



**Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad 3**

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

**Vista de análisis para la predicción basada en tiempo
a partir de las actividades de proceso del Sistema para
la Planificación de Actividades SIPAC**

Autor(es): Dorisley Morales Suárez

Rafael Alejandro Acosta Valdés

Tutor(es): Ing. María Teresa Rosales González

Dr.C Arturo Orellana García

Junio, 2017



“El hombre debe transformarse al mismo tiempo que la producción progresa; no realizaríamos una tarea adecuada si fuéramos tan sólo productores de artículos, de materias primas y no fuéramos al mismo tiempo productores de hombres.”

Ernesto Che Guevara.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Dorisley Morales Suárez

Rafael Alejandro Acosta Valdés

Firma del Autor

Firma del Tutor

Ing. María Teresa Rosales González

DrC. Arturo Orellana García

Firma del Autor

Firma del Tutor

DATOS DE CONTACTO

María Teresa Rosales González (mtrosales@uci.cu). Ingeniero en Ciencias Informáticas, graduado en 2012 en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Labora desde hace 4 años en el Centro de Informatización y la Gestión de Entidades en el proyecto Sistema de Planificación de Actividades, se desempeña como especialista de SIPAC en la Universidad de Ciencias Informáticas.

Arturo Orellana García (aorellana@uci.cu). Se desempeña como líder del Grupo de Investigación de Minería de procesos y Asesor de Capacitación, Desarrollo e Investigación del Centro de Soluciones de Informática Médica. Ha liderado proyectos I+D+i de desarrollo de componentes de software a partir de minería de procesos para el análisis de procesos de negocio del entorno hospitalario. Tutora varias tesis de grado, maestrías y doctorados enfocados al análisis de procesos de negocio, la informática médica y otras áreas del conocimiento. Obtuvo el grado de Máster en Informática Aplicada en 2015 desarrollando una herramienta informática basada en técnicas de minería de procesos para identificar problemas en la ejecución de procesos de negocio. Doctor en Ciencias Técnicas desde 2016 presentando un modelo computacional para la detección de variabilidad en procesos de negocio del entorno sanitario aplicando minería de procesos.

Ha publicado una serie de artículos sobre el análisis de procesos de negocio y BPM, algunos de ellos disponibles en: Arturo Orellana. Ha participado en eventos como LACCEI 2014, el 15th World Congress on Health and Biomedical Informatics MEDINFO 2015, LACCEI 2015, CubaSalud 2015, LACCEI 2016, Informática 2016, COMCAPLA 2016, entre otros.

DEDICATORIA

A mi madre, por tanto esfuerzo y dedicación.

Rafael

A mis padres porque gracias a ellos estoy donde estoy.

A mi hermano que lo quiero con la vida.

A mis sobrinos que son el regalo más preciado que me ha dado mi hermano.

A mis abuelos por dedicarme tanto tiempo y cariño.

A mi madrina porque es una madre para mí.

Dorisley

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, en especial a mi mamá por ser la mujer más luchadora que he conocido, confiar en mí en todo momento y consentirme en cuanto capricho se me antojaba.

Agradezco a mi mejor amigo Hermes por estar siempre que lo necesitaba y a su papá que ha sido como otro padre para mí, y aunque no esté presente en estos momentos sé que se alegrará mucho con mi logro.

Agradezco a mi compañera de tesis Doris, sin ella este momento no hubiera ocurrido.

Agradezco a la revolución por haber creado una universidad tan especial como esta, y permitirme ser parte de ella.

Agradezco a Yanser por su amistad, sus clases de programación y por tomarse el trabajo de despertarme todos los días para no llegar tarde a clases.

Agradezco a Arlene, por aprender a quererme y estar conmigo en todo momento. Por darme parte de su tiempo y sus resúmenes para estudiar para las pruebas.

Agradezco a Félix, Julio y Alejandro por hacer del tiempo en la universidad una diversión y recreación constante, y quisiera responderle nuevamente a Félix su frase más repetida, "brother no viniste solo para la UCI"

Agradezco a todos los amigos que hice en el transcurso de la universidad en especial a los que vinieron junto conmigo de la regional y todos los que dejé allá.

Agradezco a los tutores Arturo y María Teresa por estar presente siempre que los necesitamos y trasmitirnos sus conocimientos.

Agradezco al colectivo del tribunal por sus exigencias para realizar una tesis con calidad.

Rafael

Agradezco a Fidel y a la Revolución por crear esta maravillosa universidad que se convirtió en mi sueño y luego mi realidad.

Agradezco a mi madre que siempre está conmigo sin importar nada ni nadie. Por ser una gran amiga. Por confiar en mí para todo. Por enseñarme primero a ser niña, adolescente y ahora la mujer que soy. No sé cómo lo haces, pero eres ejemplo de mujer, hija, madre, abuela y además luchadora hasta el cansancio, yo quiero ser como tú. Eres la luz de mi vida y la razón de mi existir. Te amo.

Agradezco a mi padre que me ha consentido en todo, pero al mismo tiempo me enseñaba grandes valores para que hoy fuera la persona que soy. No serás el hombre perfecto, pero para mí eres el mejor padre del mundo. Te amo.

Agradezco a mi hermano por los momentos que hemos vivido siempre juntos. Porque sé que soy tu hermana favorita, aunque nunca me lo hayas dicho y no importa porque me lo has demostrado. Por darme el regalo más bello que he tenido en mi vida, mis sobrinos. Tati te quiero demasiado, nunca me faltes.

Agradezco a mis sobrinos Ronniel, Reiver y Risnely, por hacerme tan feliz. A mi ahijada Lauren que siempre será mi pequeña y a Sheila por hacerme su madri.

Agradezco a mi abuela materna, que no se quiere perder ni un detalle de mi vida, sin importar si es bueno o malo. Por soportar mi mal carácter. Mamita, gracias por todo. Te quiero.

Agradezco a mi abuela paterna, por consentirme tanto. Por todo el cariño que siempre me diste. Por ser mi salvación cuando no quería estar en la escuela. Abuela gracias por eso y más. Te quiero.

Agradezco a mi abuelo materno, por ser la persona que más paciencia nos ha tenido siempre. Porque siempre piensa en todos. Para mí siempre fuiste un abuelo excelente. Papito te quiero mucho.

Agradezco a mi abuelo paterno que, aunque no de sangre si de corazón. Gracias por hacerme tu nieta, a la que más malcriaste. La vida decidió que ya no estarías más físicamente, ahora descansas en paz. Ojalá estuvieras aquí para que me vieras formarme como profesional y ojalá algún día llegue a ser un grande como tú. Abuelo te extraño mucho.

Agradezco a mi madrina, por darme tanto amor. Por pensar en mí y preocuparse tanto y hacerme sentir su hija. Madrina gracias por tantos recuerdos que tengo tuyos cuando estabas aquí, ojalá hubiésemos tenido más tiempo, espero que podamos compartir pronto. Te quiero muchísimo.

Agradezco a mi compañero de tesis, por la paciencia que me tuvo. Por ser preocupado en el momento preciso. Por hacer posible este momento. Gracias Rafa.

Agradezco a mi más que prima hermana Saydis, por tú cariño. Te agradezco por hacerme sentir tu hermana pequeña. Por darme una primita tan bella y parecida a mí. Te quiero Say.

Agradezco a mis tíos y a mis primos por los momentos que compartimos. Los quiero.

Agradezco a Tata y mi Papá Luis por tanto cariño que me dieron siempre. Por quererme como si fuese su hija de verdad. Los quiero mucho.

Agradezco a mis tutores María Teresa y Arturo por ayudarnos cuando más los necesitamos. Por darnos sus conocimientos para que este momento fuese posible.

Agradezco a mi mejor amiga Yirlen, mi hermana mayor por 5 días, porque a pesar que siempre estamos lejos sigues siendo la misma. Te quiero mucho mi cabeza dura.

Agradezco a mi otra mejor amiga Yari. Te dije un día que siempre serás mi hermanita y así será siempre. Por esos momentos tan difíciles que nos tocó vivir juntas. Te quiero mucho. Te deseo toda la felicidad del mundo.

Agradezco a mis amigos de la universidad, a los que vinieron conmigo de la regional: a Clau por todas las cosas buenas y no tan buenas que hicimos, a Rolo por ser el hombre de la casa y un gran amigo, a Lisi mi compatriota, por ser tan calmada y tener tanta paciencia. A Arlene, Yanser, Camilo, Felix, Daymaris y Pedro. A quien considero mi amigo Ale. Y especialmente a mi amigo Julio. Agradezco también a los que se quedaron Sandra, Alianet, Maruchy, Yanelis, Yeneisy, Rodolfo, Osváldo, José Ramón, Mardiel, Maykel, Raydier y especialmente a Osmar.

A los profesores geniales que tuve en la regional, especialmente a Raby y a Fundora. Por ser profes y amigos.

Agradezco a los profesores de la Facultad 3, a los que me dieron clase y a los que me ayudaron en una cosa u otra. Sobre todo, a los que me brindaron su amistad.

Agradezco a la FEU y a la UJC por darme la oportunidad de ser dirigente en ambas. Por quitarme el miedo a hablar frente a los grupos. Por permitirme disfrutar de experiencias maravillosas. A todos los amigos de la FEU, que, aunque hemos compartido poco tiempo los llevo en el corazón. Agradezco a todos aquellos que aportaron su granito de arena en mi vida.

Dorisley

RESUMEN

Las organizaciones emplean sistemas de información para gestionar sus procesos. Estos almacenan trazas referentes a las actividades que se gestionan. Al extraer y transformar estas trazas se crean registros de eventos los que pueden ser analizados por técnicas de minería de procesos. La minería de procesos trabaja generalmente con datos históricos que pueden ser utilizados para construir modelos predictivos y usarlos para guiar instancias de procesos en ejecución. Los expertos en minería de procesos plantean que es posible predecir el tiempo de procesamiento restante de un caso.

La predicción basada en tiempo consiste en anticipar resultados, duración o tiempo restante de ejecución de un proceso determinado. Utilizando un registro de eventos, la técnica TSAalyzer permite realizar análisis de predicción basada en tiempo de actividades de proceso. Esta técnica realiza diferentes cálculos de tiempo que posibilitan tomar decisiones anticipadas sobre la planificación y la gestión de recursos.

El objetivo de la presente investigación es la instanciación de la técnica TSAalyzer para que sea utilizada en el tratamiento de los registros de eventos del Sistema para la Planificación de Actividades. Como resultado se obtiene una vista de análisis que permite hacer predicción basada en tiempo de actividades de proceso, favoreciendo la toma de decisiones y la planificación a las autoridades administrativas de las distintas entidades.

PALABRAS CLAVE: minería de procesos, predicción, registro de eventos, tiempo de actividades de proceso, TSAalyzer.

TABLA DE CONTENIDOS

<i>dedicatoria</i>	<i>I</i>
<i>agradecimientos</i>	<i>II</i>
<i>resumen</i>	<i>VI</i>
Introducción	1
capítulo 1: fundamentación teórica	5
Introducción	5
1.1 Sistema para la Planificación de Actividades (SIPAC)	5
1.2 Gestión por proceso en sistemas de planificación	8
1.3 Tecnologías para la predicción de tiempo en procesos	9
1.3.1 Simulación	9
1.3.2 Minería de datos	9
1.3.3 Minería de procesos	9
1.3.4 Selección de la tecnología	10
1.4 Minería de Procesos	10
1.4.1 Tipos de minería de procesos	11
1.4.2 Perspectivas de la minería de procesos	12
1.4.3 Estudio del estado del arte de las técnicas de minería de procesos para predicción de tiempo	13
1.5 Ambiente de desarrollo	17
1.5.1 Lenguajes	17
1.5.2 Tecnologías a utilizar	17
1.5.3 IDE	18
Conclusiones parciales	18
capítulo 2: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	19
Introducción	19
2.1 Arquitectura	19
2.1.1 Principios fundamentales	19
2.1.2 Principales beneficios	20
2.2 Patrones de diseño	20
2.1.1 Patrones Generales de Software de Asignación de Responsabilidades (GRASP)	21
2.1.2 Patrones de comportamiento GoF	21
2.3 Estándares de codificación	22
2.4 Análisis de la técnica	23
2.4.1 TSAalyzer	23
2.5 Personalización de la técnica TSAalyzer	26
2.6 Visualización de los resultados	29
Conclusiones parciales	30
capítulo 3: Validación de la solución propuesta	31
Introducción	31
3.1 Aplicación de un caso de estudio	31
3.1.1 Aplicación de la técnica TSAalyzer en ProM	31

3.1.2	Aplicación de la técnica TSanalyzer personalizada	34
3.2	Aplicación de la técnica Iadov para conocer el índice de satisfacción grupal	36
3.2.1	Resultados de la aplicación de la técnica Iadov	38
	Conclusiones parciales	39
	Conclusiones	40
	<i>recomendaciones</i>	41
	<i>referencias bibliográficas</i>	42
	<i>bibliografía</i>	44
	ANEXOS	48
	GLOSARIO	52

TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Posicionamiento de los tres tipos principales de minería de procesos. Fuente (Aalst 2011).</i>	11
<i>Figura 2 Captura de pantalla del Analizador FSM. Fuente(Aalst, Schonenberg y Song 2011).</i>	14
<i>Figura 3 Captura de pantalla de The Feature Prediction. Fuente (Leoni y Aalst 2014).</i>	15
<i>Figura 4 Salida de la técnica TSMiner ejecutada en el ProM. Fuente (marco de trabajo ProM).</i>	24
<i>Figura 5 Ejemplo de salida de la técnica TSAalyzer. Fuente (Martínez y González 2016).</i>	25
<i>Figura 6 Captura de pantalla de un ejemplo de la eliminación de la variable context. Fuente (elaboración propia).</i>	27
<i>Figura 7 Ejemplo de la creación de la clase TSystem. Fuente (elaboración propia).</i>	27
<i>Figura 8 Ejemplo de la creación de la clase obtenerDatos. Fuente (elaboración propia).</i>	28
<i>Figura 9 Ejemplo de la clase vista_TSMA. Fuente (elaboración propia).</i>	28
<i>Figura 10 Captura de pantalla de los resultados obtenidos al aplicar la técnica personalizada. Fuente (elaboración propia).</i>	29
<i>Figura 11 Selección de TSMiner en ProM.</i>	31
<i>Figura 12 Captura de pantalla del ST obtenido la técnica TSMiner en ProM.</i>	32
<i>Figura 13 Selección de TSAalyzer en ProM. Fuente (marco de trabajo ProM).</i>	33
<i>Figura 14 Resultado final de TSAalyzer en ProM. Fuente (marco de trabajo ProM).</i>	33
<i>Figura 15 Captura de pantalla de la herramienta de MP. Fuente (elaboración propia).</i>	34
<i>Figura 16 Captura de pantalla de la herramienta de MP. Fuente (elaboración propia).</i>	35
<i>Figura 17 Captura de pantalla de los resultados obtenidos al aplicar la técnica personalizada. Fuente (elaboración propia).</i>	35
<i>Figura 18 Distribución de la satisfacción grupal. Fuente (elaboración propia).</i>	38

INTRODUCCIÓN

La sociedad actual transita por una acelerada inmersión y difusión en todas sus esferas de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Tanto compañías, instituciones, hospitales y centros educativos aplican las TIC con el fin de perfeccionar con mayor efectividad y rapidez las tareas y procesos que en ellos se realizan. Estas nuevas tecnologías son definidas según Romaní (2009) como *“herramientas que las personas usan para compartir, distribuir y reunir información y comunicarse entre sí o en grupos, por medio de las computadoras o las redes de computadoras interconectadas. Se trata de medios que utilizan tanto las telecomunicaciones como las tecnologías de la computación para transmitir información”*.

El crecimiento de un universo digital que está bien alineado con los procesos en las organizaciones hace posible registrar y analizar eventos. Los eventos podrían variar desde el retiro de dinero en efectivo desde un ATM (por sus siglas en inglés Automated Teller Machine), un doctor ajustando una máquina de rayos-X, un ciudadano solicitando una licencia de conducir. Además, el envío de una declaración de impuestos, y la recepción de un número de boleto electrónico por un viajero. El desafío es aprovechar los datos de eventos en una forma significativa, por ejemplo, para proveer un mejor entendimiento, identificar cuellos de botella, anticipar problemas, registrar violaciones de políticas, recomendar contramedidas, y simplificar procesos. La minería de procesos apunta a hacer exactamente eso (Aalst 2011).

La Minería de Procesos es una disciplina de investigación que permite descubrir, monitorear y mejorar procesos reales a partir de la extracción de conocimientos de los registros de eventos ampliamente disponibles en los actuales sistemas de información (Aalst 2011). Estos registros de eventos son el resultado del almacenamiento de la información de las actividades que componen los procesos en un período determinado de tiempo.

