

NUEVOS ENFOQUES PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA MOVILIDAD EN CIUDADES CONGESTIONADAS

Vicente Sebastián Alapont
Departamento de Infraestructuras, GRUPO ETRA, España
vsebastian@grupoetra.com

ABSTRACT

La congestión que sufren de forma habitual muchas ciudades tiene un gran impacto negativo tanto en las condiciones socio-económicas como ambientales. En general es difícil asociar las situaciones que originan la congestión a causas específicas, ya que dependen de diversos factores. Se hace por tanto necesario aplicar medidas y tecnologías que minimicen el impacto de esos factores, pero de forma coordinada e integrada para garantizar una optimización de las condiciones de movilidad en la ciudad.

Un nuevo enfoque implica la definición de un marco organizativo y tecnológico que establezca las directrices para la gestión de la movilidad. A nivel organizativo se establecen las medidas y sus alcances, de forma que las herramientas tecnológicas que se apliquen ayuden a desarrollar en la práctica un modelo de movilidad eficiente y sostenible en la ciudad.

El propósito de este documento es presentar casos de implantación de soluciones integrales de gestión de la movilidad urbana que integran con éxito tecnologías avanzadas de regulación semafórica, ingeniería de tráfico, visión artificial, comunicaciones, plataformas de información, gestión del transporte colectivo, gestión y regulación de los estacionamientos, detección y gestión de infracciones y promoción del uso de vehículos eléctricos.

1. LA MOVILIDAD EN CIUDADES CONGESTIONADAS

La problemática existente en las ciudades actuales en cuestiones de movilidad engloba varios factores que es necesario tener en cuenta para encontrar soluciones adecuadas que permitan minimizar el impacto negativo producido por la aparición o combinación de varios de ellos.

A continuación se enumeran algunos de estos factores:

- El número de vehículos en circulación es cada vez mayor. Esto implica un mayor nivel de congestión y un mayor nivel de contaminación en las ciudades.
- Necesidades de ocupación de la vía pública para actividades como obras, mudanzas, etc., reducen la capacidad de la vía en momentos determinados.
- Vehículos estacionados o parados en lugares inapropiados dificultan la circulación del resto de vehículos.
- Los incidentes o averías que ocurren esporádicamente provocan congestión y atascos en ciertas vías de la ciudad.
- La celebración de eventos o fiestas locales puede requerir el corte de algunas vías de la ciudad, con el consiguiente trastorno de la circulación provocado.
- Algunos vehículos no respetan la señalización y normas existentes, provocando problemas en el tráfico.
- En periodos concretos (vacaciones, puentes, etc.) se producen graves problemas de circulación en los accesos o salidas de las ciudades.
- Otros

Estos factores son muchas veces bien conocidos, y provocan problemas que es necesario prever y detectar en tiempo real para minimizar el impacto de los mismos. Para ello es importante contar con una organización y planificación adecuadas, y con una serie de herramientas y sistemas que, operados de manera centralizada, coordinada e integrada, permitan reducir los problemas socio-económicos y ambientales derivados de esta problemática.

Es necesario implantar medidas encaminadas a mejorar la circulación, reducir el número de vehículos en circulación e incentivar el uso de vehículos menos contaminantes, medios de transporte alternativos y medios de transporte público.

2. CENTRO DE GESTIÓN DE LA MOVILIDAD

El Centro de Gestión de la Movilidad es un elemento fundamental en la Gestión inteligente e integrada del tráfico en las ciudades, ya que es el lugar donde, a partir de la información de tráfico recopilada por los distintos sistemas implantados en la ciudad, se toman decisiones para la mejora de la movilidad global de la ciudad.

El Centro de Gestión pretende ser el punto de unión entre todos los agentes implicados en la gestión de la movilidad de la ciudad: peatones, ciclistas, vehículos privados, transporte colectivo, Policía Local, medios de comunicación, etc. y desde él se realiza la gestión integral del tráfico con el objetivo de optimizar las condiciones generales de la circulación para todos los usuarios de la vía pública.

