

LA SIMULACIÓN, HERRAMIENTA DE SEGURIDAD VIAL PARA DECIDIR EN TIEMPO REAL

Federico Álvarez Ordoñez

Telvent Tráfico y Transporte S.A.

C/ Valgrande 6
28108 Alcobendas (Madrid)
España

Tel.: +34 902335599. Fax: +34 91 714 70 08

federico.alvarez@telvent.abengoa.com

www.telvent.com

RESUMEN

Dentro de los cuatro niveles en que de forma habitual se engloba la definición de Seguridad Vial (primario: medidas que tienden a evitar el accidente, secundario: acciones que pretenden suavizar las consecuencias del accidente, terciario: medidas de auxilio que tienden a aminorar las consecuencias del accidente, y cuaternario: acciones que tienden a reparar las consecuencias del accidente), la simulación se convierte en una herramienta fundamental a la hora de definir medidas –primario- y suavizar consecuencias –secundario, a través de su concepto de aplicación en tiempo real- relativas a la accidentabilidad.

Esta ponencia describe los trabajos realizados en un proyecto piloto, con el objetivo de proporcionar una herramienta eficiente y flexible que permita la gestión de incidencias en entorno urbano, para el centro de gestión de la movilidad del Ayuntamiento de Madrid, resultando un perfecto complemento de ayuda a la toma de decisiones que garantiza la Seguridad del tráfico.

Mediante la utilización de sistemas dedicados a procesos de macro y micro-simulación, una estimación a corto plazo –prognosis- de las situaciones del tráfico ante distintos posibles planes de actuación, las capacidades de decisión de los operadores y jefes de sala se ven altamente incrementadas, asegurando en gran medida el correcto resultado final de las actuaciones.

PALABRAS CLAVE: Seguridad, Simulación, Tiempo-Real.

INTRODUCCIÓN

La Seguridad Vial no es un concepto unidimensional sino una realidad compleja que solo resulta entendible enmarcada en cuatro niveles:

- **Primario:** viene constituido por aquellas medidas que tienden a evitar el accidente (p.e. instalación de mejoras en los sistemas de freno de los vehículos, buena formación de los conductores en orden de la observancia de las normas de circulación, mejora del trazado de las carreteras, etc.)
- **Secundario:** lo constituyen las acciones que pretenden suavizar las consecuencias del accidente en el mismo momento en que éste se produce (en el vehículo: cinturón de seguridad, “airbag”, etc. Por lo que se refiere a la vía, p.e. barreras de protección lateral).
- **Terciario:** está formado por todas las medidas de auxilio que tienden a aminorar las consecuencias del accidente, en una fase posterior. En rigor se diferencia del nivel secundario únicamente por el momento en que se producen. Su ejemplo más claro sería el establecimiento de un sistema de atención –y en su caso evacuación- a las víctimas de accidente.
- **Cuaternario:** viene definido por aquellas acciones que tienden a reparar las consecuencias de los accidentes (indemnizaciones, medidas de recuperación de discapacidades, . Etc.).

La simulación juega un papel fundamental, tanto en la planificación de situaciones dirigidas a evitar situaciones de riesgo, como al tratamiento en tiempo-real e incluso, a través de modelos, realizar tareas de pronosis para estimar las situaciones de riesgo a corto plazo.

Asociado a la propia evolución de las ciudades, se crean nuevas infraestructuras urbanas, calles o vías de alta capacidad, permitiendo una mejora general de la red

viaria y posibilitando una mejor movilidad tanto mediante vehículos privados como transporte público. Asimismo, la instalación de nuevos equipos y sistemas de control facilitan las labores de gestión por parte de los organismos municipales que gestionan la movilidad urbana.

Siempre aparece como aspecto crítico la capacidad de gestión eficiente de las incidencias y emergencias, mediante el establecimiento de planes de tráfico, señalización e intervenciones adecuados, tanto como respuesta a la propia incidencia como a las condiciones de entorno (tráfico actual, restricciones existentes, condiciones meteorológicas, etc....)

