabilidad del proceso seleccionado.

Se procede a extraer el registro de eventos perteneciente al proceso seleccionado. Para realizar la extracción del mismo se selecciona el proceso y se establece un rango de fechas en el cual estará comprendido el registro de eventos y se debe seleccionar el tipo de análisis propuesto y presionar en el botón *Generar* como se observa en la **Figura 15**.

Parámetros de entrada		
Seleccionar proceso:	Desde:	Hasta:
proceso solicitar productos	2010-01-01	2016-01-01
Seleccionar tipo de análisis:		
Heuristic Miner		
[ Generar ] [ Cancelar ]		

Figura 15. Configuración para extraer el registro de eventos en el sistema XAVIA HIS. Fuente: Elaboración propia

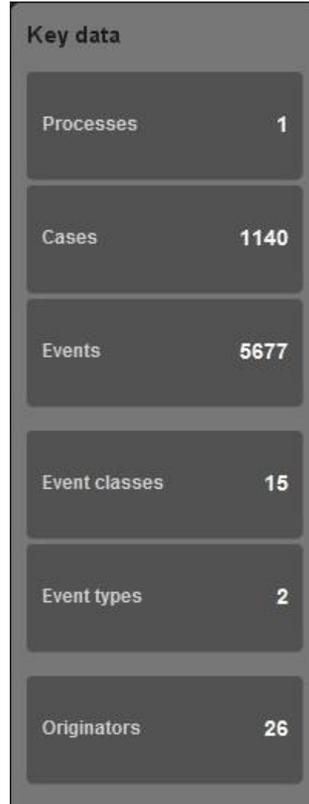
Luego de extraído el registro de eventos del proceso, se procede a realizar una inspección del mismo.

Características del registro de eventos				
Cantidad de eventos:	Originadores:	Clases de eventos:	Casos:	Tipo de eventos:
1140	26	8	5677	2

Figura 16. Características del registro de eventos. Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

---



**Figura 17.** Log Inspector de la herramienta ProM. Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos con la funcionalidad propuesta coinciden con los resultados obtenidos con la herramienta ProM como se observa en la Figura 17 excepto los parámetros Clases de eventos (Event classes) y Processes este último no se tiene en cuenta debido a que la herramienta del sistema XAVIA HIS analiza un solo proceso a la vez. El parámetro Clases de eventos en la herramienta ProM muestra la cantidad de actividades que el proceso contiene incluyendo las actividades artificiales generadas por el componente para la extracción del registro de eventos (start inicial, start y complete de cada actividad), mientras que en la funcionalidad propuesta no se tienen en cuenta las actividades artificiales solamente la actividad artificial Start que da comienzo al proceso, obteniendo de esta forma la cantidad de actividades que posee el proceso en el sistema.

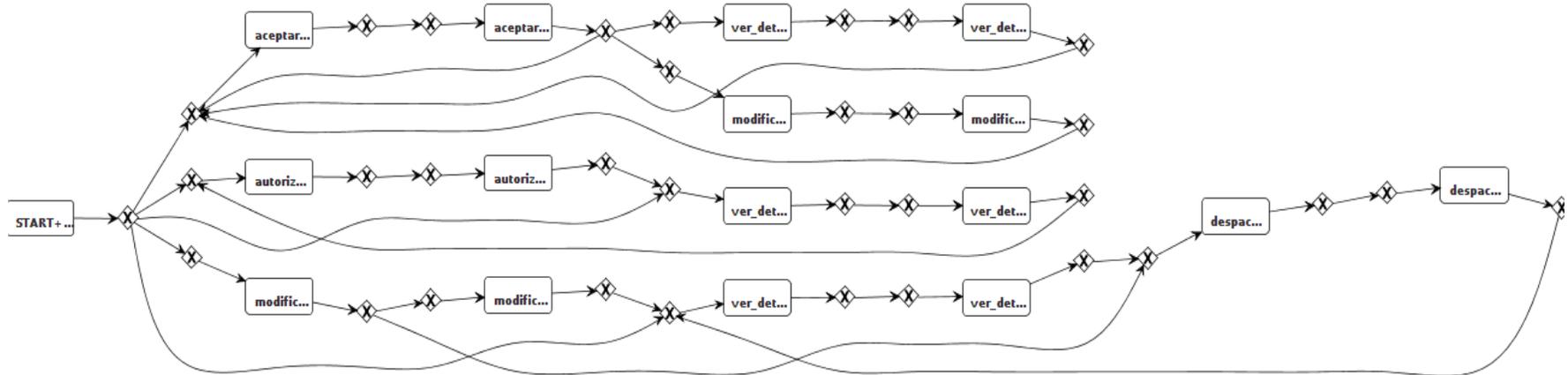
El proceso Solicitar Productos como se observa en la Figura 16 presenta una gran cantidad de eventos 1140 específicamente lo que significa que es un proceso muy utilizado por la cantidad de instancias que este presenta en el registro de eventos, además de presentar 8 actividades reales, 26 usuarios diferentes que interactúan con el mismo, 5677 instancias de actividades ejecutadas en el proceso y 2 clases de eventos.

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

### 3.1.2.3 Etapa 3 – Modelación

Tras haber obtenido e inspeccionado el registro de eventos se procede a aplicarle las técnicas de minería de proceso propuesta en la investigación.

*Heuristic Miner*



**Figura 18.** Modelo del proceso Solicitar Productos obtenido del componente *Heuristic Miner*. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18 se observa el modelo generado por el componente *Heuristic Miner* en el cual se puede apreciar las diversas actividades que contiene el proceso *Solicitar Productos* además de los posibles caminos que se pueden tomar en dicho proceso.

En el modelo se evidencia irregularidades con respecto al proceso de negocio (Figura 14). Por ejemplo, la actividad “Autorizar despacho”, debe estar representada como una tarea final del proceso, sin embargo en el modelo aparece como un nodo intermedio, además aparecen relaciones que no están definidas en el proceso de negocio como; las actividades “Modificar pedido” y “Ver detalle de solicitud” al igual que las actividades “Aceptar niveles” y “Ver detalle de solicitud”.

