

Producción de conocimiento con CLIPS para el apoyo a la toma de decisiones en el gobierno municipal colombiano.

Iván Argote Puetamán^a, Giovanni Hernández Pantoja^a, Robinson Jiménez Toledo^a,
Alvaro Martínez Navarro^a,

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana, Calle 18 No. 34-104, San Juan de Pasto,
Colombia.

iargote@umariana.edu.co, gihernandez@umariana.edu.co, rjimenez@umariana.edu.co,
amartinez@umariana.edu.co

Resumen. El objetivo de este trabajo fue encontrar una solución a la falta de control y apoyo a la toma de decisiones en el área de accidentalidad de la Secretaría Municipal de Tránsito y Transporte del municipio de Pasto Colombia, a través de un sistema inteligente. Se utilizó el enfoque empírico – analítico y se realizó un cuasi – experimento durante dos meses con un grupo de control y uno experimental para poner a prueba el trabajo. Participaron en el estudio todos los funcionarios del grupo de seguridad vial de la entidad gubernamental objeto de la investigación. Se recolectó la información con entrevistas semiestructuradas y encuestas. El software que se construyó analizó los Informes Policiales de Accidentes de Tránsito (IPAT) a través de reglas hacia adelante con el motor de inferencia del Sistema de Producción Integrado en Lenguaje C y logró estructurar campañas que fueron realizadas dentro de todo el casco urbano de la ciudad. La investigación permitió concluir que las decisiones generadas por la herramienta apoyaron de manera efectiva las medidas tomadas para contrarrestar el desorden de movilidad y la elevada accidentalidad en el municipio objeto de estudio.

Palabras Clave: Sistema inteligente en gobierno municipal colombiano, producción de conocimiento con CLIPS.

1 Introducción

Ya desde los años 50 se comenzaron a realizar trabajos que intentaban hacer que un sistema computacional lograra imitar la inteligencia humana con el propósito de poner al servicio de las personas los resultados obtenidos; fue a mediados de la década de los sesentas que inició la construcción de programas que usan conocimiento especializado de manera profunda para resolver problemas como si lo hiciera un especialista humano. Las aplicaciones de estos tipos de programas se han hecho en muchos campos, principalmente en los negocios, la industria y la medicina [1], en cambio en el control de accidentalidad vial son escasos. Al respecto Finlandia hizo un trabajo que permitió explicar detalladamente la situación vial en ese país, pero no por medio de sistemas inteligentes [2] sino a través de minería de datos; en Perú se consolidó un diagnóstico de los sistemas de información utilizados en accidentalidad de tránsito, al final se determinó que dichos programas permiten recolectar, procesar, consolidar y realizar análisis de datos más no generar conocimiento para apoyar la toma de decisiones [3], este trabajo fue un estudio cualitativo; y es que la accidentalidad vial constituye un problema de escala global que la Organización

Mundial de la Salud ha puesto en evidencia en su Informe sobre la situación global de la seguridad mundial del 2009 [4], el texto resalta las pérdidas económicas y de vidas que los accidentes de tránsito ocasionan y confirma el poco apoyo que actualmente prestan los gobiernos para bajar dichas cifras. Como se puede apreciar, los esfuerzos hechos no priorizan la gestación de conocimiento para solucionar problemas, hecho que ratifica la necesidad de crear y usar sistemas inteligentes en el área donde son insuficientes. En este sentido, el presente trabajo orienta su desarrollo en la pregunta ¿cómo mejorar la toma de decisiones en el grupo de seguridad vial de la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto (STTM)? La respuesta fue dada a partir de un trabajo descriptivo del estado actual del proceso de toma de decisiones en la entidad objeto de estudio; con los resultados obtenidos, luego se construye el sistema propuesto y finalmente se lo pone a prueba durante dos meses mediante un cuasi experimento con post prueba con un grupo de control y uno experimental. Este trabajo al final logró establecer el nivel de mejora en los procesos de toma de decisiones en la STTM, principal entidad beneficiada de los hallazgos y paralelamente también se favorecieron todos los habitantes de la ciudad.