Para proporcionar una herramienta adecuada para el soporte a las decisiones ante situaciones de riesgo que afectan a la Seguridad Vial, un modelo de la red viaria de la ciudad ha sido elaborado y utilizado mediante simulaciones off-line con objeto de disponer de un conjunto de estrategias predefinidas y optimizadas como respuesta a escenarios de incidencias.

Este artículo describe el trabajo realizado, tanto en ingeniería de tráfico, simulación on-line e integración de software, para la elaboración de una herramienta que permita la evaluación rápida de eficacia de estrategias alternativas, la selección de la que se considere adecuada y su puesta en práctica para la resolución óptima de las situaciones de riesgo.

1. LA SITUACIÓN ACTUAL

Durante los últimos 30 años, la ciudad de Madrid ha sido equipada con sistemas de control de tráfico y medios de señalización dinámica en las vías de circunvalación. En

los últimos 4 años, ha sido dotada de un completo centro de gestión, incluyendo una importante renovación tecnológica, tanto en equipamiento de control semafórico y de señalización, como de video-vigilancia. Las necesidades de gestión se han incrementado significativamente, planteándose, durante los años 2005 y 2006, la creación de un sistema de monitorización y control que actúe como integrador de los diferentes sistemas existentes y permita una gestión unificada de la ciudad, considerándose:

- 3 sistemas de control semafórico de distintos fabricantes
- 1 sistema de video-vigilancia
- 1 sistema de control de la M-30
- 1 sistema de gestión de incidencias
- 1 sistema de gestión de averías
- La existencia de un GIS corporativo

Las informaciones procedentes de estos diferentes sistemas, integradas y consolidadas en la plataforma SICTRAM, permiten una gestión homogénea de la movilidad, en tiempo real. SICTRAM se encuentra actualmente en operación en el Centro de Gestión de la Movilidad.

Coincidiendo con la apertura al tráfico de los recientes túneles de Calle-30, un nuevo sistema de control ha sido creado, dando respuesta a las necesidades específicas de estas nuevas infraestructuras viarias, que, por su naturaleza, requiere atención especial en su explotación y disponiendo de sus propios planes de respuesta ante incidencias y emergencias.

2. LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

En la búsqueda de una solución tecnológica adecuada que permita la gestión eficiente de situaciones que afectan a la Seguridad Vial, se perfiló la posibilidad de utilizar la simulación como base para el soporte a la toma de decisiones, integrando esta herramienta en la gestión de planes ya disponible en SICTRAM.

Se ha prestado especial atención al aspecto operativo, que pueda permitir su uso por los propios operadores de centro de gestión, sin una demora importante en la toma de decisiones, y asegurando la capacidad de actuación mediante una librería de estrategias con resultados conocidos ante escenarios tipificados. Asimismo, era necesario disponer de un sistema suficientemente flexible para la incorporación posterior de estrategias modificadas y/o adicionales y la ampliación de las zonas de acción y tipos de incidencias.

3. LA RED VIARIA

De forma a permitir una simulación efectiva, se ha definido y verificado el modelo de la red viaria, mediante un trabajo intenso, y por un grupo de ingeniería de tráfico.

Se ha parametrizado el comportamiento viario, considerando diferentes escenarios y situaciones definidas por matrices O/D y planes de tráfico determinadas mediante un amplio muestreo de históricos archivados en los sistemas de control existentes y encuestas domiciliarias recientes. Para ello, se ha utilizado informaciones de los últimos meses, con periodicidad de los datos de tráfico de 5 min. permitiendo la identificación de situaciones típicas repetitivas o extraordinarias.

4. NODOS Y TRAMOS

De acuerdo con la última información disponible, se han ajustado los diferentes movimientos viarios, topología de los cruces y tramos, así como informaciones de la regulación, confeccionándose una completa red de nodos y tramos con los adecuados parámetros de movilidad, con el fin de asegurar la validez de los resultados procedentes de las simulaciones que sean realizadas.