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Fuzzy Miner

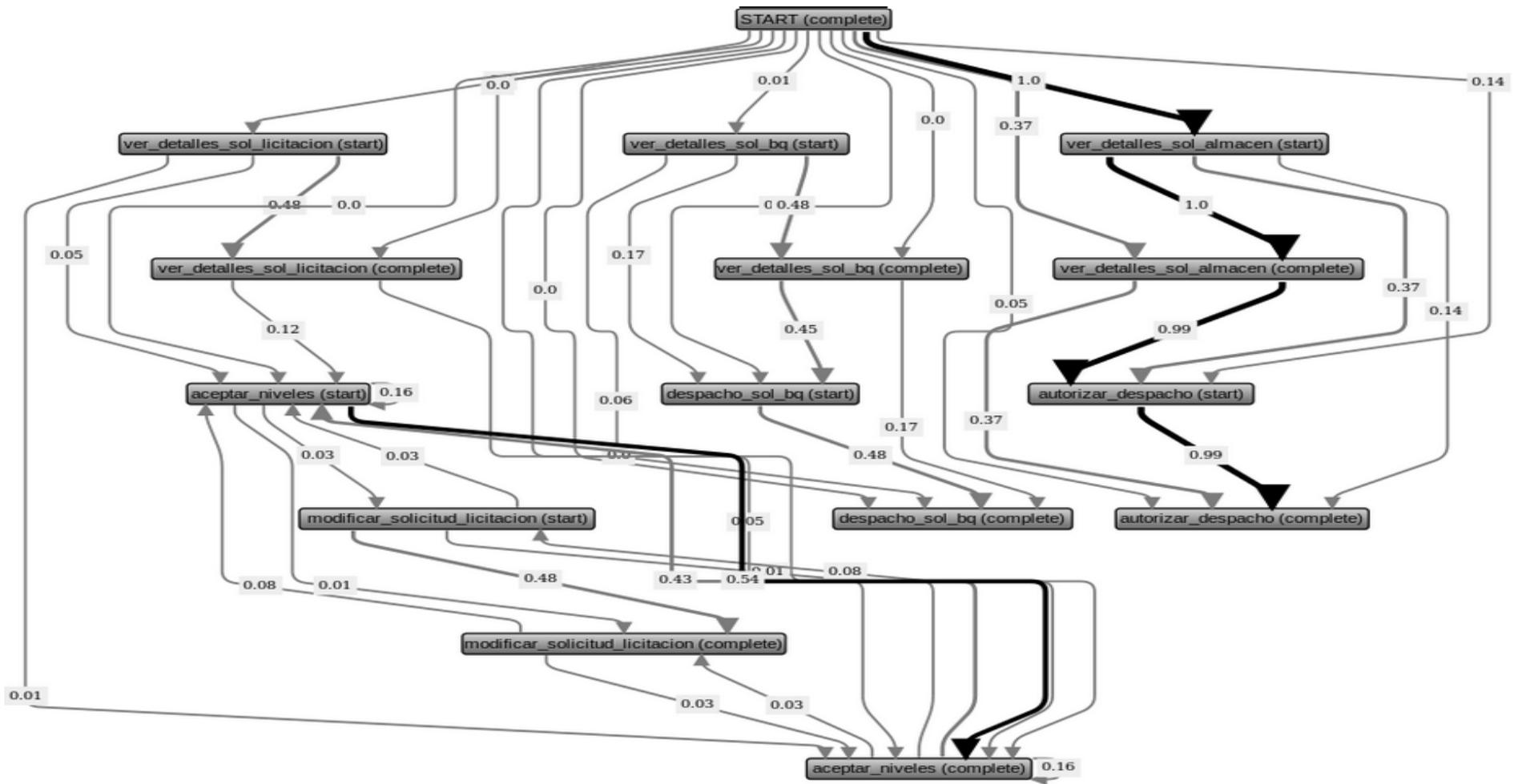
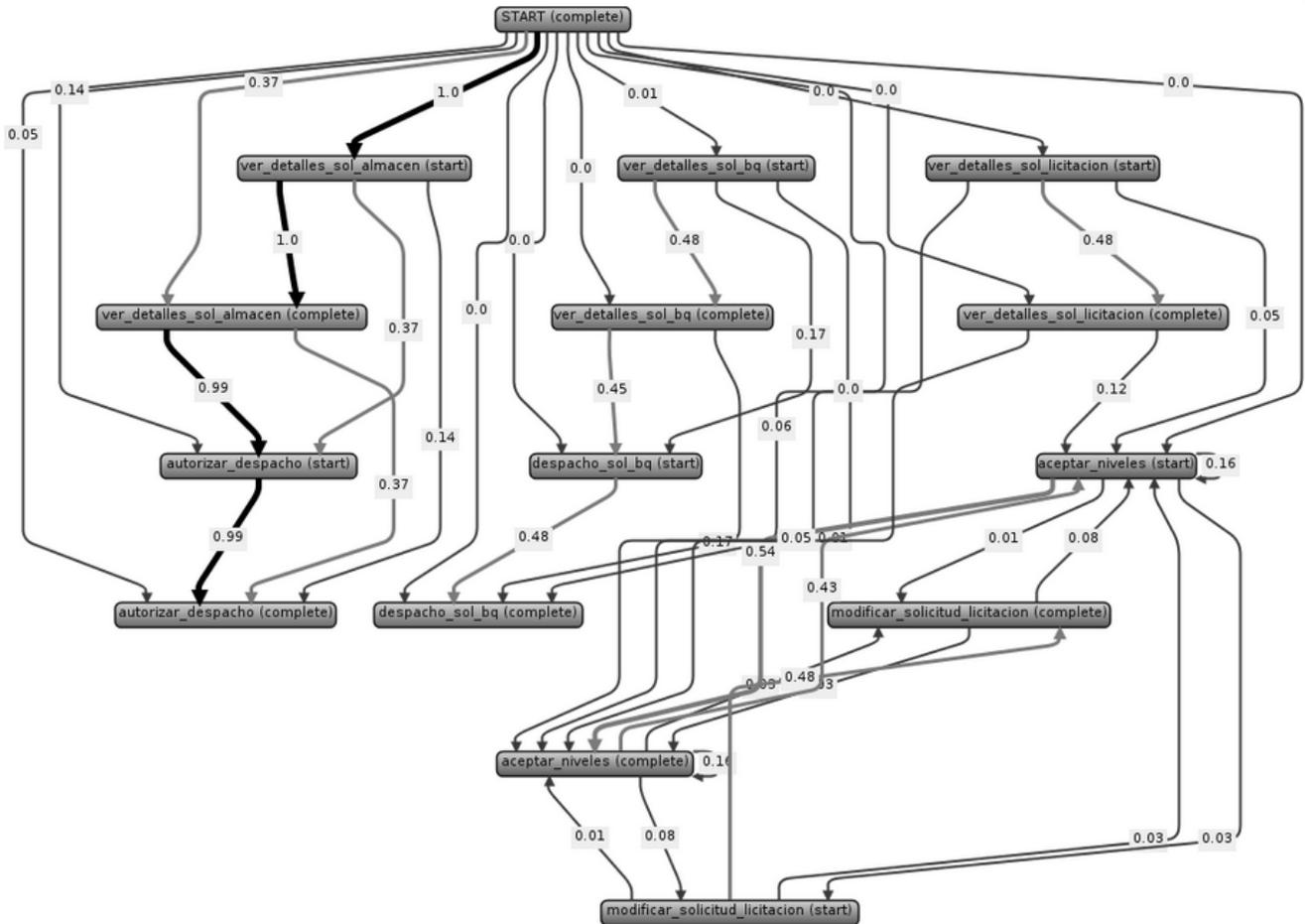