Tres elementos constituyen este artículo: el primero comienza explicando la forma en que se abordó la problemática detectada, aquí se describe el proceso investigativo llevado a cabo; en el segundo se describen los resultados, interpretaciones y discusión; y en el último, se exponen las conclusiones del trabajo.

2 Metodología

2.1 Diagnóstico de la situación actual

En esta primera etapa se realizó un estudio descriptivo del estado actual del proceso de toma de decisiones en el grupo de seguridad vial de la entidad objeto de investigación a través del análisis de entrevistas y modelamiento de procesos de negocio con BPM¹; también se estructuró una matriz DOFA [5]. Puntualmente se realizó al inicio una entrevista en profundidad de tipo holística dirigida, aplicada a los funcionarios del grupo de seguridad vial, la entrevista se orientó a identificar las principales características del proceso de toma de decisiones desde los tres grandes ejes que componen este proceso en la STTM que son: recolección de datos, tratamiento de indicadores, que incluye su análisis, procesamiento de datos y generación, y toma de decisiones o producción de conclusiones; luego se procesó de forma cualitativa la información y para la descripción del proceso de negocio se utilizó el modelado con BPM [6].

2.2 Construcción de SIGIATD

A partir de los resultados obtenidos en la anterior etapa, se construye la herramienta software con el uso de un ciclo de construcción del producto propio de la

¹ Puede consultarse toda la documentación del estándar en <http://www.bpmn.org/>

investigación, elaborado a partir de la unión del ciclo de vida iterativo [7] y un modelo de construcción de sistemas expertos [8], de igual manera se decide administrar todo este trabajo por medio de una metodología de construcción de software en equipo (TSP) que incluya software para manipular la información generada en cada fase; en la Fig. 1. puede apreciarse el modelo completo de desarrollo de software adoptado. Para el motor de inferencia se adopta el Sistema de Producción Integrado en Lenguaje C (CLIPS) y se escoge la técnica de encadenamiento de reglas hacia adelante debido a la naturaleza del conocimiento que se produce en el contexto del problema de la accidentalidad donde se ayudó a tomar decisiones. En esta etapa se utilizó como técnicas de recolección la entrevista y la revisión documental.

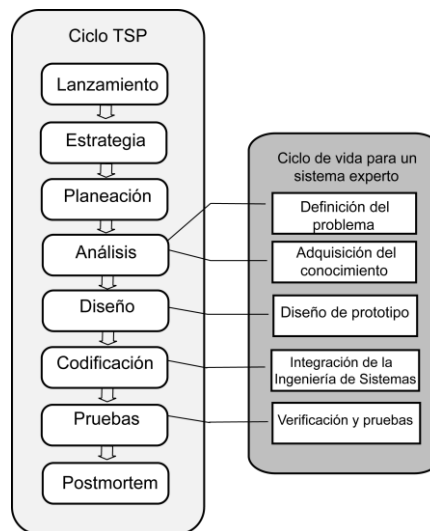


Fig. 1. Modelo de desarrollo de software para SIGIATD

2.2 Puesta a prueba de SIGIATD

Finalmente el sistema propuesto se puso a prueba durante dos meses en la entidad que apoyó el proyecto, para ello se estructuró un cuasi experimento con post prueba, un grupo experimental y uno de control. Se midieron cuatro variables, a saber: oportunidad de la información generada, exactitud en los resultados presentados, tiempo y facilidad en la toma de las decisiones; en la experiencia fue necesario neutralizar la variable nivel de conocimiento de la herramienta por parte de sus usuarios con el propósito de mejorar la precisión de los hallazgos; los datos fueron recogidos con encuestas a todos los funcionarios del grupo objeto de estudio.