La parametrización de las diferentes entidades del modelo ha sido elaborada teniendo en especial consideración la necesidad de importar información en tiempo real de los sistemas de control como base para las simulaciones a realizar. Se han considerado en particular la incorporación de informaciones de intensidades en puntos de medida así como estructuras y planes de tiempo activos para la regulación semafórica, en las diferentes franjas horarias.

6. LOS ESCENARIOS COMO BASE PARA LA SIMULACIÓN

Como primera aplicación para la construcción del sistema, se ha considerado el análisis de las actuaciones de emergencia diseñadas para los túneles de Calle-30 como documentos de partida, permitiendo el desarrollo de una interfaz de notificación de eventos y actuaciones, como paso inicial de la aplicación de estrategias en el contexto urbano.

La creación de escenarios, que toman en cuenta las posibles situaciones en los túneles y su interacción con la red viaria urbana, han constituido la base para los casos analizados, permitiendo la elaboración de estrategias de respuesta y alternativas posibles, que posibilitan la creación de rutas alternativas para los vehículos desviados.

7. INGENIERÍA DE TRÁFICO Y OPTIMIZACIÓN DE ESTRATEGIAS

Tanto la elaboración de las estrategias como la comprobación de los efectos de las mismas han sido posibles mediante simulaciones off-line, aportando una importante información sobre los efectos que se derivan a corto plazo, considerando diferentes condiciones

- el tipo de incidencia y sus restricciones asociadas
- el volumen del tráfico, acorde con el patrón considerado en el escenario
- el tipo de día, hora
- los planes de tráfico típicos

Para cada escenario, se han determinado al menos 5 estrategias alternativas, permitiendo al usuario la aplicación de soluciones diferenciadas acordes a las condiciones reales.

Las actuaciones correspondientes con cada estrategia resultante son configuradas, en SICTRAM y/o los diferentes sistemas de control, quedando disponibles para su uso a solicitud de gestor de la situación de emergencia.

SICTRAM proporciona el soporte necesario con las herramientas para la definición, filtrado y ejecución de estrategias predefinidas, a demanda del usuario, y mediante la gestión de incidencias. Las estrategias pueden incluir operaciones tales como:

- forzadura de planes
- paso a intermitencia
- cambios de estructura
- priorización de rutas y corredores
- actuación sobre cámaras (selección y preposición)
- interacción con usuario (para notificaciones y confirmaciones/cancelaciones)
- Ajuste de señalización dinámica...

8. INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL

Al crear procesos de decisión que están condicionados a resultados de simulaciones a corto plazo, es necesario establecer intercambios de información con los sistemas de control existentes, desglosándose a continuación algunos de ellos:

- Desde el sistema de control de túneles: notificación y creación automatizada de incidencias, detectadas mediante las informaciones básicas de estado y los planes ejecutados por los operadores
- Desde los sistemas de control urbano: exportación de las condiciones activas (datos de tráfico, planes y estructuras/tiempos activos en los cruces controlados)
- Desde el gestor de incidencias: exportación de las incidencias activas y restricciones asociadas, pudiendo influir en el resultado de las simulaciones
- Desde el gestor de planes: capacidad de ejecución de planes de actuación confeccionados como resultado de las estrategias predefinidas y estudiadas, así como de ordenes individuales.

El intercambio de información con el sistema de control de túneles ha dado lugar a la definición e implantación de un protocolo de intercomunicación, adaptado a los planes de actuación previstos en los túneles, asociando la actuación de un plan a la existencia de incidencia predeterminada (es decir, la existencia de un escenario). Los planes de emergencia son conocidos e identificados, ligados al propio plan de explotación del sistema, y definidos mediante una lista de actuaciones cuya ejecución es provocada por el operador correspondiente.

La captura de información de situación actual desde los sistemas de tráfico se realiza mediante la exportación de las informaciones en tiempo real disponibles en SICTRAM. Se procede a la captura de una “instantánea” de los últimos datos validados y disponibles, tanto para volúmenes de tráfico como para tiempos aplicados en semáforos. Se han implementado igualmente las rutinas que permiten la transformación

de esta información en el formato necesario para la parametrización de informaciones en el modelo simulado, creando dinámicamente un escenario activo.