Figura 19. Modelo del proceso Solicitar Productos obtenido del componente *Fuzzy Miner*. Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

En la Figura 19 se muestra la frecuencia de ejecución de las actividades que conforman el proceso Solicitar Productos. Para medir la importancia de las actividades se establece como valor del filtro “Frecuencia de actividades” 30 por ciento (Epígrafe 1.4.1).



**Figura 20.** Interfaz de actividades con frecuencia menor a 30 por ciento. Fuente: Elaboración propia

En un análisis manual se detectan como actividades con frecuencia por debajo a este valor el evento aceptar\_niveles (complete):0.06, aceptar\_niveles (start):0.06, ver\_detalle\_sol\_bq (start):0.01; ver\_detalle\_sol\_licitacion (start):0, modificar\_solicitud\_licitacion (start):0.06, modificar\_solicitud\_licitacion (complete):0.17 estas deben ser las actividades que se visualicen en color rojo en el modelo (Figura 20).



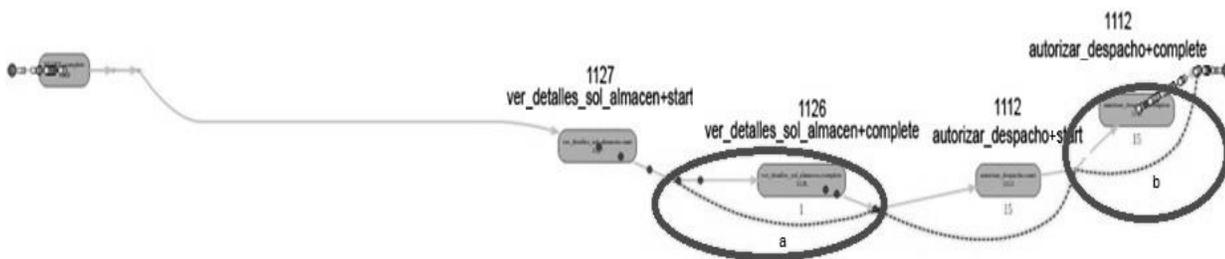
## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Para detectar las desviaciones en el proceso *Solicitar Productos* se modeló con la técnica *Inductive visual Miner* en un rango de fechas del 01/01/2010 al 01/01/2016, como se observa en la **Figura 21**.



**Figura 22.** Camino más frecuente del proceso *Solicitar Productos*. Fuente: Elaboración propia

El camino más frecuente (**Figura 22**) es [*ver detalles\_sol\_almacen - autorizar despacho*], específicamente 1127 instancias entran por ese camino y 1112 se trasladan hacia el final del mismo, se puede identificar el camino más transitado por el color azul que toman las actividades que lo conforman.



**Figura 23.** Movimiento en el modelo, desviación del proceso *Solicitar Productos* (camino *ver detalles\_sol\_almacen-autorizar despacho*)

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 23, el camino compuesto por las actividades *ver detalles\_sol\_almacen* y *autorizar despacho* sufre dos desviaciones. La desviación a) ocurre debido a que la actividad *ver detalles\_sol\_almacen* en una ocasión se comenzó, pero no se completó. Mientras que la desviación b) ocurre debido a que la actividad *autorizar despacho* se ejecutó 1112 ocasiones, cuando debió haberse ejecutado 1127 veces, existiendo 15 instancias que no contienen esta actividad. Estas instancias debían haberse trasladado por esta actividad, pero se desvían trasladándose directamente hacia el final del camino.

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA



**Figura 24.** Movimiento en el modelo, desviación del proceso *Solicitar Productos*. Fuente: Elaboración propia

Otro de los caminos que sufre desviación es el que está compuesto por las actividades *ver\_detalle\_sol\_bq* y *despacho\_sol\_bq*. Como se observa en la Figura 24, existe una instancia de procesos que en su ejecución no está registrada la actividad *despacho\_sol\_bq*, lo que significa que esta actividad se ejecutó solo nueve veces de diez que debió haberse ejecutado.

El análisis de las desviaciones del proceso *Solicitar Productos* se demuestra que el camino que más desviaciones sufre es [ver\_detalle\_sol\_almacen-autorizar\_despacho]. En la Tabla 6 se puede apreciar el número de desviaciones por cada camino.

Camino	Instancias desviadas	Total de instancias
[ver_detalle_sol_almacen-autorizar_despacho]	15	1127
[ver_detalle_sol_bq-despacho_sol_bq]	1	10
[ver_detalle_sol_licitacion-modificar_solicitud_licitacion-aceptar_niveles]	0	3

**Tabla 6.** Caminos del proceso *Solicitar Productos* con el número de desviaciones correspondientes

Fuente: Elaboración propia

### Replay P/C

En la Figura 25 se observa la posibilidad de que exista cuellos de botella en la actividad *autorizar\_despacho* con un tiempo de espera máximo de 2 segundos, esta decisión se puede reforzar si se analiza el modelo generado por el componente *Inductive visual Miner* (Figura 25) y se comprueba la desviación de 15 instancias debido a un posible cuello de botella en la actividad *autorizar\_despacho*.

## CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

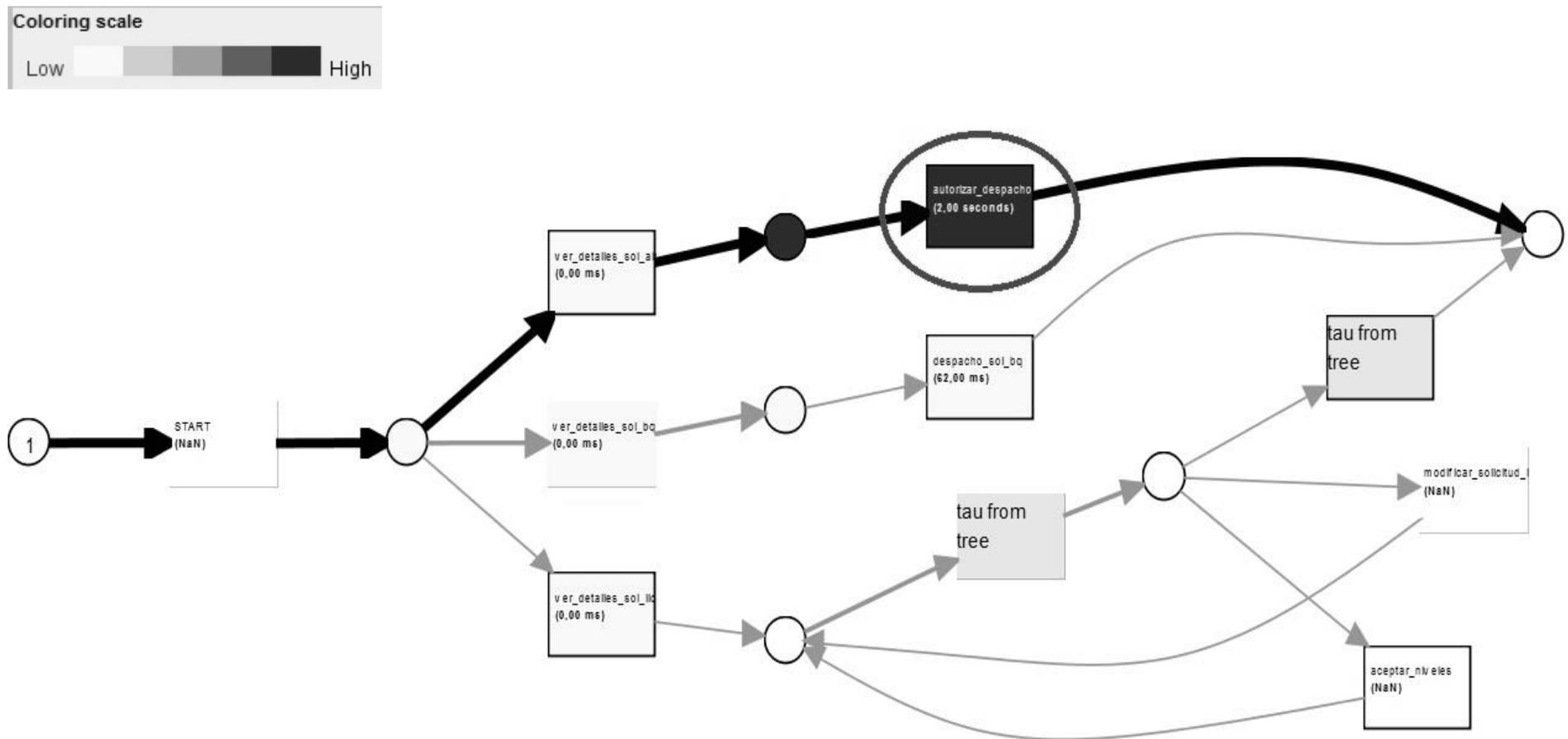
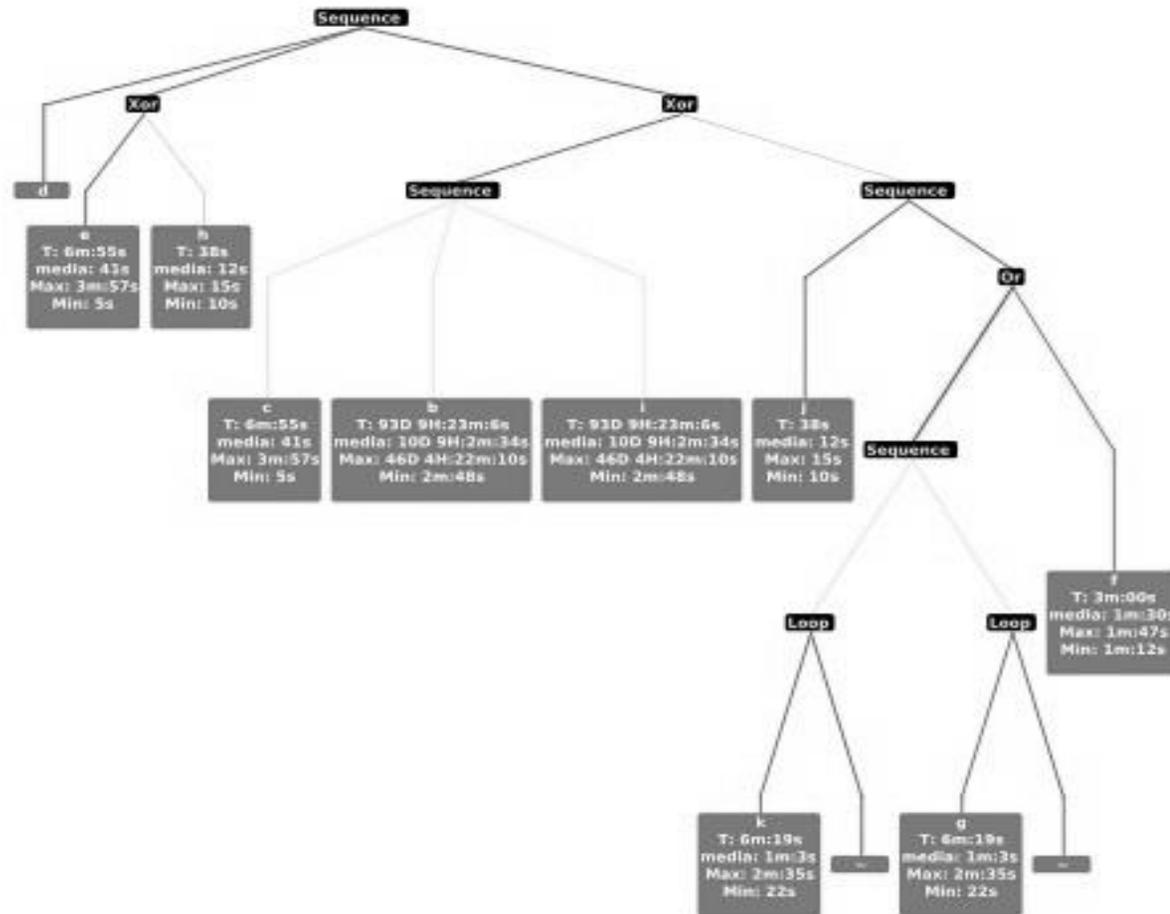