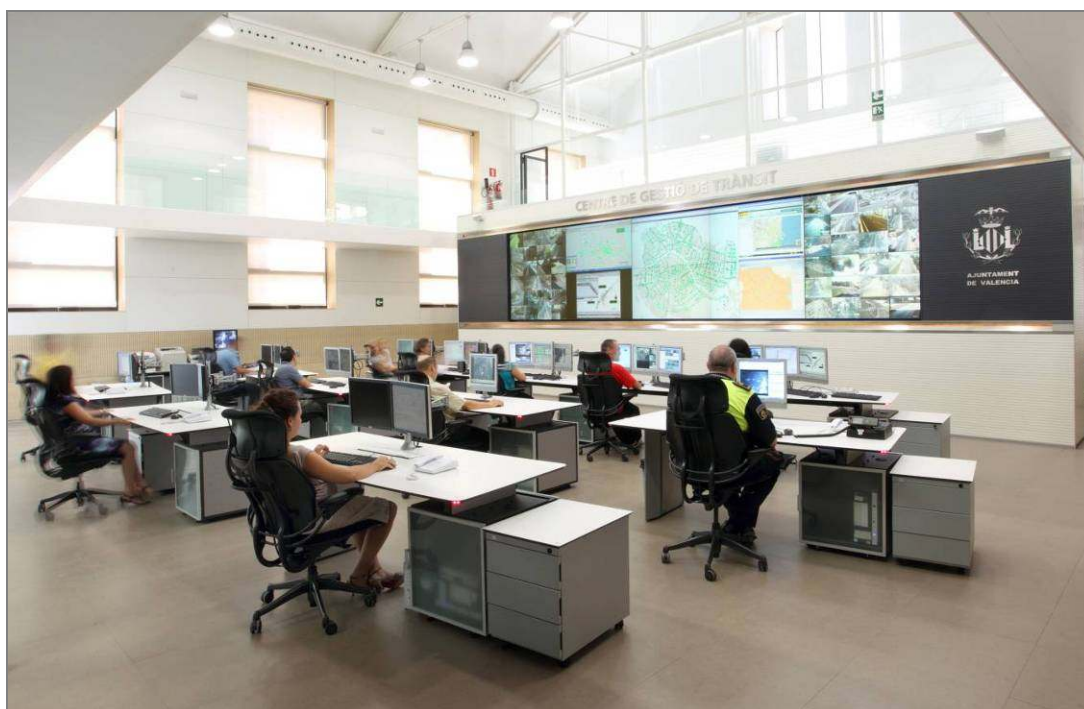


Figura 1 – Centro de Gestión de Movilidad de Valencia

2.1. Información en tiempo real

Para realizar una gestión adecuada, es necesario disponer en tiempo real de información útil y fiable relacionada con la movilidad en la ciudad, en el Centro de Gestión de Tráfico. Esta información se recoge a partir de:

- Sistemas de captación de información relacionada con el tráfico. Se trata de sistemas implantados en puntos estratégicos de las vías de la ciudad encargados de recoger información importante para la gestión de la movilidad. Algunos de ellos son:
 - Sistema de detectores de tráfico. Se usan para conocer cuál es el estado del tráfico en la red viaria. Se instalan en puntos clave de las distintas calles y miden la intensidad de circulación, es decir, el número de vehículos que pasan por ellos, el tiempo de ocupación y la velocidad media de circulación.
 - Sistema de Circuito Cerrado de Televisión. A través de cámaras instaladas en puntos estratégicos, es posible detectar cualquier incidencia o

problemática relacionada con la circulación, y de esta forma tomar las medidas oportunas para resolverla adecuadamente.

- Sistema de recogida de datos ambientales. La instalación de una red de sensores ambientales, midiendo datos de concentración de distintos gases contaminantes, permite disponer de un mapa de contaminación del área, y así realizar una gestión del tráfico basada en los niveles de contaminación existentes en las distintas partes de la ciudad.
- Sistemas de videodetección. Los sistemas de videodetección analizan las imágenes de las cámaras instaladas en la ciudad, y permiten por una parte identificar alarmas relacionadas con la circulación, y por otra realizar tomas de datos de tráfico.
- Sistemas de lectura de matrículas. Estos sistemas, a través de la lectura de las matrículas de los vehículos, permiten calcular tiempos de recorrido en distintos trayectos de la ciudad y establecer matrices origen destino.
- Sistemas externos. Se trata de sistemas que disponen de información importante para la gestión de la movilidad, pero que no forman parte específicamente de los subsistemas monitorizados desde el Centro de Gestión de Movilidad. Algunos de estos sistemas son.
 - Sistemas de Gestión de Aparcamientos. La integración de estos sistemas en el Centro de Control permite disponer de la información de plazas libres en cada aparcamiento, de manera que esta información se pueda mostrar a los usuarios con el objetivo de reducir el tiempo de búsqueda de plazas libres de aparcamientos.
 - Sistema de Información meteorológica. Se trata de sistemas de medición de datos meteorológicos independientes, que aportan información importante al Centro de Gestión de la Movilidad.
- Centros de Control externos. Se trata de Centros de Control que disponen de información relacionada con la movilidad en la ciudad. Algunos de ellos son:
 - Centro de Control de Tráfico Interurbano. El intercambio de información con este Centro de Control permite disponer de información relativa al estado de la circulación en las vías de acceso a la ciudad. Esto permite planificar la operación del sistema de tráfico en las vías interiores de la ciudad.
 - Centro de Control de túneles urbanos. La coordinación con el Centro de Control de túneles urbanos permite disponer de información útil sobre el estado de los sistemas del túnel.
 - Centro de Control de Empresa Municipal de Transportes (autobús, tranvía, etc.). La integración del Sistema de Gestión de Tráfico con los Sistemas de Ayuda a la Explotación de los servicios de transporte público permite establecer prioridad al transporte público bajo distintos criterios, mejorando de esta manera los niveles de servicio de los mismos.