La ejecución de órdenes básicas en los sistemas integrados en SICTRAM está asimismo asumida en la propia naturaleza de su función integradora, facilitando, mediante su capacidad de creación de scripts y macros, las herramientas para la aplicación de estrategias.

9. LA SIMULACIÓN ON-LINE

La disponibilidad de procesadores de última generación permite la realización de simulaciones en modo acelerado, facilitando la prognosis de situaciones futuras con suficiente celeridad, considerándose actualmente la posibilidad de disponer de resultados unas 10 a 20 veces más rápido que el tiempo real, incluso en redes de gran detalle como la elaborada en este proyecto.

Asimismo, las simulaciones concurrentes se realizan mediante diferentes máquinas, sobre escenarios y estrategias diversas, proporcionando el estudio de situaciones alternativas, cuyos resultados serán coordinados y comparados durante el proceso de gestión de la incidencia. Adicionalmente a las estrategias predefinidas, se considera igualmente una simulación sin acciones forzadas como una de las posibles estrategias, a efectos comparativos.

El proceso de simulación incluye los siguientes pasos básicos

- Integración de información en tiempo real, desde los sistemas de control
 - o Escenario considerado para la incidencia
 - o Planes de tráfico en cada intersección
 - o Volúmenes y ocupaciones en los diferentes puntos de medida

- Restricciones preexistentes
- Búsqueda y ajuste a la matriz O/D considerando las intensidades de tráfico existentes...
- Preselección de las estrategias disponibles e interacción con operador
- Simulación de las estrategias seleccionadas
- Presentación de resultados e indicadores de bondad

Los resultados de las simulaciones se caracterizan por un coeficiente calculado según las demoras y paradas que se generan en la red para cada una de ellas (incluyendo la posibilidad de no-acción). Este valor cuantitativo facilita al operador un valor de bondad de cada estrategia, completándose la información proporcionada por la presentación de la zona de influencia y los niveles de servicio de los tramos (en base a densidad de tráfico).

Esta información visual permite igualmente la indicación de futuros cruces conflictivos o situaciones a supervisar.

10. PROCESO DE DECISIÓN E IMPLANTACIÓN DE ESTRATEGIA

Los pasos del proceso de decisión se indican en el diagrama en la página siguiente.