Figura 25. Modelo del proceso Solicitar Productos obtenido del componente *Replay P/C*. Fuente: Elaboración propia

## Perspectiva Temporal



Leyenda de actividades		
Código	Actividad	Frecuencia
f	modificar_solicitud_licitacion+complete	2
g	aceptar_niveles+complete	6
d	START+complete (actividad de inicio de traza, sin valor para el modelo)	13
e	ver_detalle_sol_bq+start	10
b	despacho_sol_bq+start	9
c	ver_detalle_sol_bq+complete	10
a	modificar_solicitud_licitacion+start	2
j	ver_detalle_sol_licitacion+complete	3
k	aceptar_niveles+start	6
h	ver_detalle_sol_licitacion+start	3
i	despacho_sol_bq+complete	9

## PATRONES

- SEQUENCE (Secuencia)
- XOR (Selección Exclusiva)
- OR (Selección No Exclusiva)
- PARALLELISM (Paralelismo)
- LOOP (Lazo)

**Figura 26.** Modelo del proceso Solicitar Productos obtenido del componente *Variants Miner*. Fuente: Elaboración propia

Mediante el modelo observado en la Figura 26 se puede identificar que la actividad `despacho_sol_bq` es de gran importancia para el proceso debido al tiempo total de ejecución que la misma posee: 93 días 9 horas 23 minutos y 6 segundos siendo la actividad de más duración en el proceso.

### 3.1.2 Comparación del tiempo de análisis de variabilidad a través de los diferentes métodos

Para analizar variabilidad se cuenta hasta la actualidad con los métodos tradicionales de análisis de procesos vistos en la introducción de la investigación. Con el propósito de demostrar que el procedimiento desarrollado brinda una mayor efectividad que los métodos tradicionales de análisis con respecto al tiempo, se obtuvieron datos reales del tiempo estimado que demora el análisis de variabilidad del proceso seleccionado para la validación, por los métodos tradicionales de análisis a través de una entrevista no estructurada. La entrevista se le aplicó a la analista del CESIM, Kenia Fernández Parra, por ser la persona que más dominio presenta sobre el funcionamiento de los procesos del HIS generados con el motor de flujo jBPM que se desplegaron en hospitales de Venezuela, para los cuales en su trabajo, realizó muchas veces análisis de variabilidad por los métodos tradicionales y conoce el tiempo de análisis que demoró cada uno de estos procesos.

### 3.1.2.3 Entrevista

#### Datos de la entrevista realizada:

Tipo de entrevista: entrevista a profundidad.

Objetivo: conocer el tiempo de demora del análisis de variabilidad en el proceso Solicitar Productos, por los métodos existentes (reuniones, entrevistas, remisiones a textos).

Fecha de la entrevista: 29 de abril del 2016

Persona entrevistada: Ingeniera Kenia Fernández Parra

Categoría de la persona entrevistada: metodóloga y analista del CESIM.

Lugar de la entrevista: Universidad de las Ciencias Informáticas, Centro de Informática Médica, departamento de subdirección.

#### Información obtenida de la entrevista:

Tras un largo diálogo con la metodóloga Kenia Fernández sobre su trabajo desarrollado con los procesos hospitalarios en Venezuela, se obtuvo la siguiente información:

- Analizar los procesos hospitalarios de forma general para comprender como funcionan, requiere de mucho tiempo, es muy trabajoso obtener toda la información relevante, para de ahí definir su funcionamiento y llevarlo al sistema XAVIA HIS.
- Para obtener la información de la ejecución real de los procesos y de ahí poder analizar variabilidad, desarrolló los métodos: observación, reuniones y revisiones en las aplicaciones de las actividades ejecutadas de cada proceso. Ejecutar estos métodos tomaba tiempo que dependía de la complejidad de cada proceso, el proceso de mayor complejidad podía llegar a extenderse a 4 meses.
- El proceso *Solicitar Productos*, estuvo dentro de los procesos analizados; se le detectaron irregularidades en su ejecución real, por lo que según la entrevistada, requirió aproximadamente de dos meses para analizarle variabilidad en sus actividades. Como los analistas de los procesos no cuentan con técnicas o aplicaciones que permitan mostrar cómo se comportan las actividades de los procesos, existía mucha demora para analizar elementos como los cuellos de botellas o las desviaciones.

### **3.1.2.4 Comparación de ambos tiempos de demora de los métodos de análisis de variabilidad**

Se estima que la aplicación del procedimiento propuesto para analizar variabilidad en el proceso *Solicitar Productos* tenga una duración aproximada de un día mientras que según los resultados obtenidos en la entrevista, el proceso, por los métodos tradicionales de análisis, podía extender su análisis de variabilidad a dos meses. De esta forma se demuestra que es más eficiente la utilización del procedimiento propuesto con respecto a los métodos tradicionales de análisis existentes por el ahorro evidente de tiempo que este trae consigo.

### **3.2 Índice de satisfacción de expertos y usuarios potenciales**

Se aplicó la técnica ladov para determinar el Índice de Satisfacción Grupal (ISG), en la cual se realizó una encuesta integrada por 9 preguntas relacionadas con el uso e importancia del procedimiento propuesto en la investigación para aportar al ahorro, gestión y control de los recursos en las instituciones sanitarias. La encuesta fue aplicada a una muestra representativa de 15 personas, conformada por 6 estadísticos y 9 analistas de procesos, pertenecientes a los hospitales Cira García, Hermanos Ameijeiras y Clínica Nacional de Cirugía de Mínimo Acceso, ubicados en Ciudad de la Habana. La población fue definida a los analistas y estadísticos de procesos hospitalarios de Ciudad de la Habana. Para la selección de los hospitales utilizados para aplicar la encuesta se empleó un muestreo no probabilístico intencional, teniendo en cuenta hospitales que trabajaran en la actualidad con algún Sistema de Información Hospitalaria, para lo cual, los analistas y estadísticos de procesos dentro de estos hospitales, poseen un conocimiento y experiencia necesarios para comprender las preguntas de la encuesta.