El punto de partida de la minería de procesos es un registro de eventos. Todas las técnicas de minería de procesos asumen que es posible registrar eventos secuencialmente tal que cada evento se refiera a una actividad y se relacione a un caso particular. Los registros de eventos podrían almacenar información adicional acerca de los eventos. De hecho, siempre que sea posible, las técnicas de minería de procesos usan información extra, tales como el recurso que ejecuta o inicia la actividad, la marca de tiempo del evento, o elementos de datos registrados con el evento (Aalst 2011).

El descubrimiento es uno de los tipos de la minería de procesos, el cual permite generar modelos de procesos a partir de la extracción de conocimientos de los registros de eventos. Estos modelos de procesos se pueden ampliar con información para predecir el tiempo de finalización de instancias en ejecución.

En el Centro de Informatización de Entidades (CEIGE), se están dando los primeros pasos en la aplicación de la Minería de Procesos para los productos que se desarrollan. Uno de estos es el Sistema de Planificación de Actividades (SIPAC). Este surgió con el objetivo de informatizar y homogeneizar el proceso de planificación de objetivos y actividades a corto, mediano y largo plazo que se realiza en todos los niveles de dirección del país. El cual está certificado por el Grupo de Planificación de Actividades de la Secretaría del Consejo de Ministros de la República de Cuba. Está basado en los principios de independencia tecnológica del país y se rige por la Instrucción número 1 (Castro 2011), del Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros.

Entre sus funcionalidades SIPAC permite la informatización de los procesos del negocio: Elaboración, Puntualización, Aprobación-Conciliación, Ejecución y control del plan y Evaluación de los objetivos, almacenando información de la ejecución de sus actividades en la base de datos, sobre la cual fue desarrollado un componente para la extracción y transformación de esta información en un registro de eventos. Hasta el momento de la presente investigación SIPAC proporciona la gestión del proceso y no la evaluación de su ejecución en términos de procesos, por lo que se desconoce la periodicidad con la cual se ejecutan las tareas. Lo que incide negativamente para determinar si se ejecuta el proceso “Ejecución y control del plan” y que tiempo se tarda la ejecución de cada proceso para cumplir los plazos que establece la Instrucción No. 1.

Para el análisis de los resultados de estos registros generados por SIPAC, actualmente es necesario hacer uso de herramientas externas (ProM y Disco) las cuales generan modelos de la ejecución real de los procesos en sistemas automatizados. Dichas herramientas presentan inconvenientes para la usabilidad y la comprensión de los modelos generados y se plantean estos problemas como desafíos en el Manifiesto de la Minería de Procesos (Aalst 2011), por lo que usuarios no expertos en el área se ven limitados a su uso. Además, los modelos generados por la herramienta ProM, no se adecuan a la comprensión de usuarios no expertos en el área de la minería de procesos y las herramientas que aplican otros sectores son privativas y/o nativas en sistemas automatizados.

Luego de haber analizado los inconvenientes de dichas herramientas se puede afirmar que SIPAC carece de una solución que permita la predicción basada en tiempo de la ejecución de sus procesos de negocio, a partir de un registro de eventos. La carencia de esta alternativa para generar conocimientos, limita al sistema de contar con valor añadido que permita contribuir con la organización en cuanto a implementar objetivos estratégicos, estrategias, prevención, planificación y control de sus recursos. Por lo que actualmente los administrativos de las entidades no pueden predecir el comportamiento de los procesos basado en el tiempo. Por tanto, no les facilita planificar las actividades con precisión. Uno de los objetivos principales de la predicción basada en tiempo de la ejecución de los procesos es administrar efectivamente los recursos y personas de la institución para que ésta pueda maximizar el potencial de los productos o servicios producidos u ofrecidos.

Luego de haberle realizado un análisis a la **situación Problemática** se identifica en el marco teórico el siguiente **Problema a resolver**: ¿Cómo predecir el comportamiento basado en tiempo de las actividades de proceso en el Sistema para la Planificación de Actividades SIPAC a partir de su registro de eventos?

Se define como **Objeto de estudio**: El proceso de planificación de actividades.

Se define como **Campo de acción**: Las técnicas de minería de procesos para la predicción del comportamiento basado en tiempo en la planificación de actividades.

El **Objetivo general** es: Desarrollar una vista de análisis para la predicción del comportamiento basado en tiempo de las actividades de proceso del Sistema para la Planificación de Actividades SIPAC, a partir del registro de eventos.

Para alcanzar el objetivo planteado se proponen las siguientes **Tareas de investigación**:

1. Elaboración del marco teórico metodológico referente a la minería de procesos y los conceptos asociados al objeto de estudio de la investigación.
2. Análisis de las tendencias actuales que permitan la predicción del comportamiento basado en tiempo de las actividades de proceso, para definir la propuesta de solución.
3. Selección de una técnica de minería de procesos para predecir el comportamiento basado en tiempo de las actividades de proceso del SIPAC.

4. Desarrollo de la vista para la predicción del comportamiento basado en tiempo de las actividades de proceso del Sistema para la Planificación de Actividades SIPAC.
5. Integración del componente a la herramienta para de Minería de procesos del Sistema para la Planificación de Actividades SIPAC.
6. Validación de la propuesta mediante técnicas y métodos definidos para la investigación.

Los **Métodos teóricos** que son utilizados para darle cumplimiento a los objetivos planteados anteriormente son:

Analítico-Sintético, al permitir realizar una síntesis tras analizar lo referente a las técnicas de minería de procesos para la predicción del comportamiento basado en tiempo de las actividades de proceso del Sistema para la Planificación de Actividades SIPAC.

Histórico-Lógico que permite llevar a cabo un estudio evolutivo y cronológico de las técnicas de minería de procesos para la predicción del comportamiento basado en tiempo de las actividades de proceso del Sistema para la Planificación de Actividades SIPAC.

El presente trabajo está estructurado en **tres capítulos**:

En el **capítulo I**, “Fundamentación teórica”, se hace referencia a los principales conceptos teóricos existentes dentro del objeto de estudio, se describe el entorno en el que se desarrolla la problemática, se analizan las posibles soluciones y las características de los sistemas similares. Se exponen herramientas y tecnologías utilizadas en el transcurso de la investigación.

En el **capítulo II**, “Propuesta de solución”, se llevan a la práctica los conocimientos adquiridos durante la revisión bibliográfica y el estudio teórico realizado. Se fundamenta la propuesta que cumple con los objetivos trazados, la que incluye el desarrollo de una vista que dé solución al objetivo de la investigación y se especifican sus principales características. También se brinda una descripción general de la propuesta del sistema y de cómo debe funcionar. Se describen los estándares y patrones utilizados.

En el **capítulo III**, “Validación de la solución propuesta”, se prueba la propuesta de solución mediante un caso de estudio. Se aplica la técnica ladov para conocer el índice de satisfacción grupal.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Introducción

En el presente capítulo se describen los conceptos asociados a la minería de procesos. Se realiza un análisis de las técnicas de minería de procesos para la predicción basada en tiempo de las actividades de procesos. Se selecciona y caracteriza la técnica TSanalyzer como la más adecuada para la propuesta de solución. Se brinda una descripción del entorno en el cual se desarrolla la problemática y se analizan las posibles soluciones.

1.1 Sistema para la Planificación de Actividades (SIPAC)

El Sistema de Planificación de Actividades (SIPAC) se desarrolló por la Universidad de las Ciencias Informáticas y lo certifica el Grupo de Planificación de Actividades de la Secretaría del Consejo de Ministros de la República de Cuba, la cual se guía por la Instrucción no.1 del Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, con el objetivo de informatizar y homogeneizar el proceso de planificación a corto, mediano y largo plazo que se realiza en todos los niveles de dirección del país. SIPAC se encuentra basado en los principios de independencia tecnológica, implementando funcionalidades generales de los procesos asociados a la planificación por objetivos. El sistema propicia:

- Interrelacionar los objetivos de trabajo y actividades en tiempo real; garantizando el seguimiento y cumplimiento de los objetivos y actividades en las entidades.
- Puntualizar las actividades que debe efectuar cada usuario, como parte de la planificación a corto plazo, posibilita una mayor coincidencia entre lo que aspira la dirección y lo que debe proponerse cada miembro de la organización.
- Gestionar los posibles involucrados que dirigen o ejecutan el proceso de planificación de objetivos y actividades.
- Compartimentar la información mediante la gestión de los permisos entre los diferentes niveles involucrados en la planificación, la gestión de los principales nomencladores.
- Generar reportes como el plan de actividades anual, el plan de actividades mensual, plan de trabajo individual, puntualizaciones del plan mensual y el resumen de cumplimiento del plan de trabajo según lo establecido en la Instrucción No.1.

- Informatizar los procesos de Elaboración del plan, Aprobación-conciliación, Puntualización del plan, Ejecución y control del plan, Evaluación de los objetivos.

En la siguiente tabla se muestran las preguntas que el sistema no responde actualmente, teniendo en cuenta algunos indicadores de cada uno de los procesos que se ejecutan en SIPAC.

Proceso	Indicador	Pregunta
Elaboración del plan	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de actividades incorporadas al Plan de Actividades Anuales (PAA) antes del mes de diciembre del año anterior. • Porcentaje de actividades incorporadas al Plan de Trabajo Individual (PTI) antes del 20 del mes anterior. • Porcentaje de actividades incorporadas a los planes con los usuarios involucrados. 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuándo se incorporan las actividades al plan y cuándo se deberían hacer? • ¿En qué momento se involucran a los usuarios? • ¿Qué usuarios están haciendo qué actividades y en qué tiempo?
Aprobación-conciliación del plan	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de PAA enviados a aprobación antes del 25 de diciembre del año anterior. • Porcentaje de PTI de cuadros enviados a aprobación antes del 25 del mes anterior. • Porcentaje de PTI de especialistas enviados a aprobación antes del 28 del mes anterior. • Cantidad de ciclos por los que pasa la conciliación de un plan. • Promedio de ciclos por los que pasa la conciliación de los planes. 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuándo se realizan los cambios de estados y cuándo se deberían hacer? • Ocurrencia y frecuencia de cuellos de botella.

	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar el indicador de cuando se aprueban los planes 	
Puntualización del plan	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje que representan las actividades incorporadas como puntualización al plan del total de actividades. • Promedio de actividades incorporadas a los planes como puntualización. • Porcentaje que representan las actividades puntualizadas del plan del total de actividades. • Promedio de actividades puntualizadas de los planes. • Porcentaje que representan las puntualizaciones del plan aprobadas de las propuestas. • Promedio de puntualizaciones de los 0 planes aprobadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se comporta el principio del Respeto al plan? <p><i>Si las puntualizaciones del plan exceden el 25 % del total de actividades no se cumple dicho principio.</i></p> <p>✓ ¿En qué momento se incorporan las puntualizaciones y en qué momento se deberían incorporar?</p>
Ejecución y control del plan	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de actividades que los involucrados actualizan con su porcentaje de cumplimiento del total de actividades. • Porcentaje de elementos que se actualiza con el porcentaje de cumplimiento del total de elementos. • Porcentaje de elementos que se actualiza paulatinamente con el porcentaje de cumplimiento del total de elementos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocurrencia y frecuencia con la que se ejecuta el proceso de Ejecución y control del plan. <p>Revisar granularidad en Elaboración y ejecución (plan y actv) para definir un método para agregación de eventos a nivel de plan.</p>
Evaluación de los	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de objetivos que tienen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocurrencia y frecuencia con

objetivos	definidos sus criterios de evaluación del total de objetivos. <ul style="list-style-type: none"> • Por ciento de medidas que se le actualiza su valor real del total de medidas. • Por ciento de medidas que se le actualiza sistemáticamente su valor real del total de medidas. 	la que del proceso de Evaluación de los objetivos.
-----------	---	--

Tabla 1 Preguntas que SIPAC no responde en cada proceso.

Actualmente SIPAC necesita de una solución que permita la predicción basada en tiempo de sus procesos de negocio, partiendo de un registro de eventos. Esta solución tiene como objetivo responder varias preguntas de las antes mencionadas y explicadas en la Tabla 1. Estas mejoras de las que carece el sistema se pueden resolver mediante la implementación de técnicas de la Minería de Procesos.

1.2 Gestión por proceso en sistemas de planificación

Los procesos son la parte del sistema empresarial capaz de abordar con éxito las exigencias del mundo de hoy. Por tanto, la problemática se centra en que los procesos sean cada vez más eficientes y eficaces, a la vez que respondan a las estrategias trazadas y a los conceptos esbozados en la misión y visión (León, Rivera y Nariño 2010).

La Gestión por Procesos es el modo de gestionar toda la organización basándose en los procesos y percibe la organización como un sistema interrelacionado. En la actualidad, en la mayoría de las organizaciones donde se aplica coexiste el enfoque de procesos con la administración funcional, se asignan “propietarios” a los procesos y se establece una gestión interfuncional generadora de valor para el cliente y que, por tanto, procura su satisfacción (León, Rivera y Nariño 2010).

La aplicación de la gestión por procesos en una organización permite: comprender la configuración de los procesos del negocio, sus fortalezas y debilidades, determinar los procesos que necesitan ser mejorados o rediseñados; establecer prioridades, iniciar y mantener planes de mejora que permitan alcanzar los objetivos establecidos; reducir la variabilidad innecesaria que aparece habitualmente cuando se producen o prestan determinados servicios y eliminar las ineficiencias asociadas a la repetitividad de las acciones o actividades, al consumo inapropiado de recursos, entre otras (León, Rivera y Nariño 2010).

1.3 Tecnologías para la predicción de tiempo en procesos

Existen varias tecnologías que posibilitan el análisis y la predicción del comportamiento de los procesos en el tiempo. A continuación, se explican las estudiadas en la presente investigación.

1.3.1 Simulación

La simulación consiste en jugar escenarios alternativos "a ser". Esto se hace sobre la base de un modelo, que normalmente se crea manualmente. El modelo refleja primero el proceso actual y luego se modifica para estimar los efectos reales eventuales de los cambios (por ejemplo, alternativas de rediseño en el proceso) antes de que se implementen realmente (Rozinat 2011b).

La utilidad de la simulación se apoya y cae con la validez del modelo. Esto significa que todas las influencias relevantes sobre el comportamiento del proceso necesitan ser conocidas y capturadas. Para procesos sencillos y estables esto puede funcionar, pero para muchos procesos complejos se acerca a "modelar el mundo" (Rozinat 2011b).

En la simulación, todo necesita ser capturado en un solo modelo. Además de la exigencia de ser "completa" esto se suma a la complejidad porque siempre es más fácil modelar diferentes aspectos de un proceso de forma aislada en lugar de todas las interdependencias (Rozinat 2011b).

1.3.2 Minería de datos

Se define como minería de datos al proceso no trivial de identificar patrones válidos, novedosos, potencialmente útiles y en última instancia comprensibles a partir de los datos (Varela 2006).

La minería de datos no se centra en la perspectiva del proceso, por lo que no incluye el aspecto temporal y no contempla una ejecución de un solo proceso como una secuencia de actividades que se han realizado (Rozinat 2011a).

Actualmente existen muchas herramientas de minería de datos que se utilizan para apoyar las decisiones de negocio en áreas específicas (por ejemplo: qué productos se deben colocar juntos en el supermercado, o: donde se debe enviar su folleto de marketing), pero no funcionan bien para los procesos (Rozinat 2011a).

1.3.3 Minería de procesos

La minería de procesos es una disciplina de investigación relativamente joven que se ubica entre la inteligencia computacional y la minería de datos, por una parte, y la modelación y análisis de procesos,

por otra. La idea de la minería de procesos es descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales y no los procesos supuestos, a través de la extracción de conocimiento de los registros de eventos ampliamente disponibles en los actuales sistemas (Aalst 2011).

Su aplicación 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 (Tax et al. 2016).

La minería de procesos ha surgido como una forma de analizar procesos basados en los registros de eventos de los sistemas que los soportan. Los sistemas de información actuales (por ejemplo, sistemas ERP) registran todo tipo de eventos. Además, también los sistemas embebidos (por ejemplo, equipos médicos, copiadoras, y otros sistemas de alta tecnología) comienzan a producir registros de eventos detallados. La omnipresencia de los registros de eventos es un importante facilitador para la minería de procesos. El objetivo principal de la minería de procesos es extraer el conocimiento de estos registros y utilizarlo para un análisis detallado de la realidad (Song y Van der Aalst 2008).