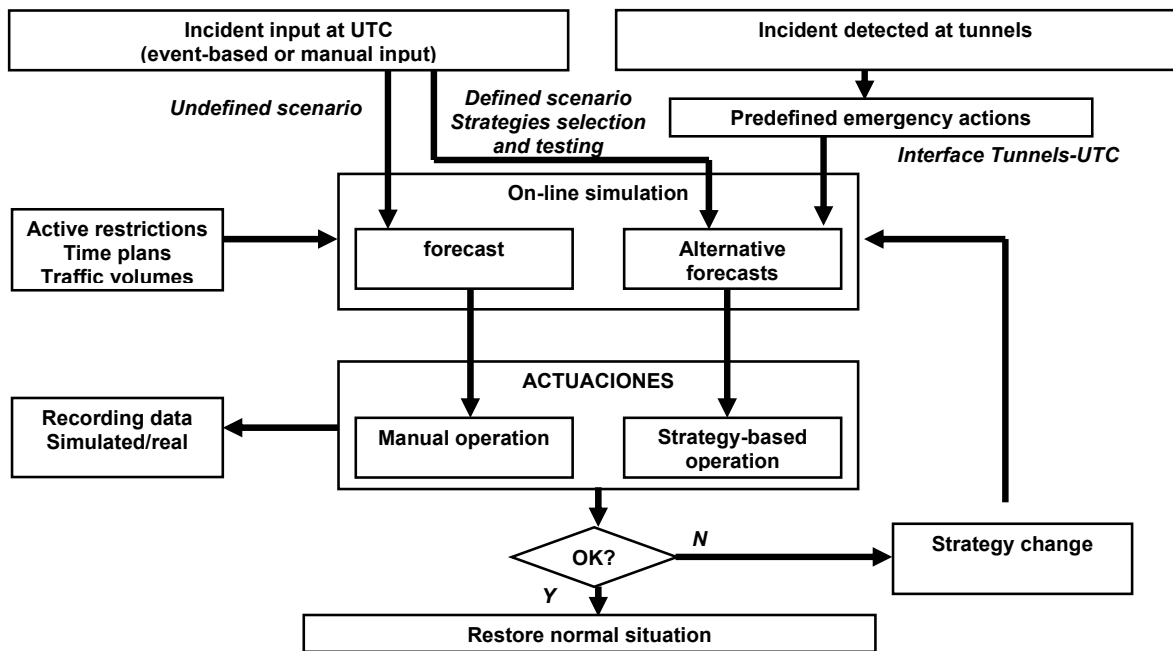


Figura 1. Diagrama de toma de decisiones

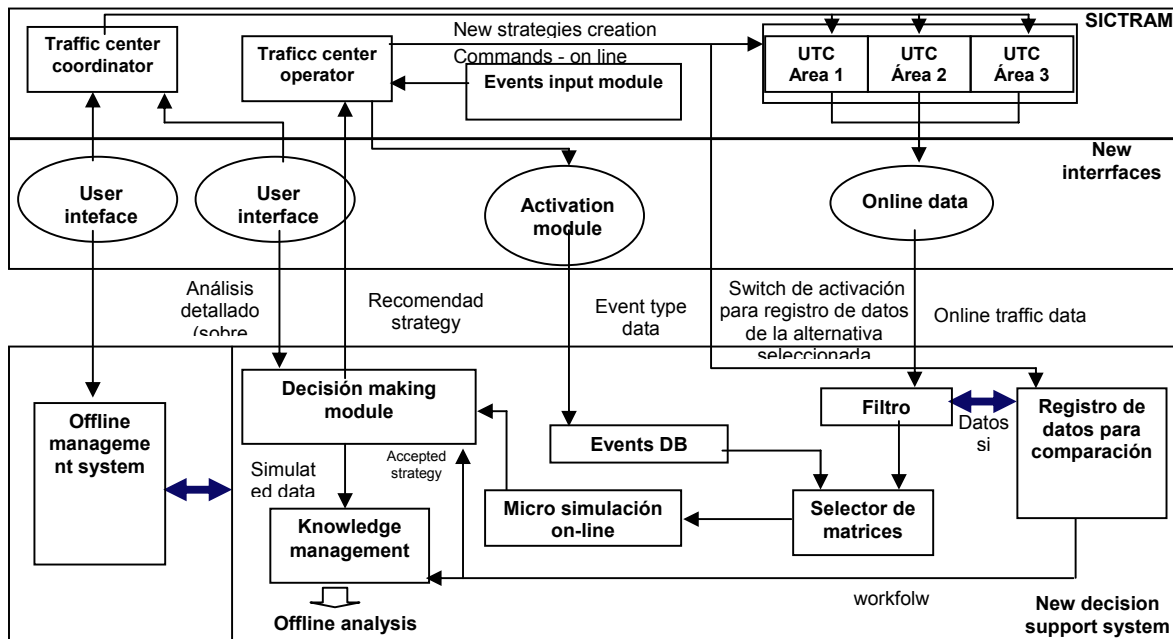


Figura 2. Esquema de Interfaces

El interface de usuario para la selección de estrategia, visualización reprevisiones y activación de estrategia se incluye como módulo funcional adicional a la gestión de incidencias que se encuentra actualmente disponible en SICTRAM, teniendo en cuenta que los operadores necesitan capacidad de control en proceso de decisión.