La escala de satisfacción aplicada en la técnica ladov es la siguiente: Clara satisfacción, Más satisfecho que insatisfecho, No definida, Más insatisfecho que satisfecho, Clara insatisfacción, Contradictoria. Para obtener el ISG, los niveles de satisfacción se expresan en escala numérica que oscila entre +1 y -1 de la siguiente forma: Máxima satisfacción (+1), Más satisfecho que insatisfecho (0,5), No definido y contradictorio (0), Más insatisfecho que satisfecho (-0,5) y Máxima insatisfacción (-1).

La satisfacción grupal se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{ISG} = \frac{B (+1) + C (0,5) + D (0) + E (-0,5) + F (-1)}{N}$$

## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

A; B; C; D y E, representan el número de sujetos con índice individual 1; 2; 3 ó 6; 4; 5, respectivamente; y N representa el número total de sujetos del grupo.

$$ISG = \frac{6(1) + 7(0,5) + 0(0) + 2(-0,5) + 0(-1)}{N} = 0.567$$



Figura 27. Resultados de la aplicación del Índice de Satisfacción Grupal. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Conclusiones parciales

La validación del procedimiento se efectuó de forma exitosa, se pudo demostrar cómo utilizarlo de forma práctica. Los resultados obtenidos con la funcionalidad propuesta coincidieron con los resultados del Log Inspector de la herramienta ProM. Se pudo concluir que el proceso Solicitar Producto es uno de los más utilizados en el sistema por el gran número de instancias que este presentó en el registro de eventos. Con la aplicación de la técnica *Huristics Miner*, en la Etapa 3, se evidenciaron relaciones de actividades que no están establecidas en el modelo de proceso. Con la aplicación de la técnica *Huristics Miner*, se mostraron las actividades que menos frecuentan en el proceso Solicitar Productos: aceptar niveles, ver detalle de solicitud de bloque quirúrgico y modificar solicitud de licitación.

## Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

---

La técnica *Inductive Visual Miner* permitió mostrar el camino que más frecuente en el proceso, el cual está conformado desde la actividad `ver_detalle_sol_almacén` hasta la actividad `autorizar_despacho`. Con esta técnica se observaron desviaciones de actividades que en una ocasión se comenzaron pero no se terminaron como fue el caso de las actividades `ver_detalle_sol_almacen` y `autorizar_despacho`.

Con la técnica *Replay P/C* se detectó un posible cuello de botella en la actividad `autorizar_despacho`. La técnica *Variant Miner* mostró la actividad más utilizada con respecto al tiempo de ejecución. La aplicación de estas técnicas permitió obtener resultados sobre el comportamiento de las actividades para contribuir al análisis de variabilidad del proceso seleccionado. Mediante el uso de la entrevista se comparó el tiempo que consume un análisis de variabilidad, demostrando que el procedimiento es más eficiente que los métodos tradicionales de análisis. Los resultados de la encuesta usando la técnica de *ladov* permitieron conocer el índice de satisfacción grupal, alcanzándose un valor dentro del intervalo de satisfacción.

### Conclusiones

A partir del cumplimiento del objetivo general planteado en la investigación, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El análisis de los principales conceptos asociados al dominio del problema permitió la elaboración del marco teórico metodológico para crear las bases del desarrollo de la investigación.
- La información obtenida sobre los procesos del sistema XAVIA HIS generados con el motor de flujo jBPM, y los módulos a los que pertenecen, permitió obtener una comprensión del proceso de negocio, para dar inicio al análisis de variabilidad al proceso seleccionado en la validación.
- El desarrollo del procedimiento haciendo uso de modelos y técnicas de minería de procesos permitió obtener los elementos necesarios para facilitar a los analistas y estadísticos de hospitales que tengan implementado el sistema XAVIA HIS, analizar variabilidad en sus procesos.
- El desarrollo de la funcionalidad que permite inspeccionar el registro de eventos, brindó elementos que a simple vista no se pueden obtener y que facilitan el análisis inicial de los procesos.
- La estrategia de validación realizada a la propuesta de solución, a partir de los métodos definidos, permitió evaluar la capacidad del procedimiento para analizar variabilidad.

### Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomiendan las siguientes acciones:

- Incorporar al procedimiento la aplicación de la vista para la predicción basada en tiempo, para predecir el tiempo restante de ejecución de las actividades del proceso.
- Incorporar a la funcionalidad propuesta un nuevo elemento para mostrar la cantidad de actividades que no se concluyeron en algún momento de su ejecución, para contribuir al análisis inicial del proceso.

## Referencia Bibliográfica

AAKVIK, A and HOLMAS, T. H., 2010, *¿Variación en medicina general (GP) Materia práctica para la longitud de licencia por enfermedad? Un análisis multinivel basado en Origen de datos de Noruega GP-paciente.*

ABREU, M., MARCIAL, A., ORELLANA, A. and SARMIENTO, E. E., 2015, Componente web para detectar incongruencias en procesos hospitalarios personalizando el plugin Heuristic Miner de ProM. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*. Vol. 8, p. 42–51.

ADRIANSYAH, A., 2012, *Replay a Log on Petri Net for Performance/Conformance Plug-in*. Technische Universiteit Eindhoven.

ALBET, 2008, IH-SW-DR-030: *Proyecto Plataforma Tecnológica para el mejoramiento de la calidad de la Atención Médica en las Instituciones de Salud de PDVSA y del Sistema Nacional de Salud Pública.*

ALFARO, F. M., 2011, Instituto Nacional de Estadística e Informática. [online]. 2011. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/221/A6.pdf?sequence=>

ÁLVAREZ, L. and ET AL., 2013, DESARROLLO DE LA ESPECIALIDAD PSICOLOGÍA DEL MÓDULO CONSULTA EXTERNA DEL SISTEMA. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.google.com/cu/url?sa=t&rct=j&q=JBoss+Seam++es+un+framework+que+integra+la+capa+de+presentaci%C3%B3n+%28JSF%29+con+la+capa+de+negocios+y+persistencia+%28JB%29%2C+funcionando%2C+seg%C3%BA+versa+su+significado+en+espa%C3%B1ol%2C+como+una+%E2%80%A2>

ÁLVAREZ, S., 2007, Sistemas gestores de bases de datos. [online]. 2007. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/sistemas-gestores-bases-datos.html>.

BANCO MUNDIAL, 2015, El Banco Mundial. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://datos.bancomundial.org/indicador/SH.XPD.PCAP>

BÁRCENA, A. and ET AL., 2013, 978-92-1-221118-3: *Panorama Social de América Latina*. Nueva York.

BERMÓN, L., 2013, “Simulación”. Facultad de Administración, sede Manizales, Universidad Nacional de Colombia. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060010/html/contenido.html>.