1.3.4 Selección de la tecnología

Tras realizar el análisis pertinente de las tecnologías anteriormente explicadas se decide utilizar para la presente investigación la minería de procesos. Atendiendo a que la Simulación solo permite conocer cómo se ejecutarán los procesos en el futuro. La minería de datos debido a que los procesos de negocios de hoy en día son tan complejos, las predicciones exactas son a menudo poco realistas. Mientras que con la aplicación de técnicas de la minería de procesos se puede solucionar el problema a resolver.

1.4 Minería de Procesos

La minería de procesos apunta exactamente hacia el aprovechamiento de los datos de eventos en una forma significativa, por ejemplo, para proveer un mejor entendimiento, identificar cuellos de botella, anticipar problemas, registrar violaciones de políticas, recomendar contramedidas, y simplificar procesos (Aalst 2011).

El punto de partida de la minería de procesos es un registro de eventos. Todas las técnicas de minería de procesos asumen que es posible registrar eventos secuencialmente tal que cada evento se refiera a una actividad y se relacione a un caso particular. Los registros de eventos podrían almacenar información adicional acerca de los eventos. De hecho, siempre que sea posible, las técnicas de minería de procesos

usan información extra, tales como el recurso que ejecuta o inicia la actividad, la marca de tiempo del evento, o elementos de datos registrados con el evento (Aalst 2011).

Los registros de eventos pueden ser utilizados para realizar tres tipos de minería de procesos.

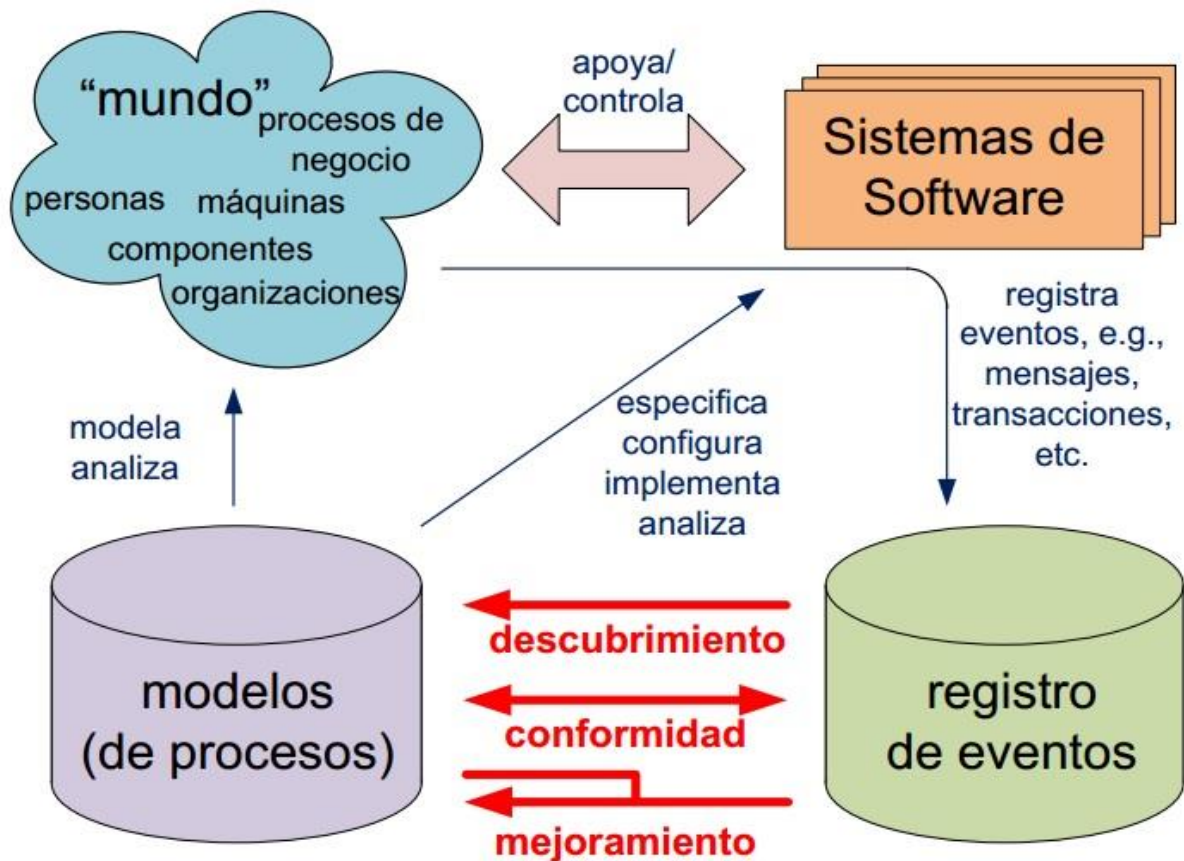


Figura 1 Posicionamiento de los tres tipos principales de minería de procesos. Fuente (Aalst 2011).

1.4.1 Tipos de minería de procesos

2. **Descubrimiento**, una técnica de descubrimiento toma un registro de eventos y produce un modelo sin usar ninguna información a-priori. El descubrimiento de procesos es la técnica de minería de procesos más destacada. Para muchas organizaciones es sorprendente ver que las técnicas existentes son realmente capaces de descubrir los procesos reales meramente basado en las muestras de ejecución en los registros de eventos (Aalst 2011).
3. **Conformidad**, aquí se compara un modelo de proceso existente con un registro de eventos del mismo proceso. La verificación de conformidad puede ser usada para chequear si la realidad, tal

como está almacenada en el registro de eventos, es equivalente al modelo y viceversa. Note que distintos tipos de modelo son considerados ya que la verificación de conformidad puede ser aplicada a modelos procedurales, modelos organizacionales, modelos de procesos declarativos, políticas/reglas de negocio, regulaciones, etc (Aalst 2011).

4. **Mejoramiento**, aquí la idea es extender o mejorar un modelo de proceso existente usando la información acerca del proceso real almacenada en algún registro de eventos. Mientras la verificación de conformidad mide el alineamiento entre el modelo y la realidad, este tercer tipo de minería de procesos busca cambiar o extender el modelo a-priori. Por ejemplo, al usar marcas de tiempo en el registro de eventos, uno puede extender el modelo para mostrar cuellos de botella, niveles de servicio, tiempos de procesamiento, y frecuencias (Aalst 2011).

1.4.2 Perspectivas de la minería de procesos

Existen diferentes perspectivas que la minería de procesos puede cubrir.

- La **perspectiva de control de flujo** se enfoca en el control de flujo, i.e., el orden de ejecución de las actividades. El objetivo de explorar esta perspectiva es encontrar una buena caracterización de todos los caminos posibles. El resultado se expresa típicamente en términos de una red de Petri o alguna otra notación de procesos (e.g., EPCs, BPMN, o diagramas de actividad UML), los actores (e.g., personas, sistemas, o departamentos) que están involucrados y cómo se relacionan. El objetivo es ya sea estructurar la organización clasificando a las personas en términos de roles y unidades organizacionales, o mostrar la red social (Ahumada y Valderrama 2013).
- La **perspectiva de casos** se enfoca en las propiedades de los casos. Obviamente, un caso puede ser caracterizado por su ruta en el proceso o por los actores que trabajan en él. Sin embargo, los casos también pueden ser caracterizados por los valores de los correspondientes elementos de datos. Por ejemplo, si un caso representa un pedido de reposición, podría ser interesante conocer el proveedor o la cantidad de productos solicitados (Aalst 2011).
- **Perspectiva organizacional:** responde a la pregunta ¿Quién realiza un trabajo determinado? trabajando sobre la información referente a los usuarios del sistema que ejecutaron cada actividad en específico. El objetivo es estructurar la organización al clasificar a las personas en términos de las funciones y roles, así como mostrar la relación entre los distintos usuarios (construir una red social) (Aalst 2011).

- La **perspectiva de tiempo** se relaciona con la ocurrencia y frecuencia de los eventos. Cuando los eventos tienen asociados marcas de tiempo, es posible descubrir cuellos de botella, medir niveles de servicio, monitorear la utilización de recursos, y predecir el tiempo de procesamiento restante de casos en ejecución (Aalst 2011).

Para el desarrollo de la presente investigación se escoge la perspectiva de tiempo, ya que se cuenta con eventos que tienen marcas de tiempo determinadas. Por lo tanto, esta perspectiva es la que permite la predicción del tiempo de las actividades de procesos de SIPAC.

1.4.3 Estudio del estado del arte de las técnicas de minería de procesos para predicción de tiempo

La Minería de Procesos implementa varias técnicas para la predicción basada en tiempo, a continuación se brinda una breve reseña de algunas de estas técnicas.

FSM Miner, plug-in que proporciona ProM para extraer un sistema de transición de un registro de eventos. El FSM Miner es un ejemplo de plug-in de minería en la clasificación dada anteriormente. La funcionalidad básica de este complemento es crear un sistema de transición basado en un registro de eventos, es decir, implementa la Definición 5 y soporta algunas abstracciones. De hecho, se admiten aún más abstracciones y perspectivas, por ejemplo, también se pueden usar elementos de datos, recursos, información transaccional, etc. para construir un sistema de transición. El FSM Miner se puede utilizar para diversos fines. Por ejemplo, utilizando la teoría de las regiones, el sistema de transición puede convertirse en una red de Petri o en otra representación de nivel superior. Sin embargo, el FSM Miner no proporciona ninguna funcionalidad directamente relacionada con la predicción (Aalst, Schonenberg y Song 2011).

FSM Analyzer, es una técnica de análisis implementada para ser ejecutada en el marco de trabajo ProM. Sus entradas son un registro de eventos y un sistema de transición. Este sistema de transición es obtenido luego de ejecutar un registro de eventos en la técnica FSM Miner. Al ejecutar la técnica FSM Analyzer se muestran los datos: elapsed times (promedio de tiempo transcurrido hasta el nodo actual), sojourn times (promedio de tiempo para llegar al fin del estado actual), y remaining times (promedio de tiempo restante para llegar al final del proceso a partir del estado actual). Además del promedio, la técnica

también soporta varianza, mínimo, máximo, suma, desviación típica y mediana para realizar el cálculo de los tiempos antes descritos (Aalst, Schonenberg y Song 2011).

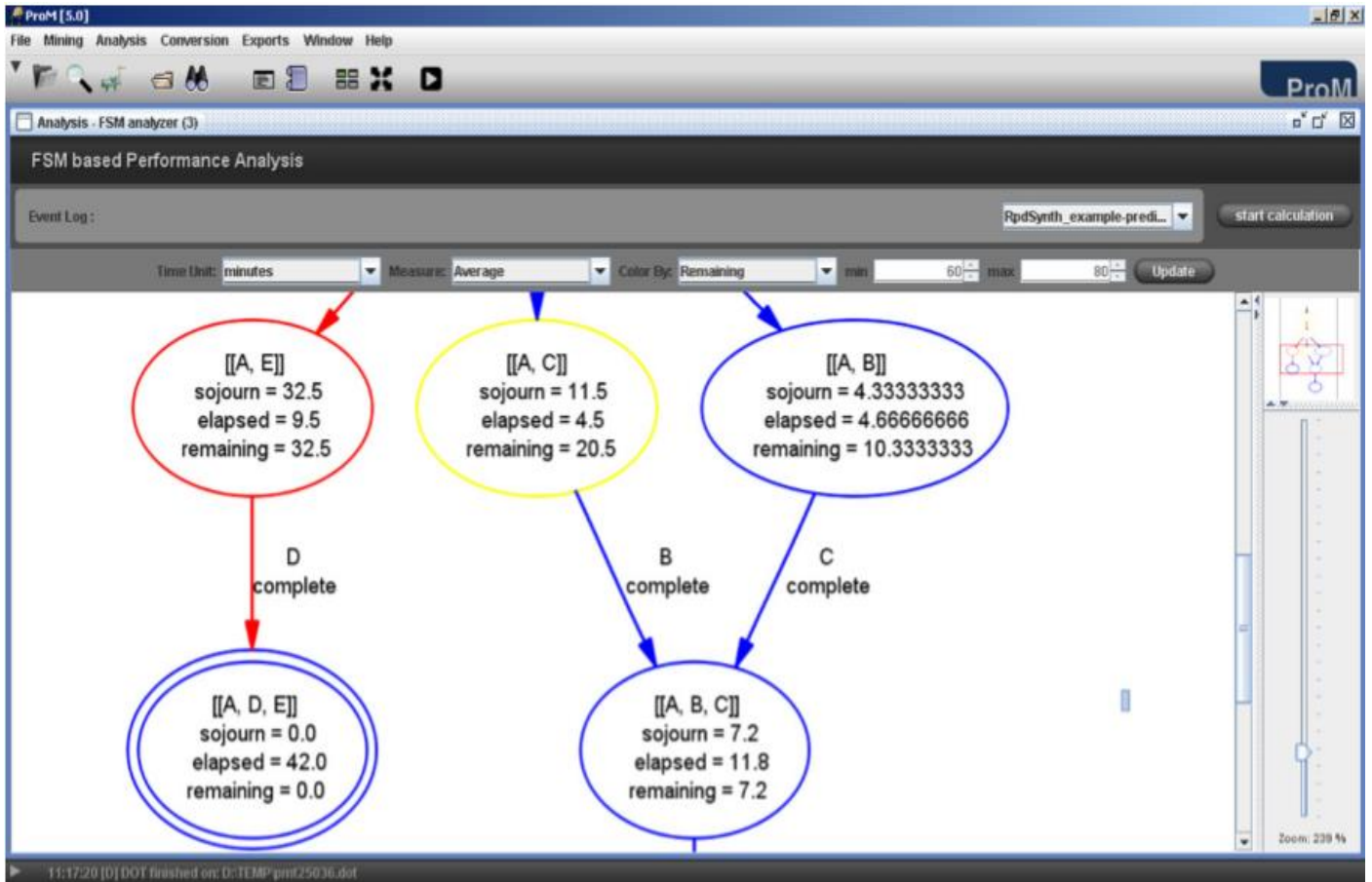


Figura 2 Captura de pantalla del Analizador FSM. Fuente(Aalst, Schonenberg y Song 2011).

Las técnicas FSM Analyzer y FSM Miner pertenecen a la versión 5.2 de la herramienta ProM, en la nueva versión 6.4 de dicha herramienta estas técnicas se nombran TSAalyzer y TSMiner respectivamente.

The Feature Prediction Package in ProM: Correlating Business Process Characteristics (Paquete de Predicción Futura in ProM: Características Correlacionadas del Proceso de Negocio), esta técnica tiene como entrada un registro de eventos. Proporciona un conjunto amplio y extensible de características relacionadas con el tiempo, enrutamiento, el orden de ejecución, la asignación de recursos, la carga de trabajo, y las desviaciones, y un marco genérico donde cualquier (variable dependiente) característica puede explicarse en cualquier conjunto de otras características (variables independientes). Por ejemplo, la

participación de una decisión de recursos o encaminamiento en particular puede estar relacionada con el tiempo transcurrido, y viceversa: el tiempo transcurrido puede estar relacionado con el comportamiento o encaminamiento de los recursos (Leoni y Aalst 2014).

