

# Los sistemas de gestión para la movilidad urbana

POR CARLOS BUIRA ROS

El progreso de las tecnologías relacionadas con la informática y las telecomunicaciones genera aplicaciones en todos los dominios de la sociedad actual.

La gestión del tráfico urbano es una de las áreas que más se ha beneficiado de dicho progreso arrastrado por la necesidad de solucionar los problemas derivados del enorme crecimiento del parque automovilístico de las grandes ciudades.

Este crecimiento ha ocasionado una serie de efectos negativos como son la disminución de la movilidad por el aumento de la congestión, el incremento del consumo energético y el aumento de la contaminación del aire que repercuten en la calidad de vida de los ciudadanos.

Los sistemas basados en la informática y las telecomunicaciones para la Gestión y Control del Tráfico Urbano constituyen el conjunto de aplicaciones y servicios necesarios para mejorar la movilidad en un área metropolitana.

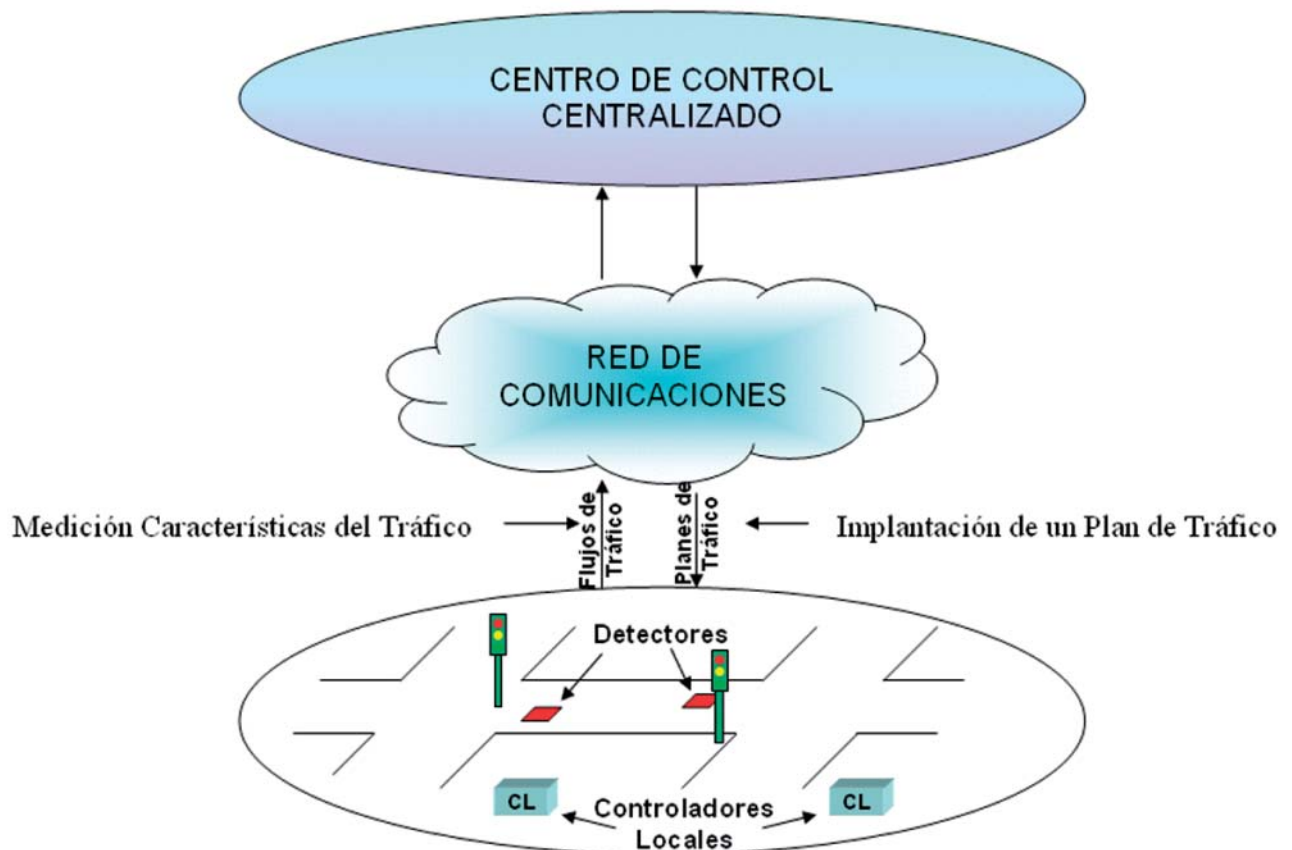
Actualmente el control y la gestión del tráfico urbano se inscribe dentro del marco de los que se ha llamado ITS (Intelligent Transportation Systems).