- Policía Local. Su labor principal, en cuanto al tráfico se refiere, es la adopción de medidas puntuales: regulación del tráfico, resolución de problemas localizados, vigilancia del cumplimiento de lo ordenado y comunicación con los agentes de tráfico para coordinar las diferentes actuaciones que por ambos lados puedan realizarse.

Es muy importante resaltar la importancia de disponer de una red de comunicaciones de alta capacidad, redundante y ampliable, que permita el flujo de la información entre los equipos instalados en calle y Centro de Control.

2.2. Actores que intervienen en la operación del sistema

Como se ha comentado anteriormente, es importante disponer de un equipo capacitado y con experiencia para gestionar la movilidad de la ciudad, que sea capaz de sacar provecho de las herramientas tecnológicas que el sistema pone a su alcance, de manera que se cree un marco organizativo y tecnológico adecuado para la gestión integral y eficiente de la movilidad.

Las personas que intervienen en la operación del sistema, en el Centro de Gestión de Movilidad, son:

- Funcionarios responsables del servicio.
- Supervisor de Sala de Gestión de Movilidad
- Coordinadores de Sala de Gestión de Movilidad
- Operadores de tráfico
- Ingenieros de tráfico
- Policía Local
- Otros

2.3. Equipos y herramientas de actuación sobre el tráfico

Una vez se dispone de la información necesaria para gestionar la circulación en la red viaria de la ciudad, es necesario disponer de los equipos adecuados para aplicar las medidas decididas en cuanto a regulación de tráfico e información del mismo a los usuarios de la vía. Estos equipos son los siguientes:

- Reguladores de tráfico. Estos equipos permiten regular el tráfico a través del cambio en los colores de los semáforos.
- Paneles de Información. Los paneles permiten mostrar información en tiempo real a los usuarios de la vía sobre el estado del tráfico, los itinerarios recomendados, las incidencias y las plazas disponibles en los aparcamientos de la ciudad.
- Páginas Web informativas. El Sistema de Gestión de Movilidad debe ser capaz de difundir la información útil para los usuarios sobre el tráfico en la ciudad por medios de la web.
- Medios de comunicación. Los medios de comunicación, en colaboración con la Sala de Gestión de Tráfico, permiten difundir la información de movilidad a los usuarios de la red viaria de la ciudad.

3. SOLUCIONES INTEGRALES DE GESTIÓN DE LA MOVILIDAD URBANA

Las soluciones integrales para la gestión de la movilidad urbana en ciudades congestionadas engloban herramientas tecnológicas integradas en el Sistema de Gestión relacionadas con los siguientes aspectos:

- Operación y Regulación de Tráfico
- Sistemas de Información al Ciudadano
- Gestión integrada de la prioridad al transporte colectivo
- Herramientas avanzadas de Ingeniería de Tráfico
- Análisis y Explotación de Datos de Tráfico
- Promoción del uso del vehículo de manera eficiente

Estas herramientas funcionan sobre plataformas basadas en arquitecturas servidores cliente, que se conectan a los equipos instalados en la red viaria a través de una potente red de comunicaciones.

A continuación se describen algunas de estas herramientas.

3.1. Operación y Regulación de Tráfico

Estas herramientas están integradas en el Sistema de Gestión de la Movilidad, y facilitan a los operadores del sistema la Operación y Regulación de Tráfico, proporcionándoles utilidades que optimizan su trabajo y permiten una mejor gestión de los equipos de control de tráfico.

Herramienta que permite realizar la programación completa del regulador de tráfico

Se trata de una herramienta que facilita la introducción de datos en la programación del regulador de tráfico desde el Centro de Gestión de Movilidad. La herramienta muestra tablas de colores en función de los grupos semafóricos existentes, y permite generar documentación relacionada con la programación del equipo.

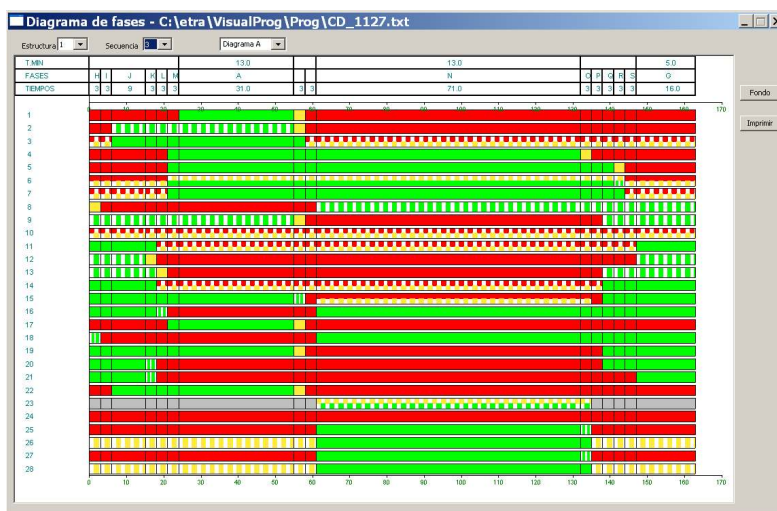


Figura 2 – Diagrama de fases del regulador

Herramienta para la verificación de la programación de los controladores de tráfico.