3 Resultados y discusión

El diagnóstico de la situación actual en el grupo de seguridad vial de la STTM evidenció la falta de mecanismos que permitan controlar la generación y ejecución de las decisiones tomadas, pero también se descubrió la oportunidad de buscar aumentar el rendimiento de la organización objeto de estudio a través de la optimización del proceso de toma de decisiones para lograr llegar a soluciones más certeras y acordes con las problemáticas detectadas. Ya en el proceso propio estudiado en la institución, la intervención de SIGIATD se enfocó en tres actividades que son clave en el quehacer del grupo de seguridad vial: contrastación de accidentalidad actual con valores anteriores, análisis de accidentalidades detectadas y la generación y ejecución de soluciones, en este caso las campañas. Al final de este primer estudio fue contundente la necesidad de apoyar con tecnología inteligente las funciones estratégicas propias de la organización fuente de investigación.

Para la construcción del sistema inteligente, segunda etapa del proyecto, fue necesario elaborar un modelo de desarrollo de software propio que incluya las fases de un ciclo de vida, en este caso iterativo [7], y las etapas particulares de fabricación de sistemas expertos [8], además se acopló TSP al trabajo porque permitió administrar todas las tareas (ver Fig. 1); en cada una de las fases se utilizaron herramientas software para los procesos de recolección, análisis y documentación de la información generada. El repositorio del desarrollo se plasmó en una wiki (ver url: <https://sites.google.com/site/sistemaexpertosttm/home>), aquí se incluyeron datos de cada uno de los dos ciclos trabajados, desde lanzamiento hasta su postmortem, contiene también un control de calidad de la codificación, asignación de responsabilidades y verificación de su cumplimiento de acuerdo con la dinámica TSP. La arquitectura del sistema se construyó bajo el estándar Archimate 2.1² y puede verse en las figuras 2, 3 y 4. El proceso modelado en la capa de negocio (Fig. 2) se describe a continuación: cualquier funcionario del grupo de seguridad vial de la STTM diligencia los IPATs y convierte los datos a formato CSV, el sistema propuesto se encarga de cargarlos en un DBMS, analiza la información con CLIPS y genera de manera inteligente las campañas que han de tenerse en cuenta en el proceso de toma de decisiones por parte de los interesados.

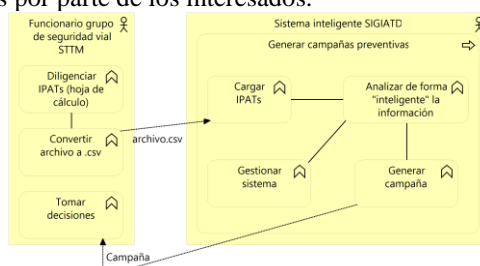


Fig. 2. Capa de negocio de la arquitectura archimate de SIGIATD

² Puede consultarse toda la documentación del estándar en <http://www.opengroup.org/subjectareas/enterprise/archimate>

En la capa de aplicación (Fig. 3) puede observarse la existencia de dos contextos: el interno y externo, este último compuesto de un DBMS, necesario en la construcción de la base de conocimiento y de hechos; y Excel presente en el diligenciamiento de los IPATs a procesar, ambos componentes son usados por el componente de datos del sistema propuesto; el contexto interno se estructura con cuatro componentes: datos, cuya funcionalidad es cargar al DBMS los archivos csv; la lógica, que utiliza en su interior a los componentes CLIPS como motor de inferencia; y datos, para analizar la información y generar de manera inteligente las campañas que serán presentadas al usuario por medio del componente GUI.

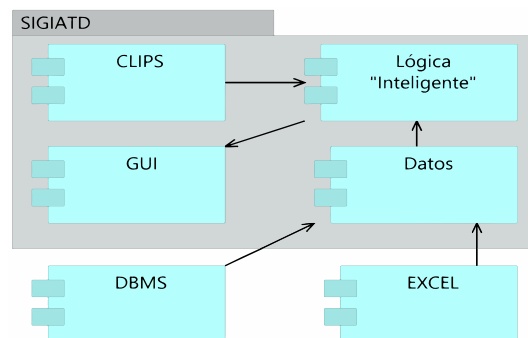


Fig. 3. Capa de aplicación de la arquitectura archimate de SIGIATD

En cuanto a infraestructura tecnológica (Fig. 4) la aplicación planteada puede trabajar en un solo equipo que cuente con un DBMS, Excel y SIGIATD; o también puede montarse en una red que incluya otro computador con Excel para diligenciar los IPATs a examinar.