Los diferentes diálogos desarrollados al efecto se presentan a continuación:

- Módulo de visualización de incidencias: utilizado por los operadores para la introducción y visualización de incidencias activas, incluyendo acceso directo a la gestión de incidencias

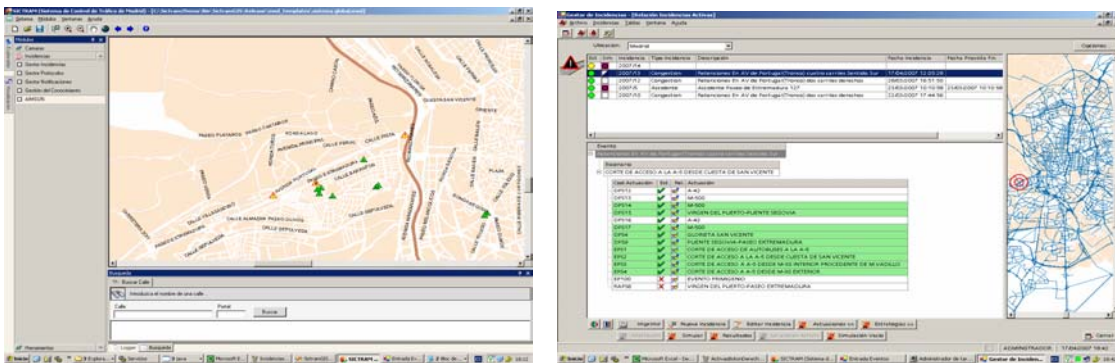


Figura 3. Interfaz de visualización de incidencias.

- Modulo de gestión manual de incidencias: utilizado por los operadores para la visualización e introducción de información detallada, incluyendo restricciones a la movilidad

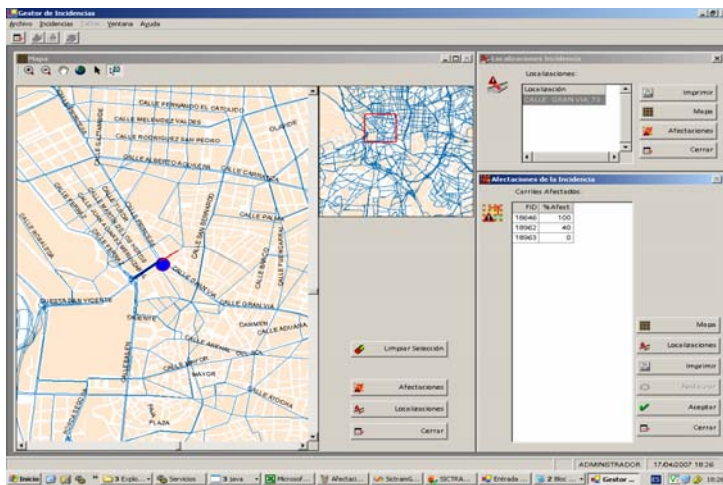


Figura 4. Interfaz de gestión manual de incidencias.

- Dialogo de selección de estrategias simulables: permite a los operadores la selección de estrategias a similar, de las disponibles y aplicables en la librería disponible y filtradas por zona, incidencia, tipo de día, condiciones de tráfico, etc.

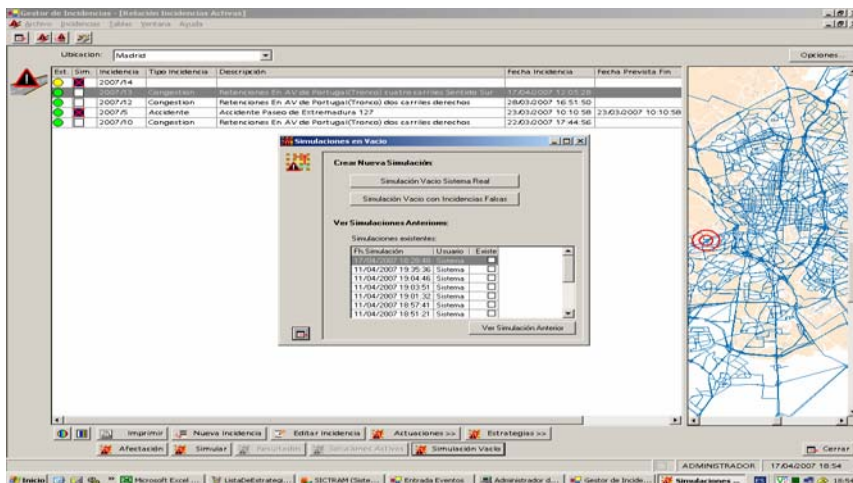


Figura 5. Interfaz de selección de estrategias.