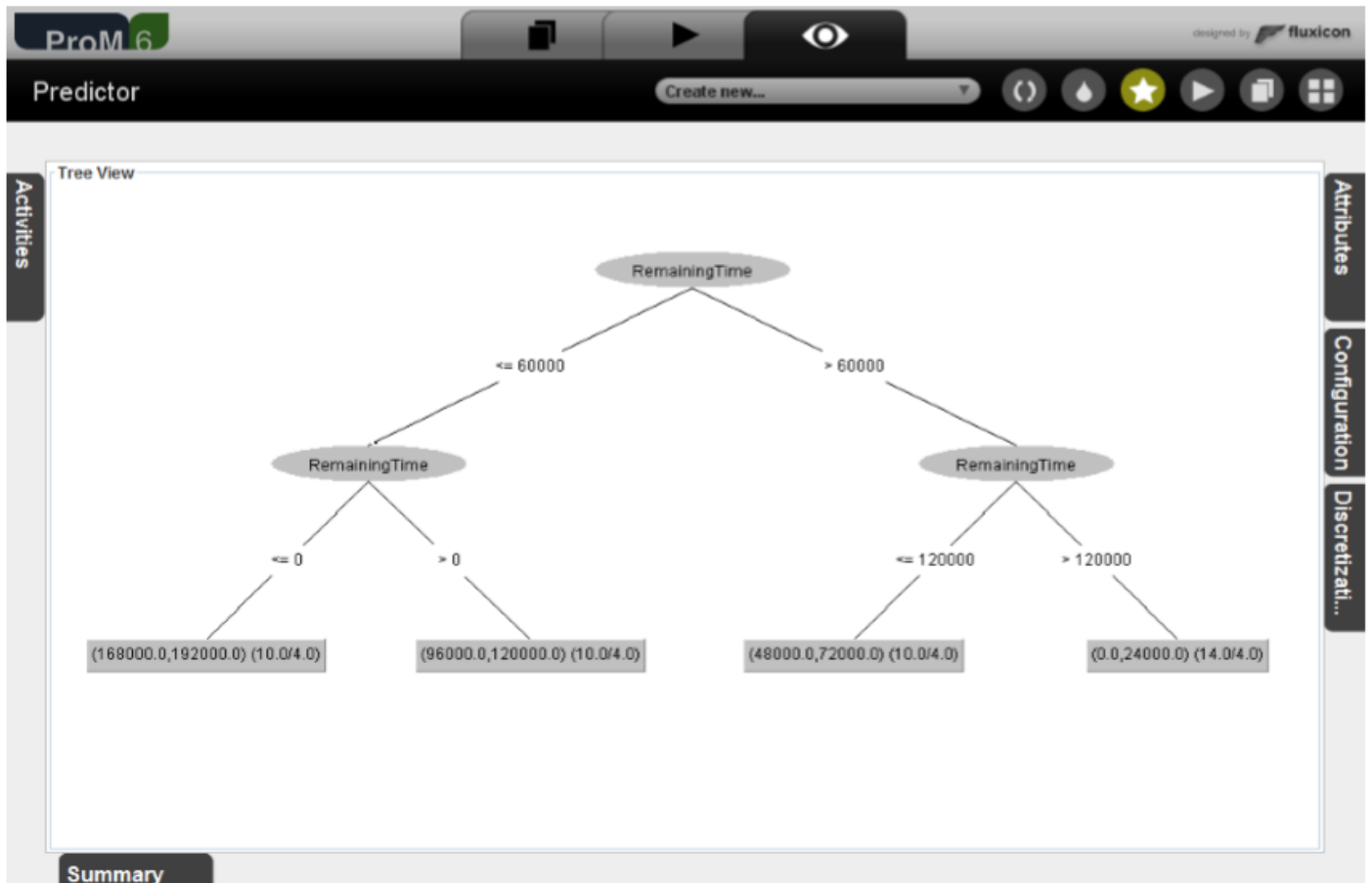


Figura 3 Captura de pantalla de The Feature Prediction. Fuente (Leoni y Aalst 2014).

Adaptive soft sensor for online prediction and process monitoring based on a mixture of Gaussian process models (Sensor suave (ligero) adaptativo para predicciones online y monitoreo de procesos basado en una mezcla de modelos de procesos Gaussiano.)

Los modelos lineales pueden ser inapropiados cuando trabajamos con procesos no lineales y multimodo, conduciendo a un sensor suave (ligero) con un pobre desempeño. Debido a la variación en el tiempo del comportamiento es necesario derivar e implementar algún mecanismo de adaptación para mantener el sensor suave (ligero) a un nivel deseado. Este procedimiento selecciona la variable de entrada más importante para la variable de salida, y así realizar la predicción, simplificando de esta manera el modelo

de desarrollo y adaptación. Además de la predicción online de la variable difícil-de-medir, este sensor suave (ligero) puede ser usado para el monitoreo de procesos adaptativos (Grbić, Slišković y Kadlec 2013).

Comparación de las técnicas y herramientas identificadas

Para la elección de la técnica a utilizar se realizó una comparación entre las estudiadas teniendo en cuenta algunos indicadores, licencia, para saber si la técnica o herramienta es libre o propietaria; plataforma, esto permite conocer las facilidades de integración que ofrece; importa registro XES, debido a que SIPAC cuenta con un componente para la extracción y transformación de trazas que genera registros de eventos en formato XES. Calcula desviación típica, calcula tiempo promedio y calcula tiempo máximo y mínimo por cada actividad fue necesario tenerlo en cuenta porque son los más útiles para realizar análisis de predicción basada en tiempo según la bibliografía consultada.

Indicadores	TSanalyzer	FeaturePrediction	Sensor suave adaptativo
Licencia	LGPL	LGPL	Privativa
Plataforma	Múltiple	Múltiple	Múltiple
Importa registro XES	Si	Si	No
Realiza análisis de predicción basada en tiempo	Si	Si	Si
Calcula desviación típica	Si	No	No
Calcula tiempo promedio	Si	No	No
Calcula tiempo máximo y mínimo por cada actividad	Si	No	No

Tabla 2 Comparación de las técnicas estudiadas. Fuente (Martínez y González 2016).

Partiendo de que SIPAC no cuenta con una herramienta que permita el análisis de la predicción basada en tiempo de sus procesos, las técnicas analizadas realizan dicha predicción. Las tres son multiplataforma, TSanalyzer y FeaturePrediction tienen licencia LGPL e importan registro XES. Solamente TSanalyzer es capaz de calcular desviación típica, tiempo promedio y tiempo máximo y mínimo por cada actividad. Como es evidente TSanalyzer por sus características antes analizadas es la que se decide utilizar en SIPAC para predecir tiempo.

1.5 Ambiente de desarrollo

El ambiente o entorno de desarrollo integra todas las tecnologías y herramientas que se utilizaron en la realización de la propuesta de solución. Estas deben estar bien integradas para que puedan relacionarse unas con otras. En resumen, el ambiente de desarrollo está formado por el conjunto de instrumentos (hardware, software, procedimientos, y otros) que facilitan o automatizan las actividades de desarrollo. A continuación, se describen las herramientas, tecnologías y lenguajes empleados en el desarrollo de la propuesta de solución.

1.5.1 Lenguajes

Lenguaje de programación: Java

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos que fue desarrollado por James Gosling de *Sun Microsystems* (la cual fue adquirida por la compañía Oracle) y publicado en 1995 como un componente fundamental de la plataforma *Java* de *Sun Microsystems*. Es un lenguaje robusto, pues no permite el manejo directo del *hardware* ni de la memoria (Fernández 2005). 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. Dentro de sus principales ventajas se encuentra la de ser multiplataforma, por tanto, la personalización a desarrollar podrá ser utilizada desde cualquier entorno sea este propietario o libre (Joy et al. 2000). Permitirá la creación e implementación de las clases controladoras. Así como la vista necesaria para mostrar los resultados finales.

1.5.2 Tecnologías a utilizar

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 (Payne y Phillips 2012).

1.5.3 IDE

Netbeans 8.1

Es un entorno de código abierto con una gran base de usuarios, es un entorno de desarrollo para programadores que puedan escribir, compilar, depurar y ejecutar programas; está escrito en Java, pero tiene la disponibilidad de funcionar en cualquier lenguaje de programación

Netbeans funciona en diversos sistemas operativos como: Windows, Linux, Mac o Solaris, de manera que es muy compatible y no se produce ningún problema de instalación. Permite el desarrollo de servicios Web.

ProM

ProM (abreviatura de Process Mining framework) es un marco de trabajo de código abierto para algoritmos de minería de procesos. ProM proporciona una plataforma para los usuarios y desarrolladores de los algoritmos de minería de procesos que es fácil de usar y fácil de entender (Aalst et al. 2009) por usuarios con conocimiento en el área de la minería de procesos. ProM 5.2 cuenta con más de 280 plugins para la minería de procesos, análisis, monitoreo y conversión. ProM está disponible como distribución binaria para Windows, Mac OS X y plataformas Unix (Verbeek et al. 2010).

Esta fue utilizada para analizar y comprender el funcionamiento de la técnica de minería de procesos, seleccionada para el desarrollo de la solución propuesta. Además, es empleada para comparar los resultados obtenidos en el uso de la técnica TSAalyzer, con los resultados obtenidos una vez instanciada esta misma técnica.

Conclusiones parciales

Fueron creadas las bases de la investigación partiendo del análisis de la problemática y el campo de acción de la misma. Se seleccionaron las tecnologías adecuadas para desarrollar la propuesta de solución teniendo en cuenta el estudio realizado acerca de las técnicas para la predicción basada en tiempo en la ejecución de procesos, por lo que lleva a determinar que es necesario realizar una personalización de la técnica TSAalyzer para SIPAC.

CAPÍTULO 2: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Introducción

En el presente capítulo se propone el desarrollo de una vista de análisis para realizar predicción basada en tiempo de actividades de los procesos del Sistema para la Planificación de Actividades y los detalles de esta propuesta. Se describe la técnica TSanalyzer, sus entradas, salidas, dependencias y una muestra de sus resultados. Se ofrece además un modelo conceptual explicando el funcionamiento de dicha técnica.

2.1 Arquitectura

Para el desarrollo de la propuesta de solución se utiliza la arquitectura basada en componentes. Se analizan sus principios fundamentales y los beneficios que trae su utilización.

Una arquitectura basada en componentes describe una aproximación de ingeniería de software al diseño y desarrollo de un sistema. Esta arquitectura se enfoca en la descomposición del diseño en componentes funcionales o lógicos que expongan interfaces de comunicación bien definidas. Esto provee un nivel de abstracción mayor que los principios de orientación por objetos y no se enfoca en asuntos específicos de los objetos como los protocolos de comunicación y la forma como se comparte el estado (Peláez 2017).

El estilo de arquitectura basado en componentes tiene algunas características. Es un estilo de diseño para aplicaciones compuestas de componentes individuales. Pone énfasis en la descomposición del sistema en componentes lógicos o funcionales que tienen interfaces bien definidas. Define una aproximación de diseño que usa componentes discretos, los que se comunican a través de interfaces que contienen métodos, eventos y propiedades (Peláez 2017).

2.1.1 Principios fundamentales

Un componente es un objeto de software específicamente diseñado para cumplir con cierto propósito. Los principios fundamentales cuando se diseña un componente es que estos deben ser:

- ✓ **Reusable.** Los componentes son usualmente diseñados para ser utilizados en escenarios diferentes por diferentes aplicaciones, sin embargo, algunos componentes pueden ser diseñados para tareas específicas.

- ✓ **Sin contexto específico.** Los componentes son diseñados para operar en diferentes ambientes y contextos. Información específica como el estado de los datos deben ser pasadas al componente en vez de incluirlos o permitir al componente acceder a ellos.
- ✓ **Extensible.** Un componente puede ser extendido desde un componente existente para crear un nuevo comportamiento.
- ✓ **Encapsulado.** Los componentes exponen interfaces que permiten al programa usar su funcionalidad. Sin revelar detalles internos, detalles del proceso o estado.
- ✓ **Independiente.** Los Componentes están diseñados para tener una dependencia mínima de otros componentes. Por lo tanto, los componentes pueden ser instalados en el ambiente adecuado sin afectar otros componentes o sistemas.

2.1.2 Principales beneficios

Los siguientes son los principales beneficios del estilo de arquitectura basado en componentes:

- **Facilidad de Instalación.** Cuando una nueva versión esté disponible, usted podrá reemplazar la versión existente sin impacto en otros componentes o el sistema como un todo.
- **Costos reducidos.** El uso de componentes de terceros permite distribuir el costo del desarrollo y del mantenimiento.
- **Facilidad de desarrollo.** Los componentes implementan una interface bien definida para proveer la funcionalidad definida permitiendo el desarrollo sin impactar otras partes del sistema.
- **Reusable.** El uso de componentes reutilizables significa que ellos pueden ser usados para distribuir el desarrollo y el mantenimiento entre múltiples aplicaciones y sistemas.
- **Mitigación de complejidad técnica.** Los componentes mitigan la complejidad por medio del uso de contenedores de componentes y sus servicios. Ejemplos de servicios de componentes incluyen activación de componentes, gestión de la vida de los componentes, gestión de colas de mensajes para métodos del componente y transacciones.

2.2 Patrones de diseño

Los patrones de diseño son soluciones a problemas repetidos en la construcción de software y en ocasiones pueden incluir sugerencias para aplicar estas soluciones en diversos entornos (Díaz, Montero y Aedo 2005).

2.1.1 Patrones Generales de Software de Asignación de Responsabilidades (GRASP)

Los patrones GRASP (traducido al español Patrones Generales de Software de Asignación de Responsabilidades), más que patrones propiamente dichos, son una serie de “buenas prácticas” de aplicación recomendable en el diseño de software. Estos patrones describen los principios fundamentales de diseño de objetos para la asignación de responsabilidades. Los utilizados en el diseño fueron:

- **Creador:** se encarga de guiar la asignación de responsabilidades relacionadas con la creación de objetos. Su intención es encontrar un creador que necesite conectarse al objeto creado en alguna situación (Kaisler 2005).
- **Bajo acoplamiento:** este patrón expresa que entre las clases deberán existir pocas ataduras, es decir, estas estarán lo menos relacionadas posible, de forma tal que, en caso de producirse una modificación en alguna de ellas, se tenga la mínima repercusión posible en el resto de las clases, incrementando la reutilización y disminuyendo la dependencia entre las clases (Kaisler 2005).
- **Alta cohesión:** propone que la información que almacena una clase debe de ser coherente y debe estar, en la medida de lo posible, relacionada con la clase. Al realizar un cambio en una clase con alta cohesión, todos los métodos que pueden verse afectados, estarán a la vista, en el mismo archivo. Incrementa la claridad, la reutilización y la facilidad de comprensión del diseño (Kaisler 2005).

2.1.2 Patrones de comportamiento GoF

Cadena de responsabilidades: su propósito es proporcionar a más de un objeto la capacidad de atender una petición, para así evitar el acoplamiento con el objeto que hace la petición. Se forma con esto una cadena en la que cada objeto o satisface la petición o la pasa al siguiente.

En el desarrollo de la propuesta de solución se utiliza este patrón para disminuir el costo computacional, organizar las tareas de procesamiento y dividir las funciones en hilos de procesos. Este patrón se evidencia en la clase **vista_TSA**, donde para ser mostrados los resultados es necesario que mediante el objeto **tecn** se le realice la petición a la clase **Tecnica_TSA**, la que a su vez le pasa la solicitud a la clase **ObtenerDatos** a través del objeto **obj**. Esta última es la que cumple la petición realizada por la clase **vista_TSA**.

2.3 Estándares de codificación

Los estándares de codificación son pautas de programación que no están enfocadas a la lógica del programa, sino a su estructura y apariencia física para facilitar la lectura, comprensión y mantenimiento del código. Constituyen una guía para el desarrollo en las líneas de producción, desde el punto de vista arquitectónico, con el propósito de lograr una estandarización del código. Permiten una mejor integración entre las líneas de producción y se establecerán las pautas que conlleven a lograr un código más legible y reutilizable, de tal forma que se pueda aumentar su mantenibilidad a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan algunos de los estándares de codificación definidos y aplicados en el desarrollo de la propuesta de solución:

- Se debe utilizar como idioma el español, las palabras no se acentuarán.
- Todos los ficheros fuentes deben comenzar con un comentario en el que se lista el nombre de la clase, información de la versión, fecha y copyright.
- Las líneas en blanco mejoran la facilidad de lectura separando secciones de código que están lógicamente relacionadas. Se deben usar siempre dos líneas en blanco en las siguientes circunstancias:
 - Entre las secciones de un fichero fuente.
 - Entre las definiciones de clases e interfaces.
- Se debe usar siempre una línea en blanco en las siguientes circunstancias:
 - Entre métodos.
 - Entre las variables locales de un método y su primera sentencia.
 - Antes de un comentario de bloque o de un comentario de una línea.
 - Entre las distintas secciones lógicas de un método para facilitar la lectura.
- Se debe dar un espacio en blanco en la siguiente situación:
 - Entre una palabra clave del lenguaje y un paréntesis.
- Respecto a las normas de inicialización, declaración y colocación de variables, constantes, clases y métodos:
 - Todas las instancias y variables de clases o métodos empezarán con minúscula. Las palabras internas que lo forman, si son compuestas, empiezan con su primera letra en mayúsculas. Los nombres de variables no deben empezar con los caracteres guion bajo "_" o signo de peso "\$", aunque ambos están permitidos por el lenguaje.
 - Los nombres de variables de un solo carácter se deben evitar, excepto para variables índices temporales.

- Los nombres de las variables declaradas como constantes deben aparecer totalmente en mayúscula separando las palabras con un guion bajo ("_").
 - Los nombres de las clases deben ser sustantivos, cuando son compuestos tendrán la primera letra de cada palabra que lo forma en mayúscula. Mantener los nombres de las clases simples y descriptivas. Usar palabras completas, evitar acrónimos y abreviaturas.
 - Los métodos deben ser verbos, cuando son compuestos tendrán la primera letra en minúscula y la primera letra de las siguientes palabras que lo forman en mayúscula.
- Respecto a la indentación y longitud de la línea:
- Se deben emplear cuatro espacios como unidad de indentación. La construcción exacta de la indentación (espacios en blanco contra tabuladores) no se especifica. Los tabuladores deben ser exactamente cada ocho espacios.
 - Evitar las líneas de más de ochenta caracteres, ya que no son manejadas bien por muchas terminales y herramientas.