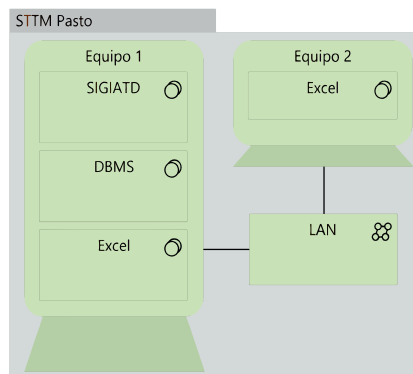


Fig. 4. Capa de tecnología de la arquitectura archimate de SIGIATD

En la capa de aplicación el componente de lógica es el encargado de procesar de manera inteligente los IPATs correspondientes por medio de un sistema basado en reglas [9], sus elementos pueden verse en la Fig. 5. Se utilizó encadenamiento hacia adelante a través del motor de inferencia CLIPS de la siguiente manera: una vez los nuevos IPATs fueron cargados desde Excel al DBMS (base de conocimiento), la primera regla que se evalúa es si las características de una comuna determinada

superan los índices de accidentalidad parametrizados en la herramienta, si el resultado es afirmativo se continúa entonces con el proceso de generación de campaña verificando una segunda regla que hace referencia al tipo de accidentalidad presentado según el IPAT (causa o falla), en ambos casos se procede a generar el encadenamiento hacia adelante haciendo uso tanto de la base de conocimiento como de la de hechos; en este punto entra a jugar su papel CLIPS como motor de inferencia en la producción de las acciones incluidas en la campaña resultante; las resoluciones de conflictos [7] se gestan a partir de la base de hechos que contiene la cantidad de muertes, heridos y daños, causa o fallo y tipo de vehículo implicado mediante un proceso de priorización y justificación de reglas a través de la asignación de pesos otorgados a las inferencias; estos valores fueron asignados de acuerdo con la experticia de los funcionarios de la entidad objeto de estudio. El modelo de regla utilizado fue condición -> acción como lo plantean José Tomás Palma Méndez y Roque Marín Morales en su trabajo [9].

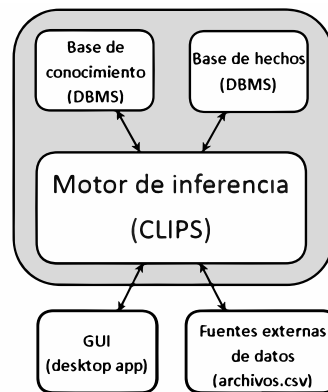


Fig. 5. Elementos del sistema basado en reglas SIGIATD

El algoritmo con el que trabaja el motor de inferencia incluido en el software para generar el conocimiento se aprecia en la Tabla 1: comienza agregando a la base de conocimiento (BC) los nuevos IPATs para ser procesados, en este punto el motor de inferencia verifica si la accidentalidad de la BC es mayor que la parametrizada por el sistema en la base de hechos, en caso afirmativo se pasa a recorrer todos y cada uno de los IPATs almacenados con el objetivo de determinar su tipo de accidente (causa o falla), tipo de causa o tipo de fallo y clase de vehículo involucrado; con estos datos se procede a inferir la acción o acciones a tomar haciendo uso de CLIPS, para posteriormente adicionarlas a la campaña que producirá el software como resultado.