Esta herramienta permite consultar las programaciones de los equipos en calle y su comparación con las bases de datos del sistema, con el objetivo de visualizar las diferencias entre las distintas programaciones y actualizarlas en caso necesario.



Figura 3 – Verificación de programaciones del regulador

Herramienta para facilitar la operación de tráfico

Se trata de una herramienta que proporciona funcionalidades útiles para la gestión del tráfico, permitiendo realizar, entre otras, las siguientes acciones:

- Actuaciones sobre los equipos de campo (forzaduras).
- Gestión de Órdenes diferidas en el tiempo.
- Visualización de ondas verdes en el interfaz de usuario.

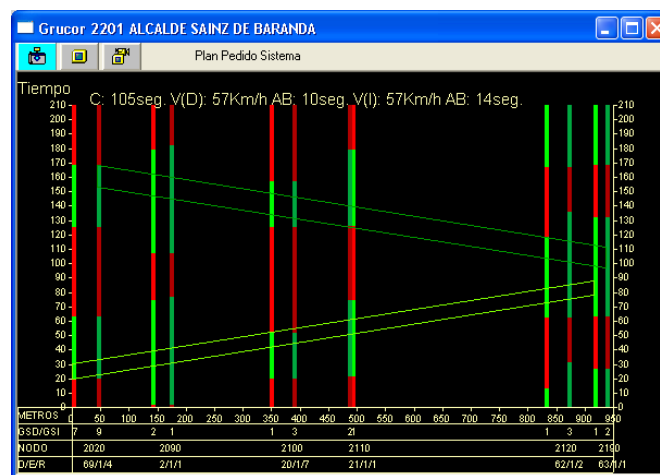


Figura 4 – Representación de una onda verde

Esta herramienta permite asimismo la aplicación de estrategias de control de tráfico en función de las necesidades en cada momento:

- Estrategias de control por selección horaria.
- Estrategias de control por tráfico.
- Modo de control combinado
- Generación dinámica
- Adaptativo
- Microregulación

Herramienta de operador experto

Esta herramienta permite realizar acciones sobre el sistema de forma automática, emulando las acciones de los operadores a partir de reglas definidas sobre las variables que describen el estado del tráfico y del propio sistema. La herramienta actúa como un operador con grandes conocimientos de tráfico y con la capacidad de procesado de información de un computador.

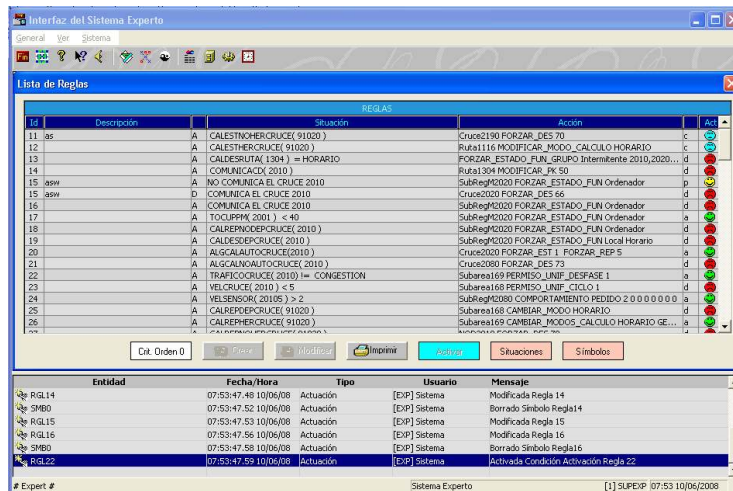


Figura 5 – Interfaz de usuario del operador experto

Herramienta para la Gestión estratégica de la movilidad

Se trata de una herramienta para la gestión a alto nivel de la movilidad. Integra la información de alto nivel generada por el Sistema de Control de Tráfico Urbano y el Sistema de Gestión y Difusión de la Información. Está preparado para integrar la información generada por otros sistemas como los de transporte público, tráfico interurbano y periurbano, etc. Es capaz de aplicar estrategias de gestión de la movilidad bajo distintos tipos de criterios:

- Por calendario
- Por horario
- Ante eventos planificados
- Como respuesta automatizada a situaciones de tráfico identificadas por reconocimiento de patrones
- En respuesta a incidentes



Figura 6 – Interfaz de usuario del Sistema de control estratégico

3.2. Sistemas de Información al Ciudadano

Se trata de sistemas que, a partir de la información de tráfico y de movilidad recogida por el Sistema en tiempo real, permiten gestionar y difundir esta información a través de distintos medios (paneles de mensaje variable, paneles de aparcamientos, páginas web, etc.), con el objetivo de que los usuarios de la vía dispongan de información útil para elegir sus itinerarios de manera óptima.