2.4 Análisis de la técnica

La solución para el presente trabajo está basada en el funcionamiento de la técnica TSAalyzer, es decir se siguen paso a paso los procedimientos que la técnica requiere para su implementación. Para lo cual se realiza a continuación una descripción detallada de TSAalyzer.

2.4.1 TSAalyzer

La técnica TSAalyzer tiene como entradas un registro de eventos y un sistema de transición. Este sistema de transición es obtenido ejecutando un registro de eventos en la técnica TSMiner. Para lograr un mejor entendimiento por parte de los usuarios de SIPAC, los autores de la presente investigación decidieron realizar una personalización de dicha técnica. Para lograr dicha personalización fue necesario realizar 4 fases fundamentales, obtener registro de eventos, generar el sistema de transición, obtener métricas para el análisis y mostrar datos para el análisis. Dichas fases son explicadas a continuación.

1. **Obtener registro de eventos**, se obtiene el registro de eventos desde el componente para la extracción y transformación de trazas, que es el encargado de conectarse a la base de datos de SIPAC y generar el registro de eventos solicitado.
2. **Generar el sistema de transición**, en esta fase se toma el registro de eventos y la técnica TSMiner lo recibe por parámetros, esta contiene un conjunto de métricas de entrada. Estas

métricas de entrada son definidas algunas automáticamente y otras toman valores por defecto para facilitarle el trabajo al usuario final.

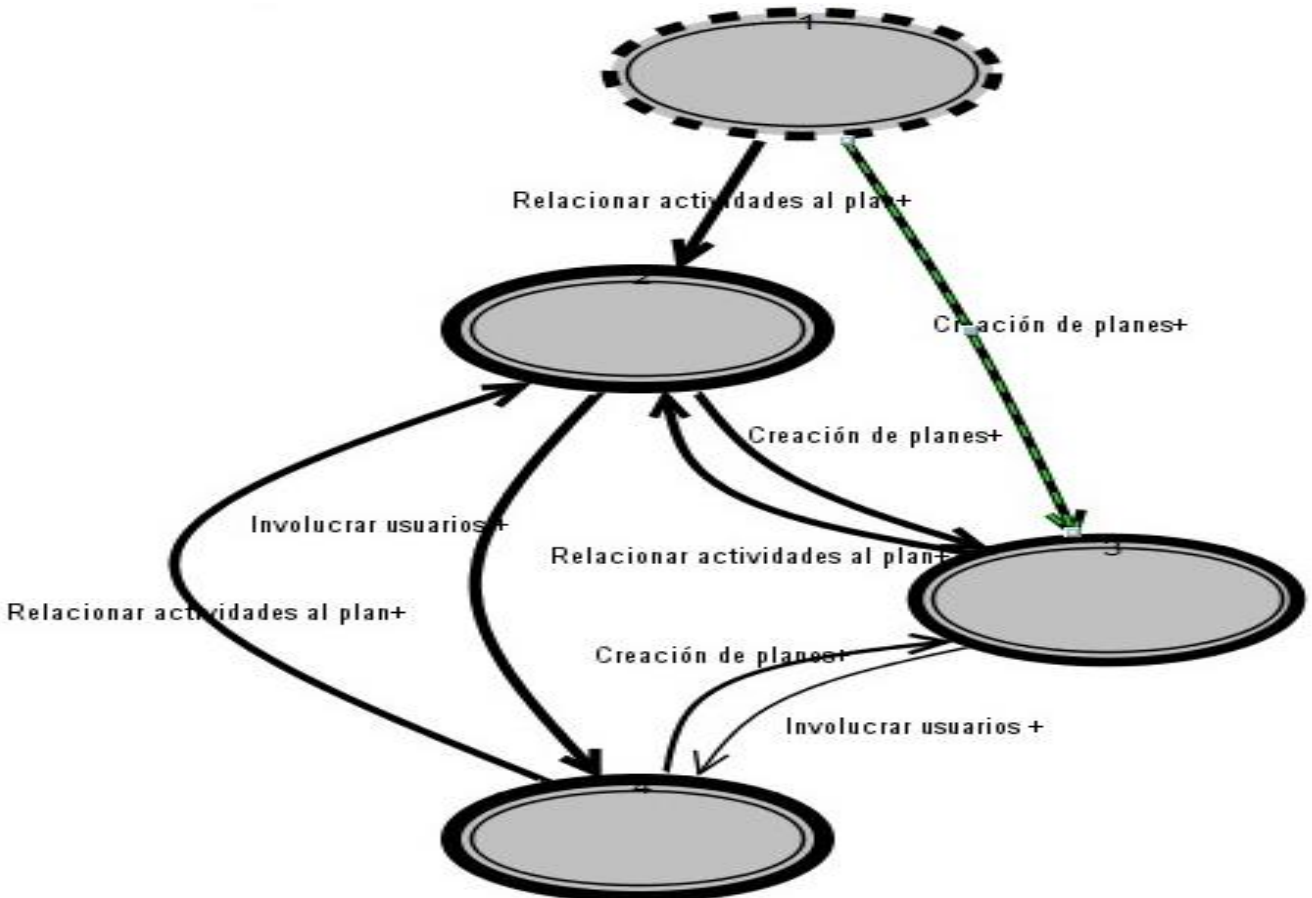


Figura 4 Salida de la técnica TSMiner ejecutada en el ProM. Fuente (marco de trabajo ProM).

3. **Obtener métricas**, para el análisis se obtiene el registro de eventos y el sistema de transición y se le configura por parámetros a la técnica TSAlyzer. Esta genera un árbol de decisión donde cada nodo representa una actividad dentro del proceso y las métricas asociadas en una tabla. Esta vista no es entendible para un usuario sin conocimientos básicos de minería de procesos.
4. **Mostrar datos para el análisis**, se exponen las métricas de salida producto del árbol de decisión, en una tabla donde son más entendibles para el usuario final.

TSAalyzer tiene como salida un árbol de decisión donde se representan todas las actividades del proceso. Después de seleccionar una actividad se muestra una tabla con los diferentes tiempos que calcula la técnica.

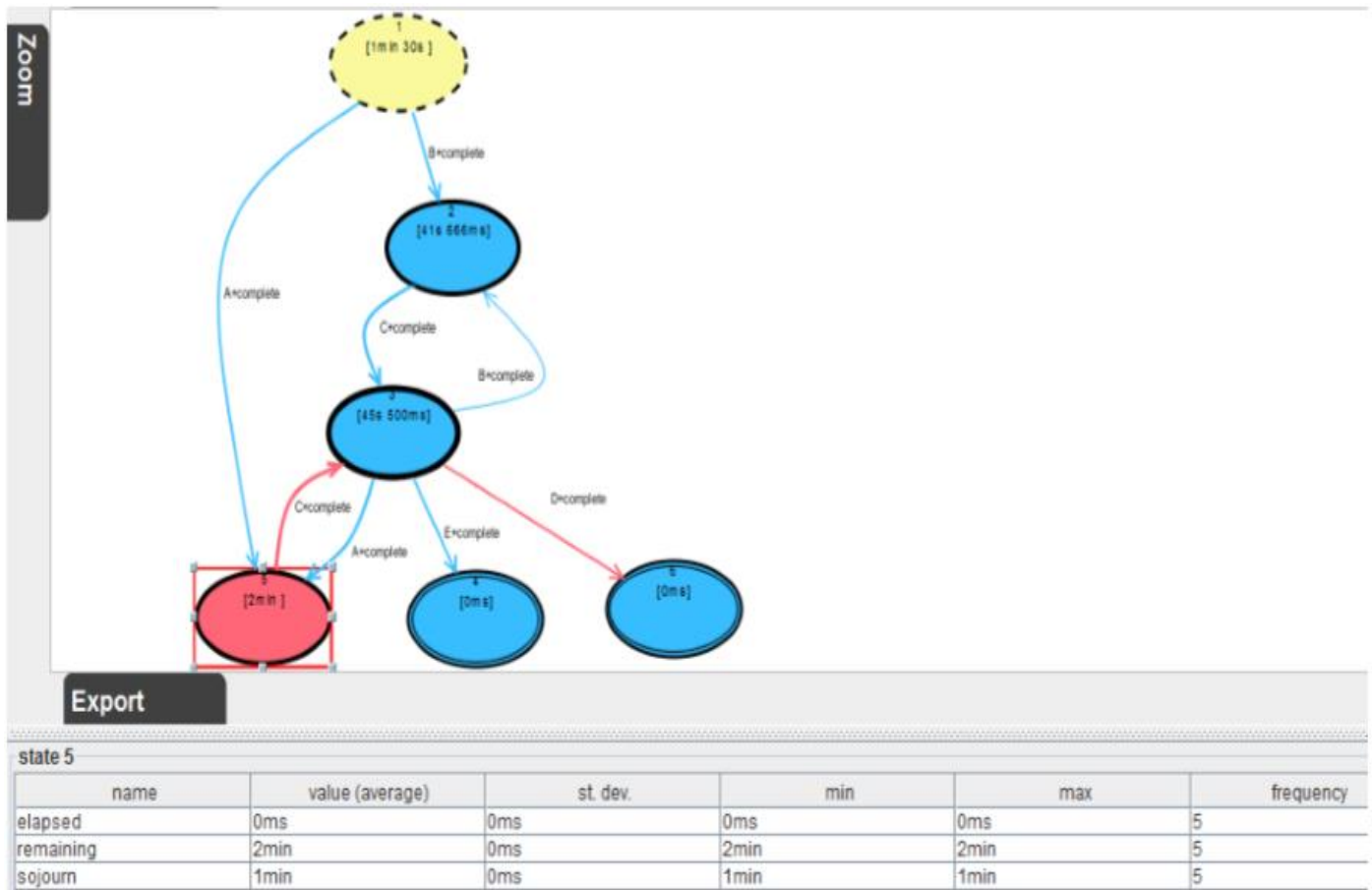


Figura 5 Ejemplo de salida de la técnica TSAalyzer. Fuente (Martínez y González 2016).

En esta figura las actividades de color azul representan las actividades que menos tiempo de ejecución demoran, las actividades de color rojo representan las actividades que más tiempo de ejecución emplean y las actividades de color amarillo representan las actividades que su tiempo de ejecución no es elevado, pero tampoco es el óptimo. Los arcos representan las transiciones entre una actividad y otra, los colores en ellas representan lo mismo que en el caso de los nodos.

Algoritmos básicos de la técnica

Para cada traza de ejecución de proceso en el registro de eventos:

- ✓ Se crea un conjunto para cada subsecuencia de actividades que no ha sido ejecutada previamente:
 - ✓ En caso de haber sido ejecutada con anterioridad se añade el valor obtenido al conjunto de la subsecuencia, donde cada elemento es el tiempo restante de ejecución desde la actividad actual hasta el fin del proceso.
 - ✓ Esto se calcula restando el timestamp de la actividad actual con el timestamp de la actividad final de la traza de ejecución del proceso en cuestión.

- ✓ Cada subsecuencia se crea comenzando por el elemento nulo (cuando el conjunto está vacío y no se ha ejecutado ninguna actividad) y añadiendo las actividades que se ejecutan a continuación hasta la última actividad en la traza de ejecución.

La técnica soporta promedio, varianza, mínimo, máximo, suma, desviación típica y mediana para realizar el cálculo de los tiempos necesarios para realizar los análisis de predicción basada en tiempo (Aalst, Schonenberg y Song 2011).

2.5 Personalización de la técnica TSAalyzer

Para lograr la personalización de la técnica fue necesario realizar algunas modificaciones de la misma. A continuación, se explican estas modificaciones y las clases que se crearon.

Modificaciones de la técnica

Se eliminan parámetros de los respectivos constructores de las clases TSMinerPlugin y TSAalyzerPlugin. Así como todo lo que dependía de estos parámetros.

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de la eliminación de la variable **context**. Esta variable es eliminada en todas las clases y métodos en que era utilizada. Esto se realiza con el objetivo de eliminar las dependencias de la herramienta ProM.

Clases creadas

Se crea la clase controladora **Tecnica_TSA**, ejemplificada en la Figura 7. Es creada además la clase **ObtenerDatos**, esta es mostrada en la Figura 8. Finalmente, para la interacción del usuario con la información se crea la clase **vista_TSA**, un ejemplo de dicha creación se muestra en la Figura 9.

```

public class TSMiner {

    /**
     * The context of this miner.
     */
    //private final PluginContext context;
    /**
     * Cache for all events in one trace.
     */
    //private TSEventCache eventCache;
    /**
     * Creates a miner, given its context.
     *
     *
     */
    public TSMiner() {
        //this.context = context;
        //eventCache = new TSEventCache();
    }
}

```

Figura 6 Captura de pantalla de un ejemplo de la eliminación de la variable context. Fuente (elaboración propia).

```

public class Tecnica_TSA {

    File file;
    private AnnotatedTransitionSystem[] arr1;
    private ObtenerDatos obje;

    public Tecnica_TSA(File file) {
        XLog xlog = null;
        Object[] arr = null;
        this.file = file;

        Object[][] fin = null;

        arr1 = new AnnotatedTransitionSystem[1];
        XesXmlParser xParser = new XesXmlParser();
        obje = new ObtenerDatos(arr1);
    }
}

```

Figura 7 Ejemplo de la creación de la clase Tecnica_TSA. Fuente (elaboración propia).


```

public class ObtenerDatos {

    Object[][] t = null;

    String recurso;
    String actividad;
    float promedio;
    float max;
    float min;
    float desv_t;
    AnnotatedTransitionSystem[] arr1 = new AnnotatedTransitionSystem[1];

    private static final int SECONDS = 1000;
    private static final int MINUTES = 60 * SECONDS;
    private static final int HOURS = 60 * MINUTES;
    private static final int DAYS = 24 * HOURS;

    long miliseconds;
    long seconds;
    long minutes;
    long hours;
    long days;

    public ObtenerDatos(AnnotatedTransitionSystem[] arr) {
        this.arr1 = arr;
        t = null;
    }
}

```

Figura 8 Ejemplo de la creación de la clase ObtenerDatos. Fuente (elaboración propia).

```

public class vista_TSA extends javax.swing.JFrame {

    public static File f;

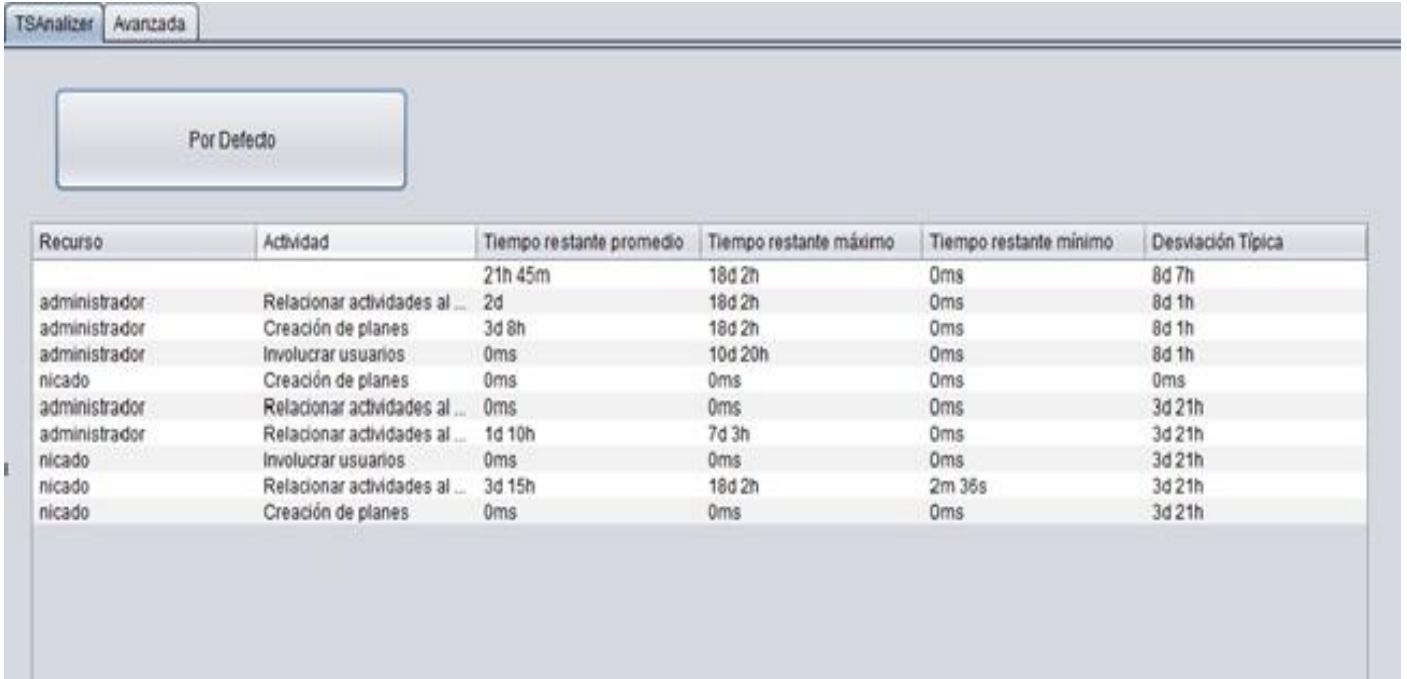
    TSystem tecn;
    private final ObtenerDatos obdate;
    Object[][] q = null;
    Object[] fila;
    DefaultTableModel modelo;
}

```

Figura 9 Ejemplo de la clase vista_TSA. Fuente (elaboración propia).