Tabla 1. Algoritmo de inferencia de SIGIATD

	INICIO
1:	BC = adicionarNuevosIPATS
2:	SI accidentalidad(BC) > accidentalidadSIGIATD ENTONCES
3:	PARA i = 0; i < tamaño(BC); i++ HACER
4:	IPAT = BC[i]
5:	tipoAccidente = extraerTipoAccidente(IPAT)
6:	tipoCausa = extraerTipoCausa(IPAT)
7:	tipoFallo = extraerTipoFallo(IPAT)
8:	claseVehiculo = extraerClaseVehiculo(IPAT)
9:	acciones[] = inferirAccion(tipoAccidente, {tipoCausa tipoFallo}, claseVehiculo)
10:	adicionarAccionesACampaña(acciones[], campaña)
11:	FIN PARA
12:	FIN SI
	Retornar campaña
	FIN

Para que CLIPS³ pueda hacer su trabajo de manera transparente en el sistema propuesto, fue necesario construir dentro del software elaborado en este proyecto un proceso que sea capaz de crear un archivo de texto plano (con extensión .clp) de entrada que contenga las reglas para el motor de inferencia, el contenido del fichero fue generado mediante consultas SQL hechas al DBMS que contiene la base de conocimiento y de hechos.

Cada una de las reglas con las que se produce conocimiento están compuestas de tres hechos y un conjunto de acciones, su formato en código CLIPS puede apreciarse en el ejemplo que aparece en la Tabla 2: los hechos FALLA como tipo de accidente, SUSPENSION como descripción de la falla y VEHICULO GRANDE como clase de vehículo involucrado inferirán el conjunto de acciones con códigos 115, 116, 130, 131 y 132 que serán incluidas en las campañas que el software determina como resultado.

Tabla 2. Ejemplo de regla en código CLIPS⁴

```
(defrule rule0 (FALLA SUSPENSION VEHICULO GRANDE) =>
(assert (generarAcciones (acciones
115 Disponibilidad de más unidades Agentes de Tránsito
cuando se realice este tipo de Operativos, estar presentes
en el lugar determinado
116 Operativos pedagógicos en el lugar determinado a todos
los actores de la vía
130 Operativos de Sensibilización en la vía a todos los
conductores de vehículos
131 Capacitación a todos los conductores sobre Manejo
Defensivo y Seguridad Vial
132 Capacitación a todas las empresas que brinden servicio
público sobre normas básicas de Seguridad y Manejo
Defensivo)))
```

³ El sitio oficial de la librería puede consultarse en <http://clipsrules.sourceforge.net/>

⁴ El archivo completo puede descargarse en <https://www.dropbox.com/s/hcdfsqdyep5uh3t/archivoCLIPS.clp?dl=0>

Luego de poner a prueba el sistema propuesto mediante un cuasi experimento con post-prueba, se evidenciaron los siguientes resultados para las cuatro variables medidas: Uno de los aspectos que se evaluó fue la satisfacción de la necesidad de información para la toma de decisiones referente a los procesos estadísticos que se realizan a un sector crítico y sus respectivas zonas, porque es esta información la que permite determinar las acciones de las campañas que se realizarán sobre las mismas, en este punto la totalidad de los encuestados que no interactuaron con el sistema propuesto están en desacuerdo ante el hecho: la forma tradicional proporciona la totalidad de información que requieren para la toma de decisiones referentes a la comuna crítica, por otro lado la totalidad de los encuestados que interactuaron con la herramienta construida, están de acuerdo ante el mismo hecho mencionado. Estos dos resultados permitieron concluir que los cálculos estadísticos realizados con el software fabricado son superiores y permiten un mejor análisis para toma de decisiones.

Otro aspecto que se evaluó fue el proceso y los resultados estadísticos para la obtención del sector y su zona crítica, la razón es que esta información permite delimitar la zona de aplicación de la campaña afectando con mayor grado el problema, aquí la totalidad de los encuestados del grupo de control, están en desacuerdo ante el hecho: los cálculos y análisis estadísticos realizados que se están llevando a cabo de forma tradicional, son óptimos dentro de su proceso de toma de decisiones; por otro lado los encuestados del grupo experimental (50% totalmente de acuerdo, 50% de acuerdo) están de acuerdo ante el mismo hecho mencionado. Estos dos resultados permitieron concluir que los cálculos estadísticos realizados por el sistema propuesto en búsqueda de sectores y zonas críticas son superiores y sus resultados estadísticos permiten un mejor análisis para toma de decisiones.