BERNAL, E. and PEIRÓ, S., 2012, ISSN 1135-5727: *Variaciones en la práctica médica: apoyando la hipótesis nula en tiempos revueltos*. Madrid.

BOZKAYA, M., GABRIELS, J. and VAN DER WERF, J. M., 2009, *Process Diagnostics: a Method Based on Process Mining*. Cancun.

- BRUNNELLO, M. and MARCELO, R., 2011, Modelado de procesos. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: [http://e-conomicas.eco.unc.edu.ar/archivos/\\_2/U3-ModProc-11.pdf](http://e-conomicas.eco.unc.edu.ar/archivos/_2/U3-ModProc-11.pdf)
- BUJIS, J. C., 2010, *Mapping Data Sources to XES in a Generic Way*. Eindhoven.
- COOK, J. E. and WOLF, A. L., 1999, *Software process validation: Quantitatively measuring the correspondence of a process to a model*.
- DAVENPORT, T. H., 1993, *Process innovation: reengineering work through information technology*. Harvard Business School Press.
- DEFINICIONABC, 2016, Definicionabc. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.definicionabc.com/ciencia/metodologia.php>.
- DESARROLLOWEB, 2016, JSF - Java Server Faces. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/2380.php>
- DE WEERDT, J. and ET AL., 2013, Process Mining for the multi-faceted analysis of business processes-A case study in a financial services organization. In: . *Computers in Industry*. p.57–67.
- FRANKY, C., 2009, Java EE 5 (sucesor de J2EE). [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: [http://www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/ConfConsueloFranky\\_Abr19.pdf](http://www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/ConfConsueloFranky_Abr19.pdf)
- GONZÁLEZ, V. M. and MACIÁ, M. L., 2011, *Grupos de pacientes Relacionados por el Diagnóstico (GRD) en los hospitales generales españoles: variabilidad en la estancia media y el coste medio por proceso*. Murcia.
- GÜNTHER, C. W. and VAN DER AALST, W., 2007, *Fuzzy Mining: Adaptive Process Simplification*.
- HERNÁNDEZ-NARIÑO, A. and ET AL., 2013, *Inserción de la gestión por procesos en instituciones hospitalarias*.
- HERNÁNDEZ, R. A. and COELLO, S., 2011, *El proceso de investigación científica*. Habana : Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior. ISBN ISBN 978-959-16- 1307-3.
- ISO 9000, 2005. [online], [Accessed 2 December 2014]. Available from: [http://scholar.google.com/cu/scholar?q=ISO+9000+%282005%29+&btnG=&hl=es&as\\_sdt=0%2C5](http://scholar.google.com/cu/scholar?q=ISO+9000+%282005%29+&btnG=&hl=es&as_sdt=0%2C5)
- JANS, M., 2010, *Process Mining of Event Logs in Auditing: Opportunities and Challenges*. Trabajo presentado en el *Internacional Symposium on Accounting Information Systems*. Orlando.
- JANS, M., 2011, *Process Mining of Event Logs in Internal Auditing: A Case Study*. Italia.

- JBPM, 2016, JBPM - Unionpedia, el mapa conceptual. [online]. 2016. [Accessed 13 June 2016]. Available from: <http://es.unionpedia.org/JBPM>
- LARREA, O., ENRIQUE, Y., ORELLANA, A. and GONZÁLEZ, Y., 2015, Integración del plugin Inductive visual Miner de ProM al Sistema de Información Hospitalaria del CESIM. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*. Vol. 8, p. 64–74.
- LEEMANS, J. J., FAHLAND, D. and VAN DER AALST, W., 2014, *Process and Deviation Exploration with Inductive visual Miner*. Eindhoven.
- LUCIFER, P., 2016, Java Runtime Environment - JRE. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.elleonplateadodeojosrojos.es/blog/java-runtime-environment-jre/>
- MANS, R. S., SCHONENBERG, M. H., SONG, M. and VAN DER AALST, W., 2009, *Application of Process Mining in Healthcare. A Case Study in a Dutch Hospital*. Netherlands.
- MANS, R. S., SCHONENBERG, M. H. and VAN DER AALST, W., 2008, *Process mining in healthcare. A Case Study*. Eindhoven.
- MANS, R. S., VAN DER AALST, W., VANWERSCH, R. J. and MOLEMAN, A. J., 2013, *Process mining in healthcare: Data challenges when answering frequently posed questions. In Process Support and Knowledge Representation in Health Care*.
- MANS, R. S., VAN DER AALST, W. and VANWERSCH, R. J., 2015, Healthcare Processes. In *Process Mining in Healthcare*. In : . p. 11–15.
- MARUSTER, L. and VAN BEEST, N. R., 2009, Redesigning business processes: a methodology based on simulation and process mining techniques. In : . Knowledge and Information Systems. p. 267–297. 3.
- MELINKOFF, Ramón., 1990 Los procedimientos administrativos. Caracas: Panapo.
- MINSAP, 2015, *Anuario Estadístico de Salud* p. 129-130.
- MORA, Francisco. 2013. Universidad de Alicante. [Online]. <http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/asignaturas/GPS/archivos/Uml.PDF>.
- NARVÉZ, L., LAVELL, A. and PÉREZ, G., 2009, *La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos. En La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos*.
- NC/ISO-9000, 2005: *Sistemas de Gestión de la Calidad-Fundamentos y Vocabularios*.
- NORDSIECK, F., 1932, *Die Schaubildliche Erfassung und Untersuchung der Betrieb- sorganisation*. Stuttgart.
- OLIVIA, Y. and GONZÁLEZ, J., 2013, *Procedimiento para la detección de eventualidades aplicando*

*técnicas de minería de proceso en el Sistema de Información Hospitalaria XAVIA HIS*. Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas.

ORALLO, Enrique Hernández. 2012. Universidad Politécnica de Valencia. [Online]. [Cited: 1 18, 2016.] <http://www.disca.upv.es/enheror/pdf/ActaUML.PDF>.

ORELLANA, A. and LEDESMA, Y., 2015, *¿Por qué aplicar Minería de Proceso en el entorno hospitalario? Engineering Education Facing the Grand Challenges*.

ORELLANA, A., PÉREZ, D. and ESTRADA, V., 2016, ISSN 2255-5684: *Revisión de los principales modelos para aplicar técnicas de Minería de Procesos*.

ORELLANA, A., PÉREZ, D. and LARREA, O., 2015, *Analysis of Hospital Processes with Process Mining Techniques*. MEDINFO. Vol. 216.