Sistema de gestión y difusión avanzada de la información de movilidad

Esta herramienta permite la adquisición de información de múltiples fuentes mediante protocolos específicos, SDKs o servicios web. Además, incorpora mecanismos para comprobar la fiabilidad e integridad de la información, evitando que se difunda información errónea. Una vez validada, difunde la información a través de servicios web, con lo cual cualquier sistema puede utilizarla.

Sistema de gestión y difusión avanzada de la información de tráfico

Esta herramienta permite difundir información en tiempo real del estado del tráfico, utilizando datos de intensidad y tiempos de ocupación recogidos por el Sistema de Gestión de Movilidad, y calculando los niveles de servicio (FLUIDO, DENSO, CONGESTION). Esta información se puede mostrar en paneles urbanos o páginas web.

Asimismo, esta herramienta permite mostrar Información de tiempos de recorrido en itinerarios utilizando algoritmos avanzados sobre los datos de tráfico.

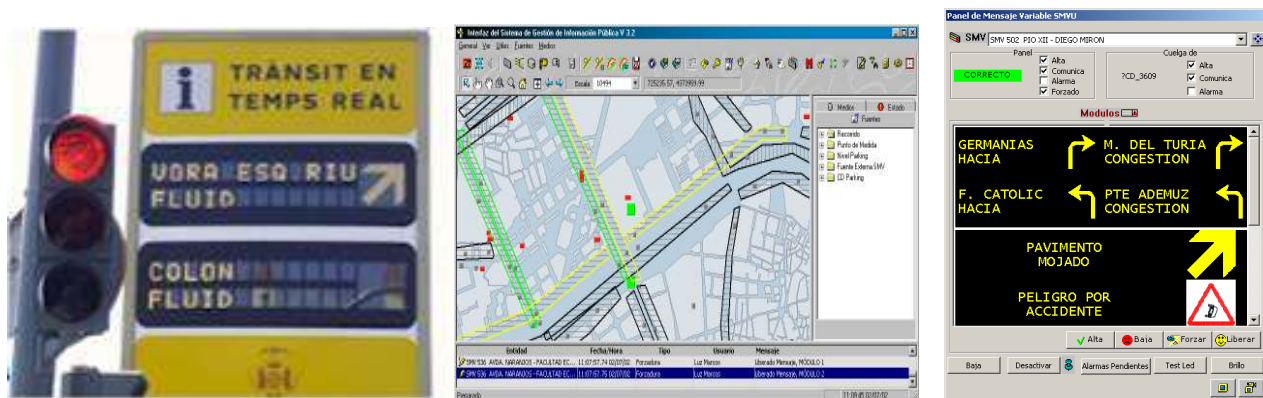


Figura 7 – Difusión de Información al público

Sistema de gestión de información de plazas de estacionamiento

Se trata de una herramienta que permite informar sobre la ocupación de los aparcamientos públicos urbanos, a través de la recepción de número de plazas disponibles en los distintos aparcamientos de la ciudad para informar de plazas disponibles y del nivel de ocupación (LIBRE, SEMILLENOS, COMPLETO). Esta información está disponible para su publicación Web

Descripción	Totales	Libres	Forzado	Nivel	Estado	Activo
PK_1 HOSPITAL GENERAL ...	234	28			✓	↓
PK_2 ABASTOS ...	150	28			✓	↓
PK_3 SAN AGUSTIN ...	500	28			✓	↓
PK_4 PARCENT ...	427	28			✓	↓
PK_5 REINA ...	342	28			✓	↓
PK_6 GLORIETA ...	390	28			✓	↓
PK_7 PORTA DE LA MAR ...	208	28			✓	↓
PK_8 REINO DE VALENCIA...	93	28			✓	↓
PK_9 DR. WAKSMAN ...	200	28			✓	↓
PK_10 PALACIO CONGRES...	600	28			✓	↓



Figura 8 – Información de plazas de aparcamiento

3.3. Gestión integrada de la prioridad al transporte colectivo

Herramienta para la gestión de la prioridad al transporte colectivo

Esta herramienta permite monitorizar y gestionar la prioridad que ofrece el sistema de tráfico a los vehículos de transporte público (autobuses, tranvías, etc.), a través de la integración del Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) del servicio de transporte público con el Sistema de Gestión de Movilidad.