También se evaluó el proceso y análisis estadístico para la obtención de los índices de criticidad del sector y su zona crítica, la razón es que estos cálculos permiten determinar el enfoque de la campaña; la mitad de los encuestados que no interactuaron con el software construido están en desacuerdo ante el hecho: los cálculos y análisis estadísticos realizados para la obtención de índices de accidentalidad generan toda la información necesaria para la toma de decisiones, aunque el 50% restante afirma que si es la necesaria; en este punto hay que tener en cuenta la carga laboral de los cargos dentro de la organización gubernamental, no todos los encuestados tuvieron la misma demanda de información, por otro lado los que interactuaron con el sistema propuesto, en su totalidad están de acuerdo ante el mismo hecho mencionado. Estos dos resultados permitieron concluir que los cálculos estadísticos realizados por la herramienta en generación de índices de criticidad de sectores y zonas críticas cumplen con la necesidad de información de todos los integrantes del grupo estudiado, por tanto sus resultados son mejores.

El proceso estadístico para la obtención de índices de accidentalidad y su apoyo a la toma de decisiones en el sector y su zona crítica fue también medido, la razón es que este asunto afecta la toma de decisiones por medio de la información suministrada; la mitad de los encuestados del grupo de control están en desacuerdo ante el hecho: el proceso de generación de índices de accidentalidad es óptimo y ayuda al proceso de toma de decisiones, por otro lado los encuestados del grupo experimental en su totalidad están totalmente de acuerdo ante el mismo hecho

mencionado. Estos dos resultados permitieron concluir que el proceso de generación de índices de accidentalidad realizados por la herramienta fabricada es superior y apoya adecuadamente el proceso de toma de decisiones.

El proceso de generación de campañas con sus acciones y su apoyo en la toma de decisiones, en el sector y su zona crítica fue medido también debido a que este proceso reúne toda la información de la campaña que se realizará antes de determinar si se ejecuta o no; la mitad de los encuestados del grupo de control están en desacuerdo ante el hecho: el proceso de generación de campañas y acciones reúne toda la información que el grupo estudiado necesita para la toma de decisiones, mientras para el 50% restante la información es manejable para sus procesos, por otro lado los encuestados del grupo experimental en su totalidad están totalmente de acuerdo ante el mismo hecho mencionado. Estos dos resultados permitieron concluir que el proceso de generación de campañas con sus acciones mediante el uso del software fabricado, es superior y apoya adecuadamente el proceso de toma de decisiones.

Otro aspecto evaluado fue el proceso de generación de índices de efectividad de las campañas, la razón es que este proceso evalúa las acciones que se han tomado en las campañas y determina si han sido acertadas o no; los encuestados que no interactuaron con la herramienta construida están en desacuerdo ante el hecho: el proceso de generación de índices de efectividad satisface su necesidad de información para la toma de decisiones, mientras el 50% restante están totalmente de acuerdo con la situación mencionada, debido a que los procesos actuales alcanzaron a cubrir sus necesidades, por otro lado los encuestados del grupo experimental están de acuerdo ante el mismo hecho expuesto. Estos dos resultados permitieron concluir que el proceso de generación de índices de efectividad del software fabricado es superior, debido a que la necesidad de información de todos los cargos es satisfactoria y además otorga apoyo a la toma de decisiones con los resultados que genera.

Se evaluó también si el proceso de generación de índices de efectividad de las campañas es óptimo y ayuda al proceso de toma de decisiones, la razón es que este proceso permite conocer qué tan efectivas son las acciones en relación con las problemáticas a las que se quieren aplicar; la mitad de los encuestados del grupo de control están en total desacuerdo ante el hecho: el proceso de generación de índices de efectividad es óptimo y apoya a la toma de decisiones, mientras el 50% restante está de acuerdo con el hecho, debido a que los procesos actuales fueron suficientes para cubrir sus necesidades; por otro lado los funcionarios que interactuaron con el software propuesto, están de acuerdo ante el mismo hecho mencionado. Estos dos resultados permitieron concluir que el proceso de generación de índices de efectividad del generador de conocimiento es superior porque, no solo es óptimo en sus procesos, sino que además apoya y facilita la toma de decisiones con sus resultados.