El concepto ITS es un término que describe un amplio rango de tecnologías basadas en la informática, las comunicaciones y la ingeniería de tráfico orientadas a solucionar la gestión del Tráfico y el Transporte de acuerdo con los criterios anteriormente indicados.

Los objetivos de un Sistema de Gestión y Control del Tráfico Urbano se concretan en los tres ámbitos siguientes:



**GRÁFICO 1. Esquema del Sistema Centralizado de Control del Tráfico Urbano**



Social: Un sistema de transporte ciudadano confortable que esté al servicio de la comunidad.

Medio Ambiente: Un sistema de transporte ciudadano que proporcione unos niveles de contaminación atmosférica y acústica aceptables.

Económico: Un sistema de transporte ciudadano eficiente y sostenible.

El concepto de gestión del Tráfico Urbano incluye los siguientes ámbitos de aplicación: Gestión y control de los sistemas semafóricos, gestión del transporte público de la ciudad,

gestión de la seguridad en túneles urbanos, gestión de vías de peaje urbano, gestión de los sistemas de estacionamiento, gestión de las áreas de tráfico restringido a determinados vehículos, gestión de las zonas de la ciudad dedicadas a tráfico de peatones y bicicletas, servicios de ingeniería de la regulación y la ordenación del tráfico, y sistemas de información al usuario del tráfico y transporte.

**Bases tecnológicas de los sistemas de control semafórico**

Un sistema de control del tráfico centralizado que actúe sobre la red semafórica de una ciudad ha de servir a las necesidades de movilidad necesarias para desarrollar y satisfacer las actividades económicas y sociales de la comunidad que la habita.

Los objetivos a lograr son que la seguridad del tráfico sea máxima y el coste para sus usuarios sea mínimo, medido en términos de tiempos de recorrido y número de paradas en los cruces dotados de semáforos.

Uno de los medios que la Ingeniería

ría de Tráfico dispone para lograr dichos objetivos es la regulación de los cruces por medio de señales luminosas semafóricas coordinadas entre sí.

Cuando un sistema de regulación del tráfico tiene como objetivo hacer mínimo el coste total del proceso de transporte dentro de una zona urbana, decimos que efectúa el control optimizado del tráfico.

Es evidente que el hecho de que existan instalaciones semafóricas en las intersecciones de las calles de una zona urbana, si bien aumenta la seguridad y la fluidez total del tráfico, produce a cada uno de los vehículos que circulan una restricción.

Dicha restricción se puede cuantificar y valorar a través de una función de coste lineal que depende de dos variables.

La primera de ellas es el tiempo suplementario que la presencia de los semáforos añade al tiempo libre de recorrido, es decir, al tiempo que un vehículo tardaría en atravesar la zona semaforizada si no hubiese semáforos ni otros vehículos entorpeciendo el paso.

En la terminología de la técnica de regulación del tráfico, este tiempo suplementario recibe el nombre de demora (di).

La segunda, es el número de paradas y arranques completos que la presencia de semáforos en rojo obliga a efectuar al vehículo (pi).

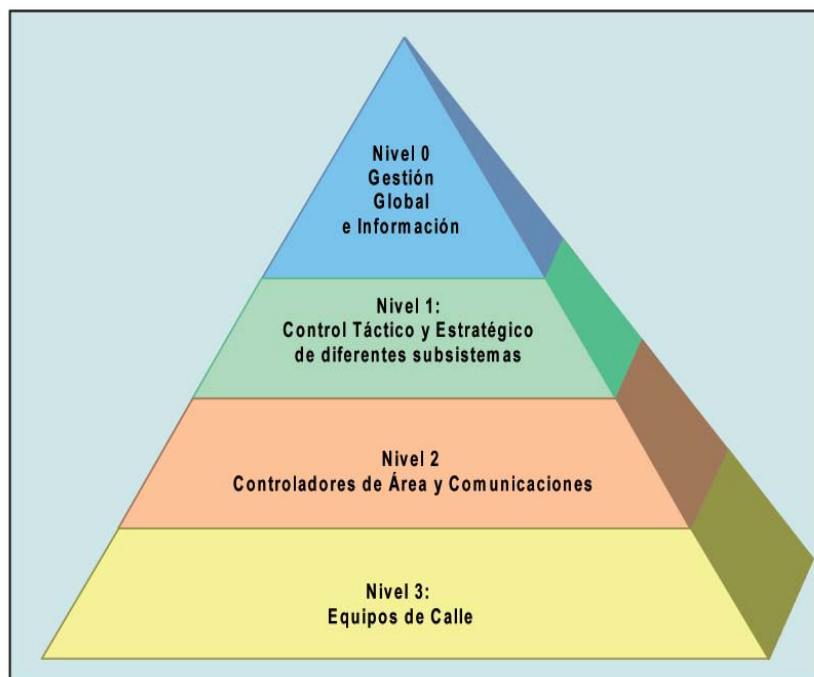
La función de coste la obtenemos multiplicando la demora por el coste en que valoramos cada unidad de tiempo de demora y el número de paradas por el coste en que valora-

mos el combustible gastado en cada arranque.