El SAE conoce y transmite al Sistema en cada momento el retraso de cada autobús. En función de este retraso para los autobuses seleccionados, y de su distancia al final de la línea, el sistema calcula la prioridad que se le debe adjudicar y envía este dato a los reguladores semafóricos

Modo	SS	Carga	In	Ex	pmin	pmax	AccLinks
1016	1016	1	8	3400	-136	0	100
1017	1017	3	0	3400	-136	0	100
1019	1019	2	0	3400	-136	0	100
1020	1020	7	0	3400	-136	0	100
1022	1022	5	11	3400	-136	0	100
1201	1201	1	15	3400	-136	0	100
1202	1202	3	0	3400	-136	0	100
1203	1203	1	16	3400	-136	0	100

Figura 9 – Monitor de Prioridad al transporte público

3.4. Herramientas avanzadas de Ingeniería de Tráfico

Este conjunto de herramientas permite a los Ingenieros de Tráfico disponer de información útil para realizar estudios de planeamiento y cálculo de los planes de tráfico en las distintas intersecciones de la ciudad.

Herramienta para la captura, visualización, documentación, análisis, modificación y generación de planes de tráfico de forma interactiva, gráfica y sobre el mapa de la red viaria.

Esta herramienta permite la creación de configuraciones de trabajo para grupos de nodos o la red completa, sobre los que es posible generar planes de tráfico asociados a la

configuración creada o importar planes de tráfico desde las bases de datos del Sistema de Gestión de la Movilidad.

Sobre estas configuraciones se puede analizar y/o modificar los planes de tráfico creados y/o cargados, o crear itinerarios gráficamente para visualizar y modificar la onda verde asociada.

Una vez realizada la simulación de los planes de tráfico sobre el mapa de la ciudad, éstos se pueden incorporar a las bases de datos del sistema de tráfico.

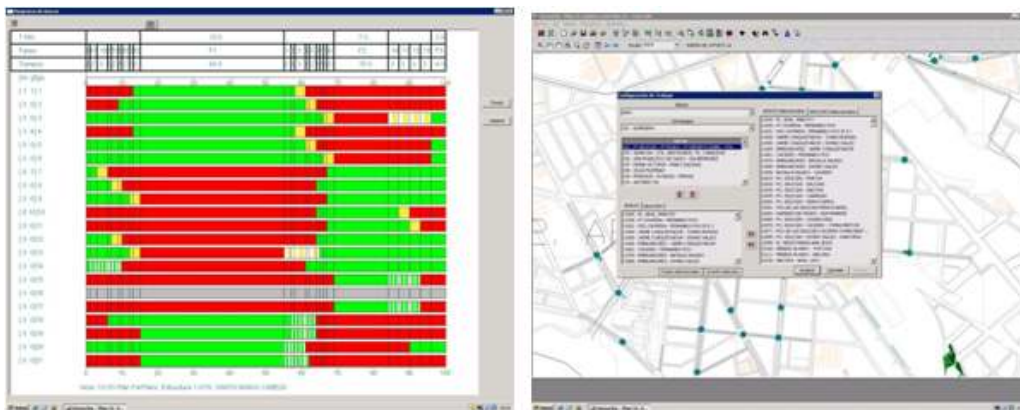


Figura 10 – Herramienta para la generación de planes de tráfico

Análisis del comportamiento del tráfico a partir de la información extraída mediante la técnica del vehículo flotante y utilizando vehículos dotados de un equipo de captura de datos (EMA – Equipo Móvil de Adquisición).

Se trata del uso de vehículos dotados de un Equipo Móvil de Adquisición que realiza la toma de datos de todos los movimientos efectuados por el vehículo. Esto proporciona información de situaciones reales de tráfico, y permite obtener información representativa de itinerarios reales en la ciudad.

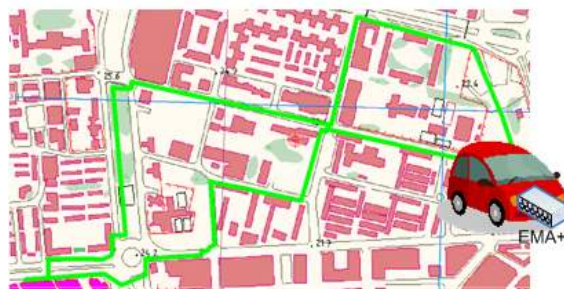


Figura 11 – Recorrido de vehículo flotante

3.5. Herramientas de Análisis y Explotación de Datos de Tráfico

Este tipo de herramientas permite, a partir de los datos de tráfico recogidos por el sistema, su tratamiento y análisis para la generación de informes y estadísticas que puedan ser útiles a nivel de planeamiento de la movilidad en la ciudad.