Otro aspecto evaluado fue si el proceso de obtención del sector y zona crítica es exacto y acorde con la información recolectada de los IPATs, la razón es que este proceso determina qué comuna presenta mayor accidentalidad y especifica la zona más afectada y con mayor ocurrencia de eventos; la totalidad de los encuestados del grupo de control no están de acuerdo ni en desacuerdo ante el hecho: el proceso de obtención del sector y zona crítica es exacto y corresponde a la información obtenida de los IPATs, sus respuestas se deben a que no cuentan actualmente con un sistema que permita realizar cálculos bajo demanda; los encuestados del grupo experimental

están de acuerdo ante el mismo hecho mencionado. Estos dos resultados permitieron concluir que el proceso de obtención del sector y zona crítica que realiza el software fabricado es superior porque permite hacer verificaciones sobre los IPATs a medida que son almacenados y permite conocer bajo demanda esta información debido a que la estructura interna de la base de datos y los procesos estadísticos también generan resultados exactos.

El tiempo de inversión necesario para la ejecución de todas las etapas de generación de una campaña y el de inversión en el análisis de su eficiencia fueron también medidos. En este aspecto, la reducción de minutos totales invertidos en las labores ya mencionadas, se redujo en más de 90.3%, hecho que demuestra un mayor grado de eficiencia del sistema propuesto respecto del tiempo requerido con el proceso tradicional.

Otro aspecto evaluado fue la facilidad de toma de decisiones con la finalidad de determinar qué forma es más conveniente. Los integrantes del grupo experimental manifestaron tener mayor facilidad al tomar decisiones (50% totalmente de acuerdo y 50% de acuerdo) en contraste con los encuestados en el grupo de control, quienes no estuvieron de acuerdo en que sea fácil el proceso actual (50% de encuestados) o que no es ni fácil ni difícil (50% de encuestados); estos dos resultados permiten concluir que el sistema gestor de conocimiento es más competente en términos de facilidad de toma de decisiones.

El haber utilizado BPM y análisis DOFA en el diagnóstico actual de la problemática abordada, permitió a la investigación descubrir el foco de su intervención con tecnología porque fue posible analizar la STTM de manera holística teniendo en cuenta en todo momento tanto el funcionamiento interno como los agentes externos que influyen en los procesos estudiados. Si bien SIGIATD logra inferir de manera automática con encadenamiento hacia adelante las acciones a tomar en una campaña con un nivel de satisfacción alto, de acuerdo con los resultados presentados en este artículo, su precisión depende de la cantidad de veces que se utilice la herramienta, es decir, la base de hechos no es lo suficientemente fuerte al principio, pero con cada iteración del sistema con el usuario se va enriqueciendo y los resultados se vuelven más exactos, en este sentido podría pensarse en incluir en el motor de inferencia una ontología de dominio específico de tal manera que los procesos de deducción sean justos desde el principio; otro aspecto sobre el que se debe trabajar es buscar la forma de flexibilizar el árbol de decisión inmerso en CLIPS con el propósito de no únicamente restringir la toma de decisiones a los hechos descritos en los índices de accidentalidad sino ampliar los casos de conexiones; un complemento interesante a introducir en una segunda versión de SIGIATD es el análisis inteligente de eficiencia del personal asignado en las campañas, de esta manera las operaciones serían generadas con el personal idóneo sugerido por el programa en cada caso. Con el objeto de aprovechar las nuevas herramientas informáticas que actualmente están a disposición puede implementarse un mecanismo de registro y presentación de información que implique el uso de georeferenciación y aplicaciones para dispositivos móviles que permitan el diligenciamiento de las fuentes externas de información para SIGIATD en tiempo real. El trabajo aquí presentado deja abiertos los siguientes interrogantes a quienes desean aportar en el tema ¿Cómo modelar procesos de negocios apoyados en inteligencia artificial y qué implicaciones tiene? ¿Cuáles son las características de las mejores organizaciones gubernamentales

que trabajan por la seguridad vial en un entorno global lleno de tecnologías de la información?