2.6 Visualización de los resultados

Una vez personalizada la técnica los resultados son mostrados en una tabla. Esta está compuesta por 5 columnas, la primera corresponde al recurso, es decir la persona que ejecuta la actividad. Las cuatro restantes corresponden al promedio, mínimo, máximo y desviación típica del tiempo restante de ejecución. A continuación, se muestra una vista de la tabla antes mencionada.



Recurso	Actividad	Tiempo restante promedio	Tiempo restante máximo	Tiempo restante mínimo	Desviación Típica
		21h 45m	18d 2h	0ms	8d 7h
administrador	Relacionar actividades al ...	2d	18d 2h	0ms	8d 1h
administrador	Creación de planes	3d 8h	18d 2h	0ms	8d 1h
administrador	Involucrar usuarios	0ms	10d 20h	0ms	8d 1h
nicado	Creación de planes	0ms	0ms	0ms	0ms
administrador	Relacionar actividades al ...	0ms	0ms	0ms	3d 21h
administrador	Relacionar actividades al ...	1d 10h	7d 3h	0ms	3d 21h
nicado	Involucrar usuarios	0ms	0ms	0ms	3d 21h
nicado	Relacionar actividades al ...	3d 15h	18d 2h	2m 35s	3d 21h
nicado	Creación de planes	0ms	0ms	0ms	3d 21h

Figura 10 Captura de pantalla de los resultados obtenidos al aplicar la técnica personalizada. Fuente (elaboración propia).

Se emplearon como métricas para la predicción: el tiempo mínimo, tiempo máximo, tiempo promedio y la desviación típica. Los resultados de las métricas seleccionados están relacionados entre sí, permitiendo una mejor comprensión de los valores obtenidos. Con el cálculo del tiempo mínimo y máximo se permite conocer el rango de tiempo en el cual se espera termine la ejecución del proceso a partir de la actividad en cuestión. El tiempo promedio nos permite saber el valor más probable que puede tardar en terminar el proceso.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_j}{n}$$

Ecuación para el cálculo del tiempo promedio

Mientras que la desviación típica informa sobre la dispersión de los datos respecto al valor del promedio, cuanto mayor sea su valor, más dispersos estarán los datos. La desviación típica se calcula como la raíz cuadrada de la varianza. La técnica empleada en la presente investigación permite el cálculo de la varianza, pero esta no se interpreta claramente al ser expresada en unidades cuadráticas. Por tanto, los autores de la presente investigación, deciden utilizar la desviación típica como estimador en lugar de la varianza para facilitar la comprensión de los valores obtenidos.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Ecuación para el cálculo de la desviación típica

Conclusiones parciales

Como resultado se obtuvo una vista de análisis para realizar predicción basada en tiempo de las actividades de proceso del Sistema para la Planificación de actividades (SIPAC), usando las tecnologías y herramientas antes mencionadas. El análisis teórico de la técnica propuesta permitió obtener los conocimientos necesarios para su personalización. El flujo conceptual de la propuesta de solución propició enmarcar el dominio, aplicación e integración de las tecnologías necesarias para solucionar la problemática planteada. La definición de los estándares y patrones de desarrollo posibilitaron conducir exitosamente el proceso de implementación de la propuesta de solución.

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Introducción

En este capítulo se valida la propuesta de solución y se muestran los resultados alcanzados a partir de la personalización de la técnica para realizar el análisis de predicción basada en tiempo. Para ello se aplica un caso de estudio y se aplica la técnica ladov para conocer el índice de satisfacción grupal.

3.1 Aplicación de un caso de estudio

Para validar la personalización de la técnica se realiza la aplicación de un caso de estudio. Con el propósito de comparar el entendimiento de los resultados que se obtienen de aplicar la técnica TSAalyzer en la herramienta ProM en su versión 6.4.1 con los resultados de aplicar la técnica personalizada. Para dicha comparación se utiliza un pequeño registro de eventos de SIPAC. Para dicha comparación se comienza por explicar de forma general los pasos necesarios para aplicar la técnica en dichas herramientas.

3.1.1 Aplicación de la técnica TSAalyzer en ProM

Paso 1: Importar el registro de eventos. (Ver Anexo 1).

Paso 2: Buscar y seleccionar la técnica TSMiner.

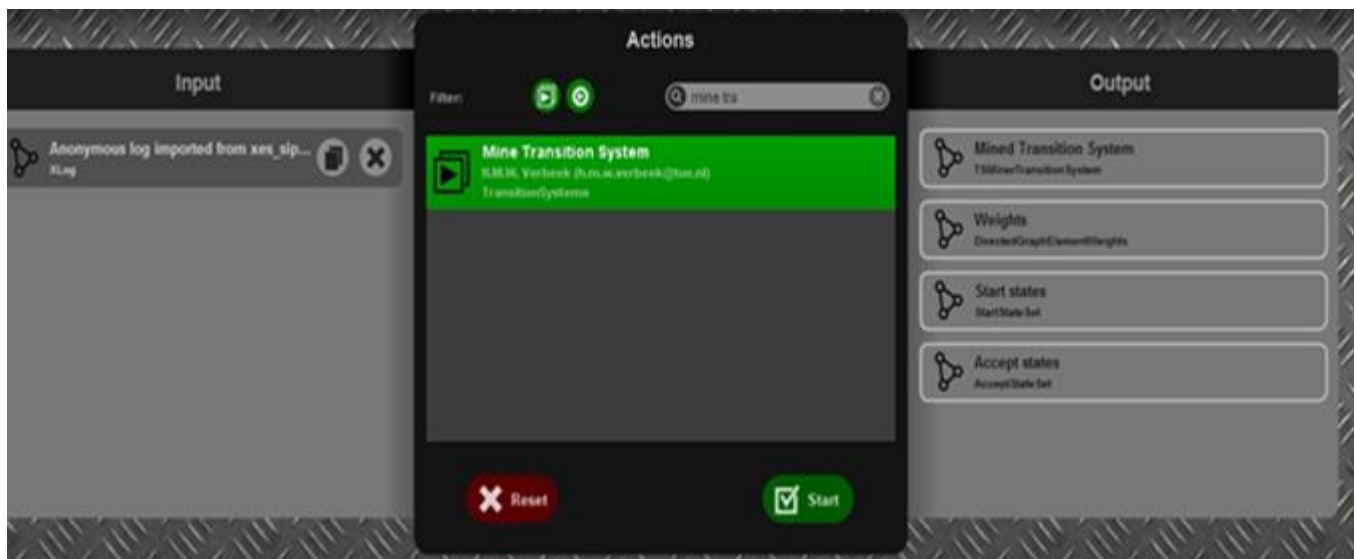


Figura 11 Selección de TSMiner en ProM.

Paso 3: Seleccionar la clave de configuración. (Ver Anexo 2).

Paso 4: Seleccionar la colección de tipo conjunto y seleccionar el límite de tamaño de la colección. (Ver Anexo 3).

Paso 5: Escoger los eventos claves. (Ver Anexo 4).

Paso 6: Seleccionar el nombre de los eventos.

Paso 7: Seleccionar los recursos.

Paso 8: Seleccionar los valores de etiquetas de transición.

Paso 9: Seleccionar la opción “Eliminar lazos automáticos”.

Paso 10: Chequear la configuración y presionar “Finalizar”.

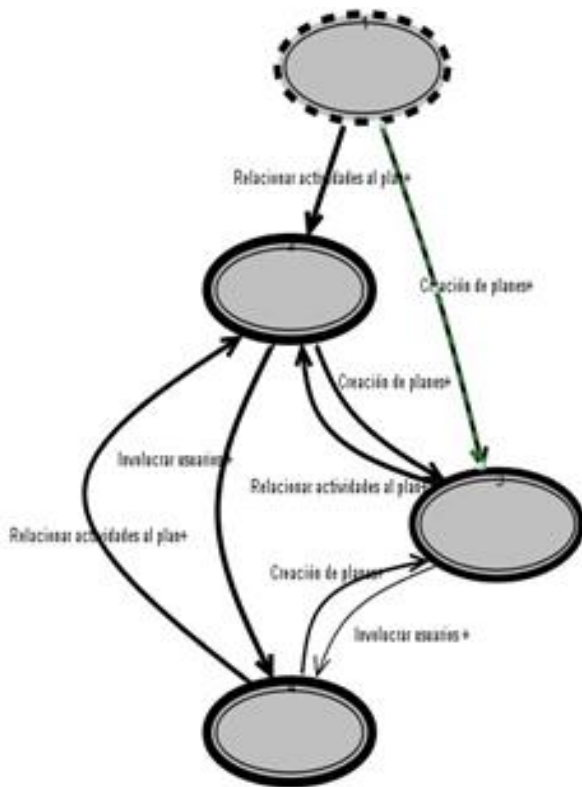


Figura 12 Captura de pantalla del ST obtenido la técnica TSMiner en ProM.

Paso 11: Seleccionar la técnica TSAalyzer.



Figura 13 Selección de TSAalyzer en ProM. Fuente (marco de trabajo ProM).

Paso 12: Seleccionar el sistema de transición y presionar “Finalizar”.

Resultado final

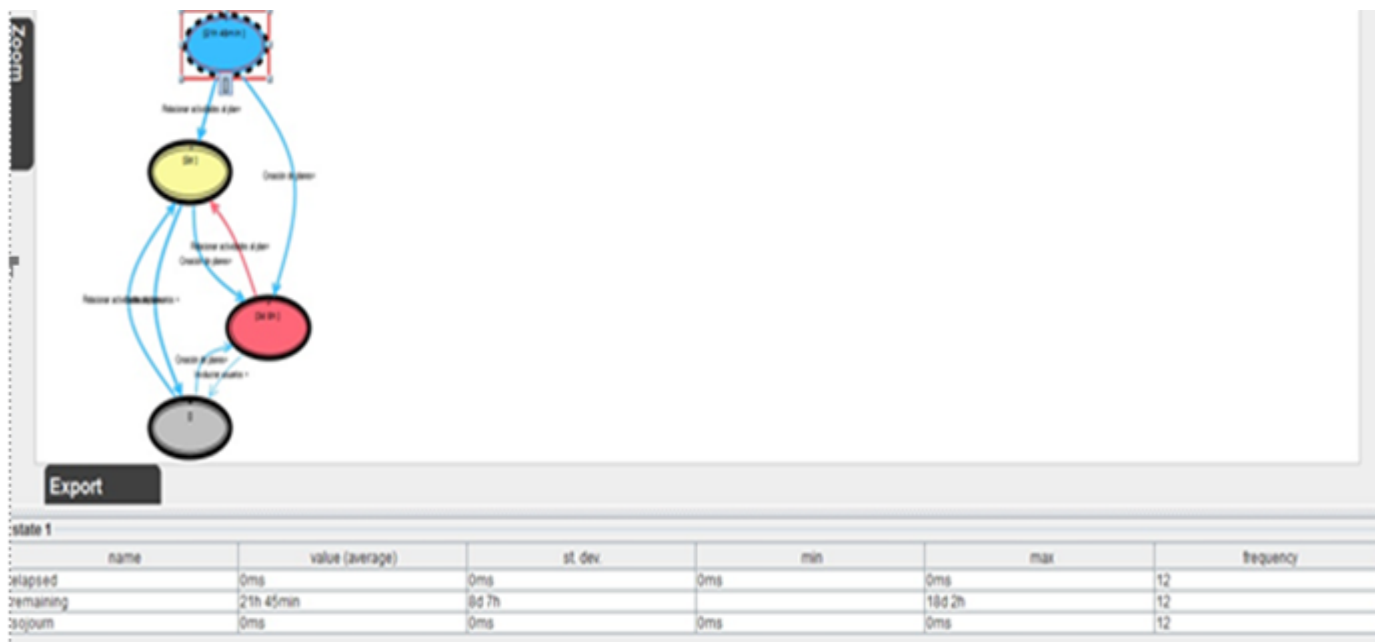


Figura 14 Resultado final de TSAalyzer en ProM. Fuente (marco de trabajo ProM).

3.1.2 Aplicación de la técnica TSMAnalyzer personalizada

Paso 1: Importar el registro de eventos en la herramienta de minería de procesos.



Figura 15 Captura de pantalla de la herramienta de MP. Fuente (elaboración propia).

Paso 2: Seleccionar la técnica TSMAnalyzer.



Figura 16 Captura de pantalla de la herramienta de MP. Fuente (elaboración propia).

Resultados

TSAnalyzer Avanzada

Por Defecto

Recurso	Actividad	Tiempo restante promedio	Tiempo restante máximo	Tiempo restante mínimo	Desviación Típica
administrador	Relacionar actividades al ...	21h 45m	18d 2h	0ms	8d 7h
administrador	Creación de planes	2d	18d 2h	0ms	8d 1h
administrador	Creación de planes	3d 8h	18d 2h	0ms	8d 1h
administrador	Involucrar usuarios	0ms	10d 20h	0ms	8d 1h
nicado	Creación de planes	0ms	0ms	0ms	0ms
administrador	Relacionar actividades al ...	0ms	0ms	0ms	3d 21h
administrador	Relacionar actividades al ...	1d 10h	7d 3h	0ms	3d 21h
nicado	Involucrar usuarios	0ms	0ms	0ms	3d 21h
nicado	Relacionar actividades al ...	3d 15h	18d 2h	2m 35s	3d 21h
nicado	Creación de planes	0ms	0ms	0ms	3d 21h

Figura 17 Captura de pantalla de los resultados obtenidos al aplicar la técnica personalizada. Fuente (elaboración propia).

Como queda en evidencia la aplicación de la técnica en la herramienta ProM es más compleja en cuanto a la cantidad de pasos y acciones que debe seguir el usuario. Sin embargo, una vez personalizada la técnica el usuario solo debe realizar dos pasos.

3.2 Aplicación de la técnica ladov para conocer el índice de satisfacción grupal

Para realizar el análisis de satisfacción grupal, los autores de la presente investigación emplearon la técnica de ladov, esta constituye una vía para el estudio del grado de satisfacción. Se creó con el fin de establecer un nivel de satisfacción por la profesión de carreras pedagógicas. Varios autores la han modificado y aplicado para valorar la satisfacción en múltiples campos y como parte de diagnósticos y validaciones en diferentes investigaciones. La técnica se basa en la aplicación de una encuesta con una serie de preguntas cerradas y tres preguntas abiertas que permiten obtener una opinión más abierta de la vista de análisis por parte del encuestado. Esta se empleó para medir la satisfacción de los usuarios en el sector de la salud, con relación a la personalización de la técnica TSanalyzer para realizar análisis de predicción basada en tiempo, en el Sistema XAVIA HIS. La relación entre las preguntas cerradas se establece a través del denominado Cuadro Lógico de ladov, el cual posibilita determinar posteriormente el nivel de satisfacción del usuario y del grupo (Fabre y Padrón 2014).

La siguiente tabla muestra el cuadro lógico de ladov.

	¿Considera usted que se deban obviar los datos de ejecución de los procesos de SIPAC, para realizar análisis de tiempo?								
	No			No se			Si		
	¿Usaría usted la vista de análisis propuesta para realizar predicción basada en tiempo de los procesos de SIPAC?								
¿Le satisface el resultado mostrado en la vista de análisis desarrollada?	Si	No sé	No	Si	No sé	No	Si	No sé	No
Me satisface mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me satisface tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6

Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me insatisface más de lo que me satisface	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me satisface nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

Para obtener los resultados de la aplicación de la técnica es necesario conocer la escala de satisfacción, así como la fórmula para determinar el Índice de Satisfacción Grupal (ISG).

La escala de satisfacción responde a la siguiente estructura, en función de la puntuación obtenida luego de aplicado el cuestionario referido:

1. Clara satisfacción
2. Más satisfecho que insatisfecho
3. No definida
4. Más insatisfecho que satisfecho
5. Clara insatisfacción
6. Contradictoria

Luego de aplicado el cuestionario y haber triangulado las preguntas cerradas en el Cuadro Lógico de ladov, el número resultante de la interrelación de las tres preguntas cerradas indica la posición de cada cual en dicha escala de satisfacción.