ORELLANA, A. and SÁNCHEZ, Y., 2014, 13 978- 0-9822896-7-9: *Minería de procesos en salud. Caso de Estudio: modelado de los procesos del área de Emergencia*.

ORELLANA, A., 2015, *Herramienta para el análisis de variabilidad en procesos hospitalarios aplicando minería de procesos*. Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas.

PERDOMO, R. and CRUZ, I., 2015, *Procedimiento de Conformidad aplicando Minería de Procesos desde la perspectiva tiempo en el Sistema de Información Hospitalaria del Centro de Informática Médica*.

PEREIRAS, K., SOSA, A. and ORELLANA, A., 2015, *Componente para el análisis de frecuencia en procesos hospitalarios aplicando la técnica Fuzzy Miner*. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*. Vol. 8, p. 75–84.

PÉREZ, D., ORELLANA, A., SOSA, A. and PEREIRAS, K., 2015, *Análisis de frecuencia de ejecución de procesos hospitalarios aplicando la técnica Fuzzy Miner de minería de procesos*.

PÉREZ, D. and VAN BEEST, N. R., 2014, *Técnica para el diagnóstico de variantes de procesos de negocio*. Habana.

QUEES, 2016, Quees.la. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://quees.la/procedimiento/>

RAE, 2016, DLE: variabilidad - Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://dle.rae.es/?id=bNSvalh>

REBUGE, A. and FERREIRA, D. R., 2012, *Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining*. In: . *Information Systems*. p. 99–116. 2.

RECKER, J., REIJERS, H. and WOUW, S., 2014, *Process model comprehension: The effects of cognitive abilities, learning style, and strategy*.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

---

- RECKER, J., ROSEMAN, M., INDULSKA, M. and GREEN, P., 2007a, *Business Process Modeling: A Maturing Discipline?*.
- RECKER, J., ROSEMAN, M., INDULSKA, M. and GREEN, P., 2007b, *Business Process: A Maturing Discipline?*.
- REIJERS, H., VAN DER AALST, W. and WEIJTERS, A., 2007, *Business Process Mining: An Industrial Application*.
- RONDÓN, L., 2009, JAVA J2EE. JPA - Java Persistence API. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: [www.luchorondon.blogspot.com/2009/04/jpa-java-persistence-api.html](http://www.luchorondon.blogspot.com/2009/04/jpa-java-persistence-api.html).
- ROZINAT, A., MANS, R. S., SONG, M. and VAN DER AALST, W., 2009, *Discovering Simulation Models*.
- SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C. and BAPTISTA, L., 2010, *Metodología de la investigación*. México.
- SÁNCHEZ, J. M., 2008, Migración de JSP a Facelets. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php>
- SCRIBD, 2016, Persistencia - Hibernate. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <https://es.scribd.com/doc/99836434/Persistencia-Hibernate>
- SESCAM, 2002, La Gestión por Procesos. Servicio de Calidad de la Atención Sanitaria. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.chospab.es/calidad/archivos/Documentos/Gestiondeprocesos.pdf>
- SIGNIFICADOS, 2016, Significado de Estrategia - Qué es, Concepto y Definición. [online]. [Accessed 27 April 2016]. Available from: <http://www.significados.com/estrategia/>
- SILVEIRA, E. D., DÍAZ, A. A., MENÉNDEZ-CONDE, C., PÉREZ, J. S., SAGRADO, M. R. and VICEDO, T. B., 2012, *Análisis modal de fallos y efectos del proceso de prescripción, validación y dispensación de medicamentos*.
- SOLDANO, A. and ET AL., 2008, *Jboss Application Server 4.2.2. Administration and Development Guide*.
- SOLER, C. and LOMBARDO, A., 2011, En apoyo al método clínico. *Revista Cubana de Medicina*.
- SOTO, D., 2012, *Procedimiento para la identificación de los componentes e indicadores que permitan medir el nivel de servicio en las instituciones de Asistencia Primaria*. Matanzas.
- STACHOWIAK, H., 1973, ISBN ISBN 3-211-81106-0: *Allgemeine Modell theorie (General model Theory)*.
- THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION, 2012, The Apache Software Foundation. [online].

- [Accessed 27 April 2016]. Available from:  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/221/A6.pdf?sequence=>
- The process mining manifesto - An interview with Wil van der Aalst*, 2012. ,
- VALLADARES, A., CASTAÑEDA, L. and ORELLANA, A., 2015, Componente para el análisis de procesos hospitalarios aplicando la perspectiva temporal de minería de procesos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*. Vol. 8, p. 52–63.
- VALLADARES, A. and CASTAÑEDA, L., 2015, *Componente para el análisis de procesos aplicando la perspectiva temporal en el Sistema de Información Hospitalaria del Centro de Informática Médica*. Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas.
- VAN DER AALST, W., ADRIANSYAH, A. and DE MEDEIROS, A., 2012, *Process mining*.
- VAN DER AALST, W. and WEIJTERS, A., 2004, *Process mining: a research agenda*. *Computers in Industry*.
- VAN DER AALST, W., 2009, “*ProM: The Process Mining Toolkit*,” in *Proceedings of BPM*. Germany.
- VAN DER AALST, W., 2011a, *Manifiesto de Minería de Proceso*.
- VAN DER AALST, W., 2011b, Do Petri Nets Provide the Right Representational Bias for Process Mining? In : . Workshop Applications of Region Theory. p. 85–94.
- VAN DER AALST, W., 2013, *Could BPM and Process Mining Save US Healthcare 600 Billion Dollars?*.
- VAN DER HEIJDEN, T. H. C., 2012, *Process Mining Project Methodology: Developing a General Approach to Apply Process Mining in Practice*. Universidad Técnica de Eindhoven.
- VAN DONGEN, B. and VAN DER AALST, W., 2005, *A meta model for process mining data*. *Proceedings of the CAiSE*.
- VAN GIESSEL, M., 2004, *Process mining in SAP R/3*. Eindhoven.
- VÁZQUEZ, C., 2006, *Introducción a JasperReports e iReport*.
- VISUAL, 2016, Software Design Tools for Agile Teams, with UML, BPMN and More. [online]. 2016. [Accessed 13 June 2016]. Available from: <https://www.visual-paradigm.com/>
- WEBSTER, Ch., 2011, *EHR BPM: From Process Mining to Process Improvement to Process Usability*.
- WESKE, M. and HEIDELBERGH, V., 2007, 9783540735: *Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures*.