4 Conclusiones

El uso de BPM y DOFA permitió a la investigación recoger exhaustivamente los hechos, organizarlos y analizarlos sistemáticamente para al final determinar exactamente cuál fue el foco de intervención de la herramienta propuesta. En este punto sería interesante estudiar la posibilidad de encontrar una forma de modelar los procesos de negocio apoyándose en la inteligencia artificial.

La investigación logró consolidar un sistema inteligente con encadenamiento hacia adelante a través de la interacción de un DBMS, CLIPS, una desktop app y una fuente de datos externa con archivos csv; la herramienta software construida generó conocimiento para la toma de decisiones en el grupo de seguridad vial de la STTM para combatir una problemática municipal local con implicaciones mundiales.

Si bien la precisión del SIGIATD al principio es baja porque su base de hechos es débil, aumenta con cada interacción con el usuario porque este último enriquece su materia prima y al final logra una exactitud que satisface a los interesados; exactamente el sistema mejora su precisión cuando quien lo usa adiciona o elimina acciones que se incluyen como reglas; también cuando se compara la confianza de las campañas y resultan ser de una efectividad mayor a un porcentaje configurado en la herramienta, en este caso las acciones se etiquetan como efectivas porque redujeron la cantidad de muertos, heridos y daños. Puede pensarse en mejorar la inferencia del sistema incluyendo una ontología de dominio específico.

La implantación de este sistema inteligente en la STTM mejoró la toma de decisiones en el grupo de seguridad vial específicamente en cuatro aspectos: oportunidad de información, exactitud de los resultados, tiempo invertido en la generación de acciones para las campañas y facilidad en los procesos propios de selección de medidas como se explicó en la sección de resultados y discusión; lo interesante de la implantación del sistema propuesto fue que por sí mismo enriquece su árbol de decisiones cuando al comparar acciones tomadas en diferentes campañas, estas resultan ser efectivas de acuerdo con parámetros configurados en la herramienta, modificando de esta manera las inferencias en los siguientes conocimientos generados.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado totalmente por el Proyecto de Investigación SIGIATD - Sistema de Gestión de Información y Apoyo para la Toma de Decisiones de la Secretaría Municipal de Tránsito y Transporte de la ciudad de San Juan de Pasto formulado en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Mariana de la ciudad de San Juan de Pasto en Colombia.

Los autores desean expresar su agradecimiento a David Chamorro, James Aroca y Carlos Rosero por su participación activa y tenacidad en el trabajo y a la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de San Juan de Pasto cuyo jefe Moisés Narváez Burgos permanentemente estuvo dispuesto a favorecer la culminación del proyecto.

Referencias

1. Castillo E., Gutiérrez J. M., Hadi A. S.: Sistemas expertos y modelos de redes probabilísticas. Enrique Castillo, España (2011)
2. Departamento de Tecnología Matemática,
http://users.jyu.fi/~samiayr/pdf/mining_road_traffic_accidents.pdf
3. Instituto Nacional de Salud,
http://www.ins.gob.pe/repositorioaps/0/2/jer/diag_comp_inv/Diagnostico_situacional_sistemas_mas_informacion_accidentes_transito.pdf
4. Organización Mundial de la Salud,
http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/web_version_es.pdf
5. Rojas M., Medina L.: Planeación estratégica: fundamentos y casos. Adriana Gutierrez, Colombia (2011)
6. Jeston J., Neils J.: Business Process Management. Practical guidelines to successful implementations. Jordan Hill, Gran Bretaña (2008)
7. Instituto Nacional de tecnologías de Comunicación,
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301569/guia_de_ingenieria_del_software.pdf
8. Universidad Nacional de Colombia, <http://disi.unal.edu.co/~lctorress/iartificial/IAc005.pdf>
9. Palma J. T., Marín R.: Inteligencia artificial: métodos, técnicas y aplicaciones. José Luis García, España (2008)
10. Silberman M.: Aprendizaje activo 101 estrategias para enseñar cualquier tema. Adriana Oklander, Argentina (1998)