Para poder ponderar el ISG se establece una escala numérica entre +1 y -1 como se muestra a continuación:

- +1 Máximo de satisfacción
- +0.5 Más satisfecho que insatisfecho
- 0 No definido y contradictorio
- 0.5 Más insatisfecho que satisfecho
- 1 Máxima insatisfacción

Luego es posible calcular el ISG a partir de la siguiente fórmula:

$$ISG = \frac{A (+1) + B (+0.5) + C (0) + D (-0.5) + E (-1)}{N}$$

El ISG, como se especificó en la escala numérica anterior, fluctúa entre + 1 y - 1. Es por ello que, una vez calculado, los valores que se encuentren comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que se ubiquen entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción.

3.2.1 Resultados de la aplicación de la técnica ladov

Después de aplicada una encuesta integrada por 8 preguntas (Ver Anexo 7) a una muestra representativa de 15 personas, trabajadores vinculados al grupo de investigación de Minería de Procesos de la UCI. Para la selección de los encuestados para el estudio se empleó un muestreo no probabilístico intencional teniendo en cuenta que estos especialistas conocen o han interactuado con SIPAC. Para la selección de la muestra se utilizó el muestreo probabilístico aleatorio simple. Se obtuvo un ISG= 0.8.



Figura 18 Distribución de la satisfacción grupal. Fuente (elaboración propia).

Conclusiones parciales

Los resultados observados después de la aplicación del caso de estudio, posibilitaron comparar las respuestas de la técnica empleada tanto en la vista como en la herramienta ProM, logrando comprobar que coinciden y apreciando que la técnica personalizada ofrece un mayor nivel de especificación. 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 obtienen las siguientes conclusiones:

- ✓ La minería de procesos es una tecnología actual, de impacto demostrado en la literatura y en los casos de estudios publicados, en la identificación de problemas en la ejecución de los procesos de negocio.
- ✓ La selección de la técnica TSAalyzer del marco de trabajo ProM, a partir de los análisis realizados constituye la más adecuada para obtener resultados de predicción, en el contexto de SIPAC.
- ✓ La instanciación de TSAalyzer en la herramienta de minería de procesos implementada para SIPAC, propició realizarle mejoras en cuanto a usabilidad y comprensión.
- ✓ Se evaluó la capacidad de la vista de análisis para predecir el comportamiento de las actividades basado en el tiempo de ejecución y sus ventajas con respecto a ProM.
- ✓ Se verificó el alto grado de satisfacción de potenciales usuarios a partir de su interacción con la propuesta de solución y las opiniones registradas en las encuestas.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda:

- Mostrar los resultados obtenidos en lenguaje natural para apoyar la toma de decisiones sobre los procesos.
- Utilizar las trazas de SIPAC para generar gráficos y resultados estadísticos, en aras de contribuir a la vista de análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALST, W.M.V. der, SCHONENBERG, M.H. y SONG, M., 2011. Time prediction based on process mining. En: 00236, *Information Systems*, vol. 36, no. 2, pp. 450-475.
- AALST, W.M.V. der, VAN DONGEN, B.F., GÜNTHER, C.W., ROZINAT, A., VERBEEK, E. y WEIJTERS, T., 2009. ProM: The process mining toolkit. En: 00141, *BPM (Demos)*, vol. 489, no. 31, pp. 2.
- AALST, W. van der, 2011. *Manifiesto sobre Minería de Procesos* [en línea]. 2011. S.l.: IEEE Task Force on Process Mining. [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/lib/exe/fetch.php?media=shared:pmm-spanish-v1.pdf>.
- AHUMADA, M.C.C. y VALDERRAMA, S.M., 2013. Método para Aplicar Minería de Procesos a la Distribución de Bebestibles No Alcohólicos. En: 00000,
- BLAYA, I., 2006. Gestión por procesos. En: 00000. España.
- CASTRO, R., 2011. Instrucción 1/2011 del Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros de la República de Cuba, para la planificación de los objetivos y actividades en los órganos, organismos de la Administración Central del Estado, entidades nacionales y las administraciones locales del Poder Popular. En: 00002, *La Habana: Administración Central del Estado*,
- DÍAZ, M.P., MONTERO, S. y AEDO, I., 2005. Ingeniería de la web y patrones de diseño. En: 00002, *Pearson. Prentice Hall*,
- ESPÍN, R. y MEDINA, F., 2006. Sistema de control de inventarios y facturación de productos utilizando etiquetas de radiofrecuencia (RFID) para tecnilibro. En: 00001,
- FABRE, A.F. de C. y PADRÓN, A.L., 2014. Validación mediante criterio de usuarios del sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto en los proyectos de investigación del sector agropecuario. En: 00001, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 23, no. 3, pp. 77-82.
- FERNANDEZ, O., 2005. Introducción al lenguaje de programación Java-Una guía básica. En: 00002, *Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid*,
- GRBIĆ, R., SLIŠKOVIĆ, D. y KADLEC, P., 2013. Adaptive soft sensor for online prediction and process monitoring based on a mixture of Gaussian process models. En: 00054, *Computers & chemical engineering*, vol. 58, pp. 84-97.
- JOY, B., STEELE, G., GOSLING, J. y BRACHA, G., 2000. *The Java language specification*. S.l.: Addison-Wesley Reading.
- KAISLER, S.H., 2005. *Software paradigms*. S.l.: John Wiley & Sons. ISBN 0-471-70357-5.

- LEÓN, A.M., RIVERA, D.N. y NARIÑO, A.H., 2010. Relevancia de la gestión por procesos en la planificación estratégica y la mejora continua. En: 00055, *Eidos*,
- LEONI, M.D. y AALST, W.M. van der, 2014. The FeaturePrediction Package in ProM: Correlating Business Process Characteristics. En: 00001, *BPM (Demos)*. S.l.: s.n., pp. 26.
- MARTÍNEZ, A.N. y GONZÁLEZ, D.R., 2016. *VISTA DE ANÁLISIS PARA LA PREDICCIÓN BASADA EN TIEMPO EN LOS PROCESOS DEL SISTEMA XAVIA HIS*. La Habana, Cuba: Universidad de las Ciencias Informáticas.
- PAYNE, A. y PHILLIPS, N., 2012. *Desarrollo*. S.l.: Alianza Editorial. ISBN 84-206-6591-6.
- PELÁEZ, J., 2017. Arquitectura basada en componentes. [en línea]. [Consulta: 7 mayo 2017]. Disponible en: <https://geeks.ms/jkpelaiez/2009/04/18/arquitectura-basada-en-componentes/>.
- ROZINAT, A., 2011a. How Process Mining Compares to Data Mining — Flux Capacitor. En: 00000 [en línea]. [Consulta: 1 junio 2017]. Disponible en: <https://fluxicon.com/blog/2011/02/how-process-mining-compares-to-data-mining/>.
- ROZINAT, A., 2011b. How Process Mining Compares To Simulation — Flux Capacitor. En: 00000 [en línea]. [Consulta: 1 junio 2017]. Disponible en: <https://fluxicon.com/blog/2011/06/process-mining-simulation/>.
- SINGH, I., BRYDON, S., MURRAY, G., RAMACHANDRAN, V., VIOLLEAU, T. y STEARNS, B., 2004. *Designing Web Services with the J2EE 1.4 Platform: JAX-RPC, XML Services, and Clients*. S.l.: Pearson Education. ISBN 0-321-20521-9.
- SONG, M. y VAN DER AALST, W.M., 2008. Towards comprehensive support for organizational mining. En: 00263, *Decision Support Systems*, vol. 46, no. 1, pp. 300-317.
- TAX, N., SIDOROVA, N., HAAKMA, R. y VAN DER AALST, W.M., 2016. Mining local process models. *Journal of Innovation in Digital Ecosystems*, vol. 3, no. 2, pp. 183-196.
- VARELA, R.H., 2006. Bibliomining: minería de datos y descubrimiento de conocimiento en bases de datos aplicados al ámbito bibliotecario. En: 00002,
- VERBEEK, H.M.W., BUIJS, J., VAN DONGEN, B.F. y VAN DER AALST, W.M., 2010. Prom 6: The process mining toolkit. En: 00112, *Proc. of BPM Demonstration Track*, vol. 615, pp. 34-39.

BIBLIOGRAFÍA

AALST, W.M.V. der, SCHONENBERG, M.H. y SONG, M., 2011. Time prediction based on process mining. En: 00236, *Information Systems*, vol. 36, no. 2, pp. 450-475.

AALST, W.M.V. der, VAN DONGEN, B.F., GÜNTHER, C.W., ROZINAT, A., VERBEEK, E. y WEIJTERS, T., 2009. ProM: The process mining toolkit. En: 00141, *BPM (Demos)*, vol. 489, no. 31, pp. 2.

AALST, W. van der, 2011. *Manifiesto sobre Minería de Procesos* [en línea]. 2011. S.l.: IEEE Task Force on Process Mining. [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/lib/exe/fetch.php?media=shared:pmm-spanish-v1.pdf>.

AGARWAL, R. y PRASAD, J., 1998. A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology. En: 02381, *Information systems research*, vol. 9, no. 2, pp. 204-215.

AHUMADA, M.C.C. y VALDERRAMA, S.M., 2013. Método para Aplicar Minería de Procesos a la Distribución de Bebestibles No Alcohólicos. En: 00000,

BERGSTEN, H., 2004. *JavaServer Faces: Building Web-based User Interfaces*. S.l.: O'Reilly Media, Inc. ISBN 978-1-4493-7895-0.

BLAYA, I., 2006. Gestión por procesos. En: 00000. España.

CASTRO, R., 2011. Instrucción 1/2011 del Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros de la República de Cuba, para la planificación de los objetivos y actividades en los órganos, organismos de la Administración Central del Estado, entidades nacionales y las administraciones locales del Poder Popular. En: 00002, *La Habana: Administración Central del Estado*.

COLÁS-BRAVO, P., 1992. El análisis de datos en la metodología educativa. En: 00055, *Revista de ciencias de la educación: Organo del Instituto Calasanz de Ciencias de la Educación*, no. 152, pp. 521–540.

CUBA), P. (PARTIDO C. de, 2016. *Actualización de los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba en Abril 2016 y por la Asamblea Nacional del Poder Popular en Julio del 2016*. S.l.: Autor La Habana.

DEBRAUWER, L., 2013. Patrones de Diseño en Java. En: 00002, *Barcelona: Ediciones ENI*,

DÍAZ, M.P., MONTERO, S. y AEDO, I., 2005. Ingeniería de la web y patrones de diseño. En: 00002, *Pearson. Prentice Hall*,

ESPÍN, R. y MEDINA, F., 2006. Sistema de control de inventarios y facturación de productos utilizando etiquetas de radiofrecuencia (RFID) para tecnilibro. En: 00001,

FABRE, A.F. de C. y PADRÓN, A.L., 2014. Validación mediante criterio de usuarios del sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto en los proyectos de investigación del sector agropecuario. En: 00001, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 23, no. 3, pp. 77-82.

FERNANDEZ, O., 2005. Introducción al lenguaje de programación Java-Una guía básica. En: 00002, *Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid*,

fetch.php [en línea], [sin fecha]. S.l.: s.n. [Consulta: 13 diciembre 2016 a]. Disponible en: <http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/lib/exe/fetch.php?media=shared:pmm-spanish-v1.pdf>.

fetch.php [en línea], [sin fecha]. S.l.: s.n. [Consulta: 13 diciembre 2016 b]. Disponible en: <http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/lib/exe/fetch.php?media=shared:pmm-spanish-v1.pdf>.

GOSLING, J., JOY, B., STEELE, G.L., BRACHA, G. y BUCKLEY, A., 2014. *The Java language specification*. S.l.: Pearson Education. ISBN 0-13-390069-X.

GRBIĆ, R., SLIŠKOVIĆ, D. y KADLEC, P., 2013. Adaptive soft sensor for online prediction and process monitoring based on a mixture of Gaussian process models. En: 00054, *Computers & chemical engineering*, vol. 58, pp. 84-97.

JavaServer Faces: Building Web-based User Interfaces - Hans Bergsten - Google Libros. En: 00253 [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 17 febrero 2017]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oZVTuH67oWgC&oi=fnd&pg=PT9&dq=Java+Server+Faces+&ots=7Yc6nmfIPB&sig=rAQTyIWkCcGrZ1HRMHqzmycvDyl#v=onepage&q&f=true>.

JOY, B., STEELE, G., GOSLING, J. y BRACHA, G., 2000. *The Java language specification*. S.l.: Addison-Wesley Reading.

JUAREZ, M., 2011a. Chain of Responsibility. En: 00000, *Mi granito de java* [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2017]. Disponible en: <http://migranitodejava.blogspot.com/search/label/Chain%20of%20Responsibility>.

JUAREZ, M., 2011b. Mi granito de java: Facade. En: 00000, *Mi granito de java* [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2017]. Disponible en: <http://migranitodejava.blogspot.com.es/2011/06/facade.html>.

JUAREZ, M., 2011c. Singleton. En: 00016, *Mi granito de java* [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2017]. Disponible en: <http://migranitodejava.blogspot.com/search/label/Singleton>.

KAISLER, S.H., 2005. *Software paradigms*. S.l.: John Wiley & Sons. ISBN 0-471-70357-5.

LEÓN, A.M., RIVERA, D.N. y NARIÑO, A.H., 2010. Relevancia de la gestión por procesos en la planificación estratégica y la mejora continua. En: 00055, *Eídos*,

LEÓN, R.A.H. y GONZÁLEZ, S.C., 2011. *El proceso de investigación científica*. S.l.: Editorial Universitaria.

LEONI, M.D. y AALST, W.M. van der, 2014. The FeaturePrediction Package in ProM: Correlating Business Process Characteristics. En: 00001, *BPM (Demos)*. S.l.: s.n., pp. 26.

MARTÍNEZ, A.N. y GONZÁLEZ, D.R., 2016. *VISTA DE ANÁLISIS PARA LA PREDICCIÓN BASADA EN TIEMPO EN LOS PROCESOS DEL SISTEMA XAVIA HIS*. La Habana, Cuba: Universidad de las Ciencias Informáticas.

MÉNDEZ, L.J.R., 2015. Componente para la extracción de registros de eventos en formato XES del Sistema SIGEC. En: L.V. MEDINA, A.O. GARCÍA y Y.U. CÉSPEDES (eds.), *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas* [en línea], vol. 8, no. 2. Disponible en: <http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC/article/view/1684>.

MÉNDEZ, L.J.R., MEDINA, L.V., GARCÍA, A.O. y CÉSPEDES, Y.U., 2015. Componente para la extracción de registros de eventos en formato XES del Sistema SIGEC. En: 00000, *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 8, no. 2.

Microsoft Word - zer 27 _19_ cobo.doc - zer27-14-cobo.pdf [en línea], [sin fecha]. S.l.: s.n. [Consulta: 15 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.ehu.eus/zer/hemeroteca/pdfs/zer27-14-cobo.pdf>.

Patrones de Diseño | Marco de Desarrollo de la Junta de Andalucía. En: 00000 [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 9 mayo 2017 a]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/subsistemas/desarrollo/patrones-diseno>.

Patrones de Diseño | Marco de Desarrollo de la Junta de Andalucía. En: 00000 [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 9 mayo 2017 b]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/subsistemas/desarrollo/patrones-diseno>.

PAYNE, A. y PHILLIPS, N., 2012. *Desarrollo*. S.l.: Alianza Editorial. ISBN 84-206-6591-6.

PELÁEZ, J., 2017. Arquitectura basada en componentes. [en línea]. [Consulta: 7 mayo 2017]. Disponible en: <https://geeks.ms/jkpelaiez/2009/04/18/arquitectura-basada-en-componentes/>.

ROMANÍ, J.C.C., 2009. *El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento* [en línea]. 22 septiembre 2009. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.ehu.eus/zer/hemeroteca/pdfs/zer27-14-cobo.pdf>.

ROZINAT, A., 2011a. How Process Mining Compares to Data Mining — Flux Capacitor. En: 00000 [en línea]. [Consulta: 1 junio 2017]. Disponible en: <https://fluxicon.com/blog/2011/02/how-process-mining-compares-to-data-mining/>.

ROZINAT, A., 2011b. How Process Mining Compares To Simulation — Flux Capacitor. En: 00000 [en línea]. [Consulta: 1 junio 2017]. Disponible en: <https://fluxicon.com/blog/2011/06/process-mining-simulation/>.

SALAZAR, L. y ORLANDO, F., 2015. *Implementación y reingeniería del sistema ERP social en la escuela fiscal 9 de Octubre de la parroquia San Isidro cantón Espejo de la provincia del Carchi*. S.l.: Quito: UCE.