A su vez, el coste de cada unidad de tiempo de demora se puede considerar que es igual al coste de la gasolina gastada cuando el vehículo está detenido con el motor al ralentí, más el coste en que valoramos el tiempo por los pasajeros del vehículo. Este coste es función de dos factores fundamentales. Uno de ellos es la distribución de las intensidades de tráfico que confluyen en cada una de las intersecciones de la zona regulada y el otro es la programación de los tiempos de los semáforos que en la terminología de la regulación del tráfico recibe el nombre de Plan de Tráfico.

Un sistema que efectúa el control optimizado del tráfico minimiza la función de coste mediante la utilización de un modelo matemático que permite calcular el plan de tráfico óptimo.

**GRÁFICO 2. Diferentes niveles del sistema**



### **El control optimizado del tráfico y las emisiones de gases de efecto invernadero**

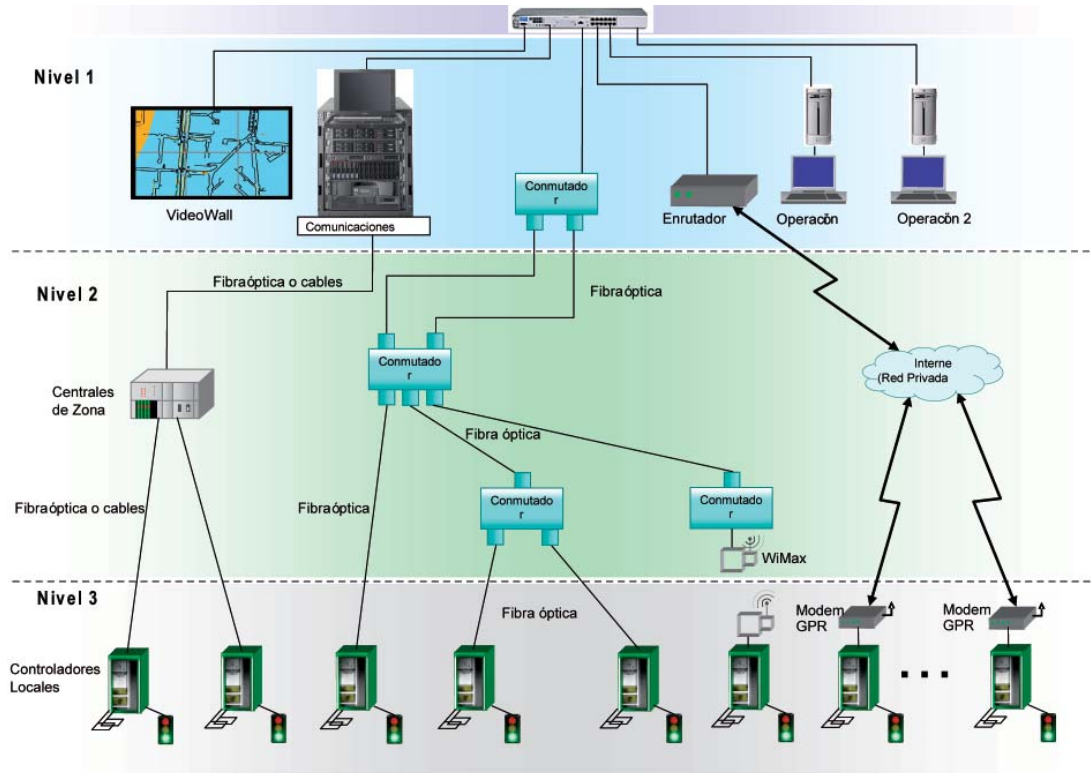
El uso masivo del vehículo privado para los desplazamientos en nuestras ciudades y carreteras representa se considera la causa principal de las emisiones de anhídrido carbónico relacionadas con el transporte.

En 2004, cerca del 23,5 % de las emisiones totales de anhídrido carbónico de la UE-15 estaban vinculadas al transporte.

Es por este motivo que la mitigación de las emisiones originadas por el tráfico urbano pueden contribuir en gran medida a la disminución de estas cifras.