Sistema informatizado en plataforma web para el tratamiento y análisis de los aforos de tráfico

Se trata de una herramienta que permite el tratamiento, depuración y agrupación de datos de aforos, con el objetivo de la generación de informes que puedan ser útiles a nivel de planeamiento. La herramienta permite la exportación de estos datos a otros formatos estándar: XML, CSV, XLS, PDF, TIFF.

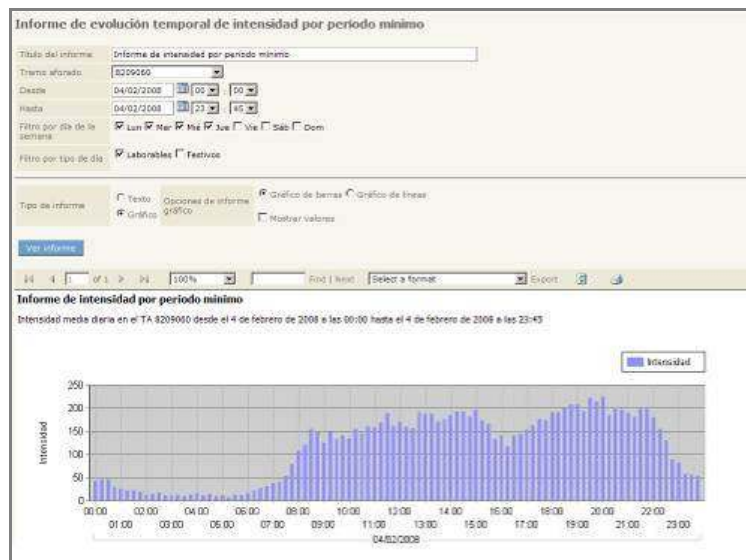


Figura 12 – Herramienta para la generación de informes

Herramienta para el tratamiento estadístico de los datos de tráfico del sistema

Esta herramienta permite, a través de la adquisición permanente de datos de tráfico, la generación a posteriori de informes estadísticos gráficos y tabulados con la información almacenada en la base de datos

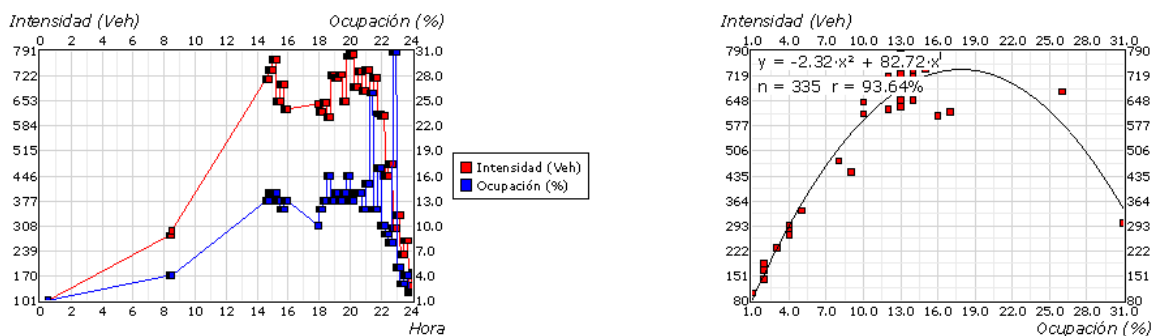


Figura 13 – Datos estadísticos

Herramienta para el análisis del comportamiento del sistema de tráfico a partir de datos históricos, utilizando toda la funcionalidad ofrecida por el Interfaz de Usuario.

Se trata de una herramienta de funcionamiento off-line que permite, en la interfaz gráfica del operador, la reproducción de secuencias relativas a acciones tomadas sobre el sistema por un operador, con el objetivo de analizar las medidas aplicadas y extraer conclusiones útiles de cara a resolver problemas similares en el futuro.

Herramienta para la Generación de Curvas de Sustitución de sensores de tráfico

Esta herramienta se encarga de la generación y actualización automática de las curvas de los datos de sensores a partir de los datos reales de los sensores tomados cada día. La herramienta realiza una gestión estadística de los datos de tráfico que almacena un

sensor, de manera que permite detectar desviaciones en el comportamiento de los detectores y prevenir averías en los mismos. La herramienta permite sustituir los datos del sensor cuando tenga un comportamiento muy desviado de su norma