SINGH, I., BRYDON, S., MURRAY, G., RAMACHANDRAN, V., VIOLLEAU, T. y STEARNS, B., 2004. *Designing Web Services with the J2EE 1.4 Platform: JAX-RPC, XML Services, and Clients*. S.I.: Pearson Education. ISBN 0-321-20521-9.

SONG, M. y VAN DER AALST, W.M., 2008. Towards comprehensive support for organizational mining. En: 00263, *Decision Support Systems*, vol. 46, no. 1, pp. 300-317.

start | ProM Tools. En: 00215 [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 23 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.promtools.org/doku.php>.

TAX, N., SIDOROVA, N., HAAKMA, R. y VAN DER AALST, W.M., 2016. Mining local process models. *Journal of Innovation in Digital Ecosystems*, vol. 3, no. 2, pp. 183-196.

TD_07904_15.pdf [en línea], [sin fecha]. S.I.: s.n. [Consulta: 18 febrero 2017]. Disponible en: https://repositorio_institucional.uci.cu/jspui/bitstream/123456789/7098/1/TD_07904_15.pdf.

VAN DER AALST, W.M., RUBIN, V., VERBEEK, H.M.W., VAN DONGEN, B.F., KINDLER, E. y GÜNTHER, C.W., 2010. Process mining: a two-step approach to balance between underfitting and overfitting. En: 00232, *Software & Systems Modeling*, vol. 9, no. 1, pp. 87.

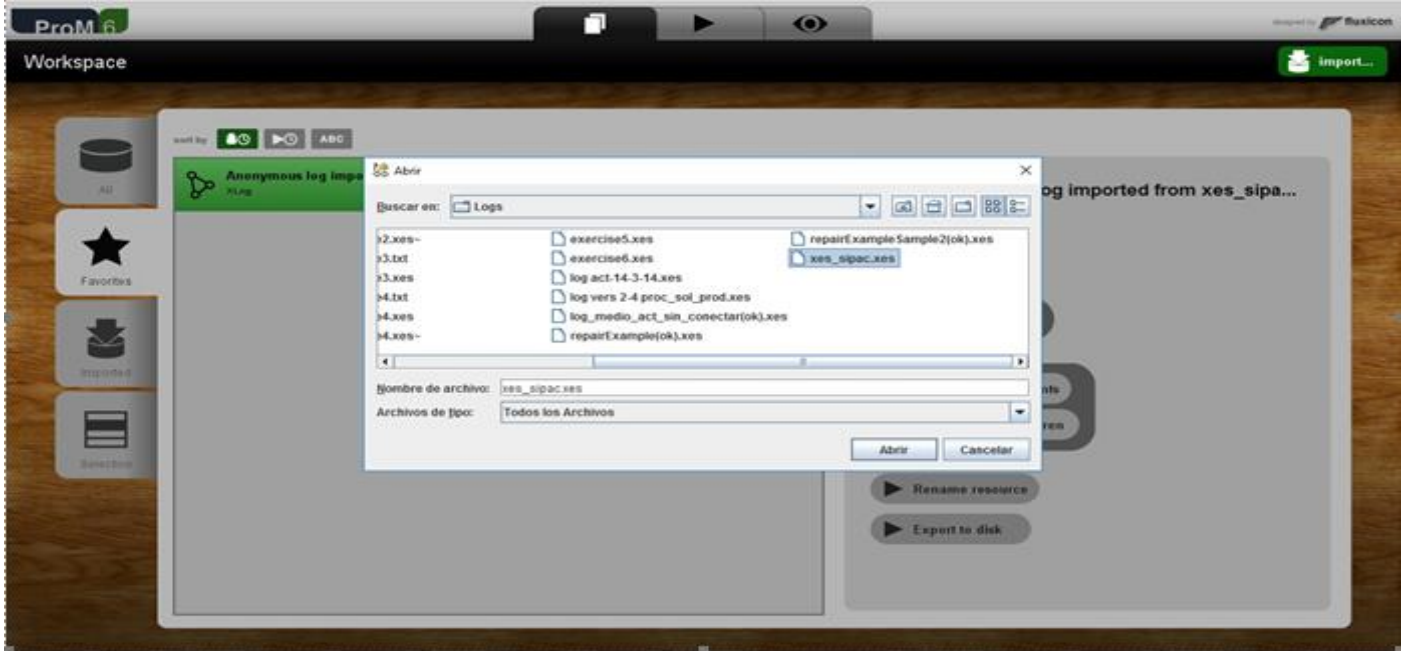
VARELA, R.H., 2006. Bibliomining: minería de datos y descubrimiento de conocimiento en bases de datos aplicados al ámbito bibliotecario. En: 00002,

VERBEEK, H.M.W., BUIJS, J., VAN DONGEN, B.F. y VAN DER AALST, W.M., 2010. Prom 6: The process mining toolkit. En: 00112, *Proc. of BPM Demonstration Track*, vol. 615, pp. 34-39.

WEIJTERS, A., AALST, W.M. van D. y MEDEIROS, A.A.D., 2006. Process mining with the heuristics miner-algorithm. En: 00379, *Technische Universiteit Eindhoven, Tech. Rep. WP*, vol. 166, pp. 1-34.

ANEXOS

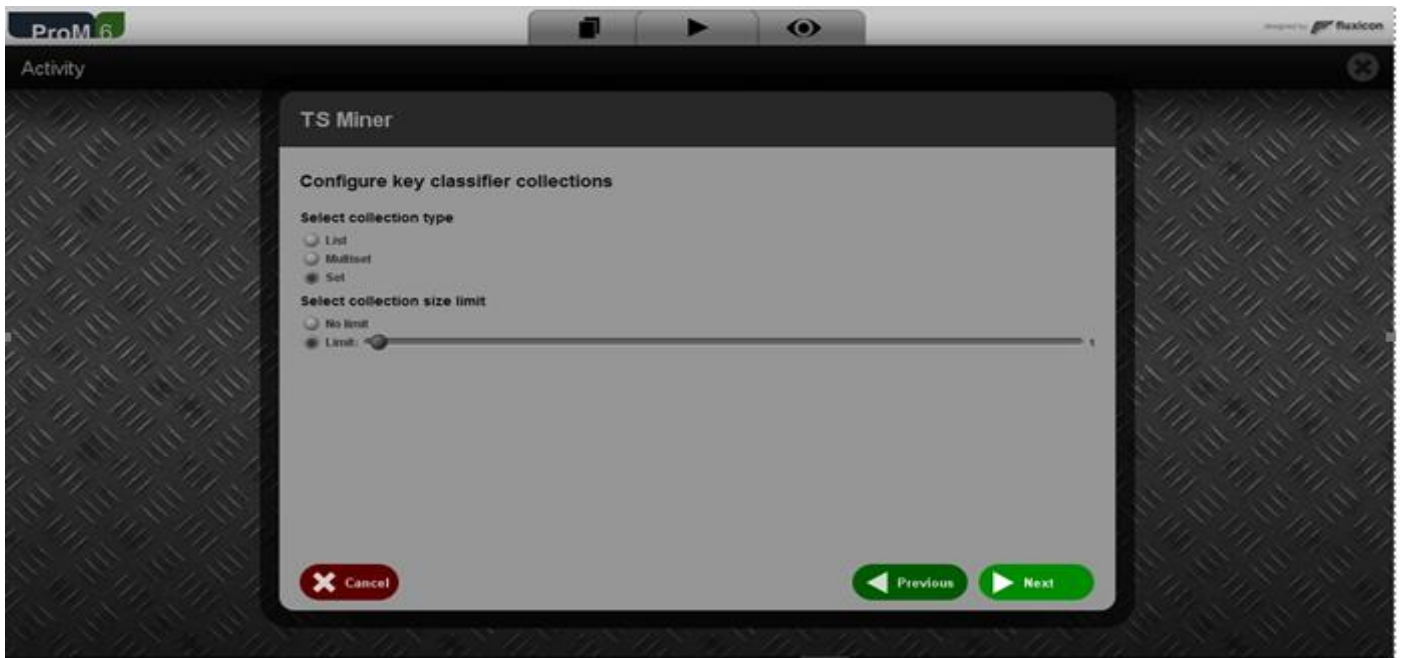
Anexo 1 Exportar el registro de eventos en ProM. Fuente (marco de trabajo ProM).



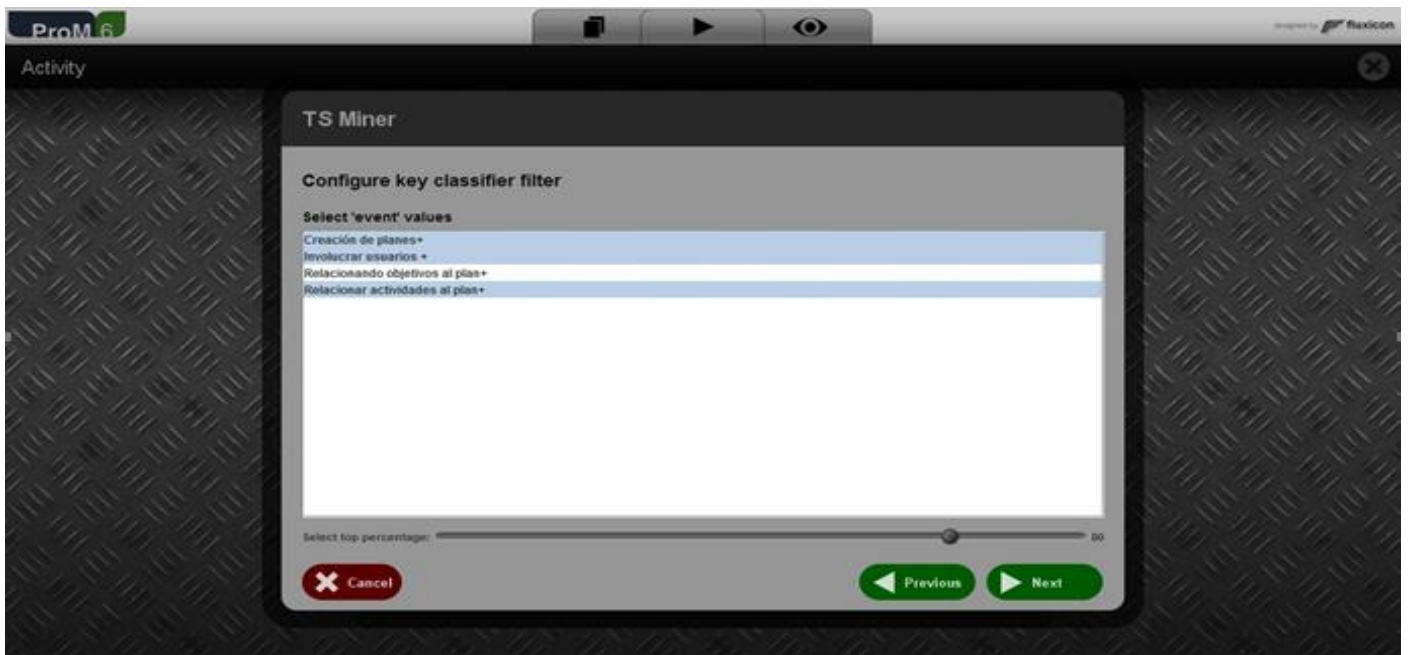
Anexo 2 Seleccionar recursos. Fuente (marco de trabajo ProM).



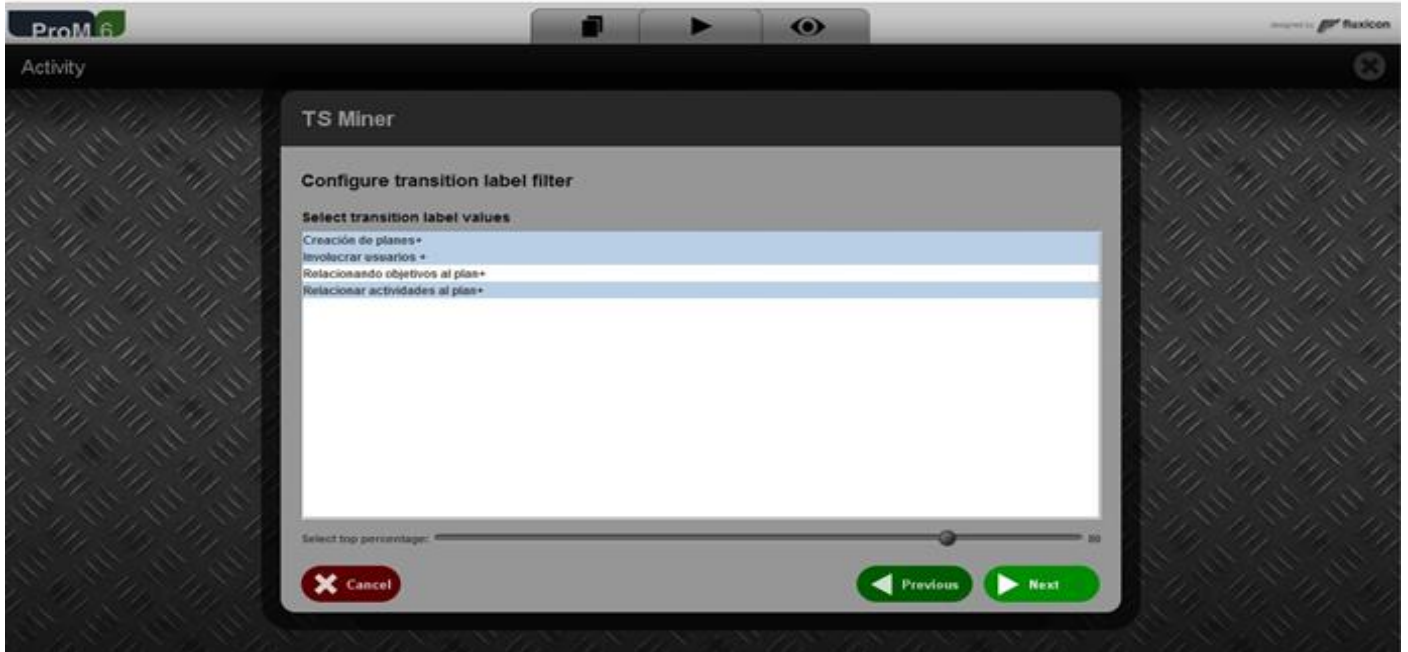
Anexo 3 Selección del tipo y tamaño límite de la colección. Fuente (marco de trabajo ProM).



Anexo 4 Selección de los eventos claves. Fuente (marco de trabajo ProM).



Anexo 5 Selección de las etiquetas de transición. Fuente (marco de trabajo ProM).



Anexo 6 Selección de los recursos. Fuente (elaboración propia).



Anexo 7 Encuesta para medir satisfacción grupal.

Estimado (a): la presente encuesta forma parte de una investigación que está dirigida desarrollar una vista de análisis para la predicción basada en tiempo en la ejecución de las actividades de los procesos de SIPAC. Por cuanto, sus valoraciones acerca de los asuntos que se someten a su consideración serán de utilidad.

Evaluación de la propuesta para realizar análisis de predicción basada en tiempo de las actividades de procesos de planificación.		
No	Pregunta	Respuestas
1	¿Usaría usted la vista de análisis propuesta para la predicción basada en tiempo en las actividades de procesos de planificación?	___ Si ___ No
2	¿Considera usted que sin realizar análisis de procesos en el ámbito de la planificación es posible garantizar la calidad en los servicios brindados?	___ Si ___ No
3	¿Considera usted que es de utilidad realizar análisis de predicción basada en tiempo de las actividades de procesos de planificación?	___ Si ___ No
4	¿Tendría en cuenta las Tecnologías de la Información para realizar estos análisis?	___ Si ___ No
5	¿Si usted necesitara predecir el tiempo de las actividades de procesos de planificación, usaría la vista de análisis propuesta?	___ Si ___ No
6	¿Considera que la utilización de esta técnica estimulará la toma de decisiones en las organizaciones?	___ Si ___ No
7	¿Le satisface el resultado mostrado en la vista de análisis desarrollada?	___ Me gusta mucho. ___ No me gusta tanto. ___ Me da lo mismo. ___ Me disgusta más de lo que me gusta. ___ No me gusta nada. ___ No sé qué decir.
8	¿Qué evaluación le concede usted a la técnica propuesta para realizar análisis de predicción basada en tiempo?	Entre 0 y 10 _____

GLOSARIO

Proceso: conjunto de actuaciones, decisiones, actividades y tareas que se encadenan de forma secuencial y ordenada para conseguir un resultado que satisfaga plenamente los requerimientos del cliente al que va dirigido” (Blaya 2006).