- Dialogo de resultados y activación de estrategia: Permite a los operadores la visualización de resultados de las simulaciones realizadas, incluyendo indicador

de bondad e imagen de carga de tráfico prevista, facilita igualmente la activación de la estrategia seleccionada.

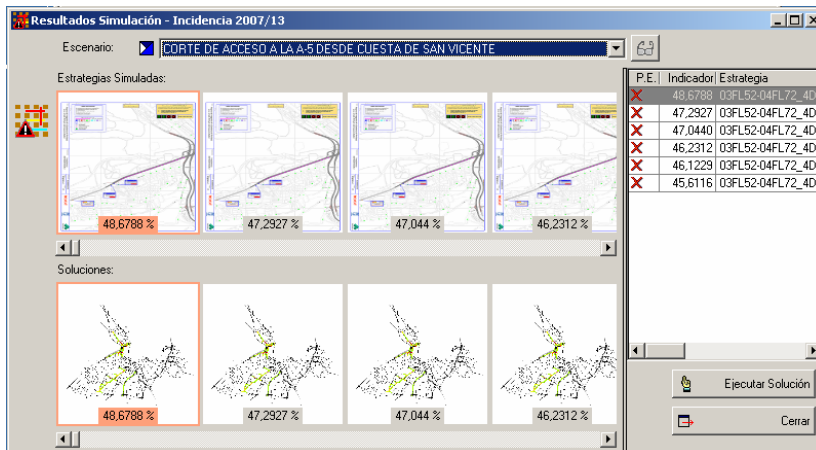


Figura 6. Interfaz de resultados.

11. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

La experiencia adquirida en el tratamiento de emergencias constituye un activo fundamental para la mejora de las actuaciones a llevar a cabo. Por ello, el proyecto incluye la definición y aplicación de un proceso sistemático de adquisición del conocimiento mediante análisis de las estrategias aplicadas y un registro continuo comparativo de los resultados previstos y los realmente obtenidos: conservándose para análisis los siguientes datos:

- condición inicial
- selección de escenario y ajustes realizados
- estrategias simuladas y resultados previstos
- estrategia seleccionada y ejecutada
- instantáneas de situación real y simulada durante la ejecución de la estrategia

El proceso completo (tanto real como simulado) de incidencias tratadas puede ser analizado y comparado, permitiendo una mejora en la selección, la fiabilidad de la simulación y la reacción de los operadores en condiciones de crisis.

Los resultados de estos análisis posteriores permiten una sustancial mejora en el conocimiento y los procesos de simulación así como una adecuación de las actuaciones de los operadores, implementando cambios en los procesos de actuación o modificaciones de las estrategias básicas.

12. CONCLUSIÓN

Las pruebas realizadas hasta la fecha permiten asegurar el buen comportamiento del sistema de soporte a la toma de decisiones y la flexibilidad para cambios en los procesos y estrategias, convirtiendo a este sistema en una herramienta básica para el tratamiento en tiempo real de las situaciones que conllevan un riesgo para la Seguridad Vial.

Las características propias de este proyecto requieren una interacción importante en las primeras implementaciones de estrategias, con un proceso de ajuste progresivo, dado que las nuevas infraestructuras puestas en operación recientemente constituirán una distorsión, probablemente importante en las condiciones del tráfico del entorno, principalmente la puesta en servicio de la red de túneles urbanos. La disponibilidad de los subsistemas ligados a la gestión del conocimiento facilitarán las labores de ajustes.

Bibliografía.

Muñoz Medina, M. 2007. **La Seguridad Vial, una responsabilidad compartida.**
ETRASA-Editorial Tráfico Vial, S.A. Madrid

Dep. Software Telvent Transporte. 2005-2007. **Ingeniería de Tráfico.** Elaboración Propia.