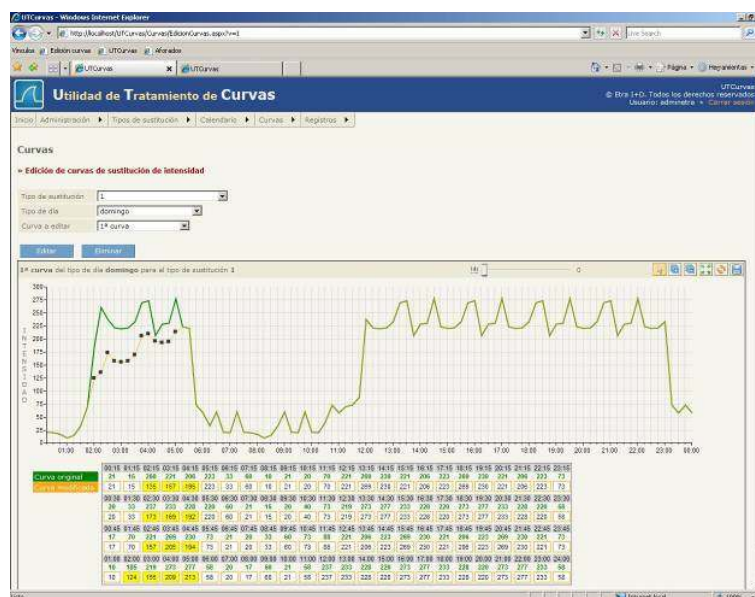


Figura 14 – Herramienta para el tratamiento de curvas

3.6. Promoción del uso del vehículo de manera eficiente

Este tipo de herramientas, junto con las campañas informativas realizadas por las autoridades competentes en la materia, permiten fomentar el uso eficiente e inteligente del vehículo.

Partiendo de la base de que el desplazamiento más eficiente y más ecológico es el que no se realiza, la necesidad fuerza a las personas en las ciudades a que se deban desplazar por distintos motivos (trabajo, ocio, compras, etc.), haciéndolo de manera más o menos eficiente. Desde el desplazamiento a pie, pasando por la bicicleta, el transporte público, el vehículo eléctrico, el vehículo híbrido y el vehículo con motor de combustión transportando a una o varias personas, pasamos por distintos modelos de transporte posibles en una ciudad, entre los que las autoridades competentes deben fomentar los que sean más eficientes, menos contaminantes y más sostenibles.

Estas herramientas pueden ayudar en algunos casos a conseguir estos objetivos.

Herramienta para el control de carriles de uso exclusivo para vehículos eficientes

Se trata de una herramienta que, aprovechando los datos proporcionados por cámaras de lectura de matrículas instaladas en un carril reservado a un determinado tipo de vehículos (vehículos eléctricos, híbridos, etc.), permite controlar el acceso al carril de vehículos no autorizados. Esta herramienta permite fomentar el uso de vehículos eficientes (eléctricos, híbridos, etc.) en las ciudades.

Herramienta para el control de accesos a zonas restringidas

Se trata de una herramienta que proporciona utilidades para controlar el acceso de vehículos a zonas restringidas dentro de la ciudad, como pueda ser el centro histórico de la misma. Esta medida favorece otros medios de desplazamiento más eficientes, distintos al vehículo propio, en las zonas congestionadas de la ciudad.

Herramienta para el control de carriles para Vehículos de Alta Ocupación

Esta herramienta permite controlar los elementos instalados en carriles de alta ocupación en accesos a ciudades y gestionar el acceso de determinados tipos de vehículos a los mismos, basándose en criterios de eficiencia en el transporte de viajeros. Esto permite reducir el número de vehículos con un solo ocupante, y favorecer el desplazamiento de vehículos con una alta ocupación.

4. CONCLUSIÓN

La gestión integral de la movilidad en una ciudad requiere la sinergia de los recursos técnicos y humanos que intervienen en la recogida y análisis de la información en tiempo real y en el proceso de toma de decisiones encaminadas a mejorar la fluidez del tráfico, tanto a nivel de operación diaria del sistema, como a nivel estratégico de planeamiento de la circulación en la ciudad a medio y largo plazo.

Una buena organización y dimensionamiento de los recursos humanos necesarios permite disponer de un equipo multidisciplinar con unos conocimientos y capacidad adecuados para operar el sistema de manera apropiada. El análisis de la información disponible en el Centro de Gestión de Movilidad permitirá aplicar políticas de actuación a nivel de mejora de la circulación y la seguridad vial, basadas en las necesidades reales de la ciudad, y la implantación de medidas específicas que ayuden a conseguir una movilidad más sostenible, basada en el uso inteligente y responsable del vehículo, el fomento de medios de transporte alternativos menos contaminantes (vehículos eléctricos, bicicletas, etc) o el mayor uso del transporte público.

La funcionalidad aportada por las herramientas tecnológicas del sistema es de gran importancia en estas tareas, ya que facilita la puesta en marcha de las directrices de gestión de la movilidad y los criterios estratégicos marcados por los gestores del sistema de manera coordinada e integrada, para proporcionar una gestión más eficiente de la movilidad en la ciudad.

REFERENCIAS

1. Lindley, J.A. (1987) Urban freeway congestion: quantification of the problem and effectiveness of potential solutions, ITE Journal, Vol. 57, No. 1, pp 27-32
2. Shefer, D. (1994) Congestion, air pollution and road fatalities in urban areas, Accid. Anal. And Prev., Vol. 26, No. 4, pp. 501-509