Un sistema que realice el control optimizado del tráfico urbano disminuye en un porcentaje apreciable las emisiones de los gases de efecto invernadero y contaminantes. »

GRÁFICO 3. Arquitectura del sistema



Para optimizar el consumo de combustible en la red vial urbana y por lo tanto la emisión de gases se utilizan modelos como el siguiente:

$$\Delta F = \{\alpha + \beta_1 RT v + [\beta_2 M v a^2 v / 1000] a > 0\}$$

$$\Delta t \text{ para } RT > 0 = \alpha \Delta t \text{ para } RT \leq 0$$

Donde:

$\alpha$  constante de tasa de emisiones en el régimen necesario para mantener el motor en funcionamiento

$\beta_1 RT v$  es la emisión correspondiente al régimen necesario para mantener el vehículo moviéndose a una velocidad  $v$ .

$[\beta_2 M v a^2 v / 1000]$  es la emisión correspondiente al régimen necesario para mantener el vehículo moviéndose con una aceleración  $a$ .

$RT$  es fuerza de tracción total (kN)

requerida para conducir el vehículo (suma de

la resistencia de rodadura, aerodinámica, inercia, pendiente, etc.)

$Mv$  masa total del vehículo (Kg) incluyendo pasajeros y carga

$\beta_1$  parámetro de eficiencia que relaciona el polucionante emitido (g/kJ) por unidad de energía en relación con la energía proporcionada por el motor

$\beta_2$  parámetro de eficiencia que relaciona el polucionante emitido (g/kJ.m/s<sup>2</sup>) durante un periodo de aceleración

Aplicando este modelo a la función de coste de demoras y paradas mencionada en el apartado anterior obtenemos un modelo que nos permite

calcular un plan de tráfico aplicable a los semáforos que optimiza un índice de mérito basado en la emisión de gases de efecto invernadero.

Para poder implantar en una ciudad un plan de tráfico optimizado se ha de utilizar lo que se denomina un Sistema Centralizado de control del Tráfico Urbano o en inglés UTC (Urban Traffic Control).

Se trata de un sistema de control en bucle cerrado que realiza la medición en tiempo real de las características del tráfico, calcula un plan de tráfico óptimo en función de dichas características y lo implanta en los Controladores Locales.

## Arquitectura de los sistemas ITS urbanos

La arquitectura de un sistema ITS urbano que permite el control optimizado del tráfico está basada en niveles de jerarquía. Cada nivel realiza unas funciones cuya funcionalidad dependerá de su posición.

El nivel superior se ocupa de gestionar el sistema como un todo a partir de unas directrices estratégicas globales así como de proporcionar información elaborada a otras entidades y a los usuarios del sistema de transporte en general.

El esquema basado en niveles jerárquicos proporciona una seguridad total de funcionamiento aun en condiciones degradadas del sistema pues cada nivel puede tomar el control si se corta su comunicación con el nivel superior.

La arquitectura ITS basado en cuatro niveles jerárquicos cada uno de los cuales puede actuar de forma autónoma ante fallos parciales asegura un funcionamiento ininterrumpido del sistema en todas las condiciones.

### 3.1 Nivel 0

Esta situado en la cúpula de la dirección operativa del tráfico y transporte y dispone de los subsistemas que se ocupan al máximo nivel de las estrategias globales de gestión y control con la ayuda de los subsistemas del nivel 1.

Incluye este nivel la interconexión con otras entidades o sistemas externos.

Permite realizar la valoración de la situación del tráfico en cada momento y tomar las decisiones adecuadas. Para ello dispone de una interfase única desde donde se pueden controlar todos los subsistemas del nivel 1.

### 3.2 Nivel 1

El Nivel 1 realiza las funciones de Control Táctico y Estratégico de

Áreas del Tráfico.

El Nivel 1 esta constituido por los sistemas de Control Centralizado del Tráfico tanto para las vías con cruces con semáforos es decir trafico de flujo interrumpido como para los anillos periféricos y túneles, es decir, tráfico de flujo no interrumpido por cruces al mismo nivel.

Los subsistemas que integran el nivel 1 son los siguientes:

#### 3.2 Nivel 2

Este nivel realiza las funciones de comunicación e interfase entre el Nivel 1 y el Nivel 3.

Consta de los equipos concentradores de comunicaciones, Centrales de Zona y concentradores de señales de video.

#### 3.3 Nivel 3

Este nivel realiza las funciones de control de la señalización y adquisición de datos.

Consta de los equipos locales siguientes: Controlador Local, Estación de Toma de Datos de Detectores, Paneles de mensajes variables, Señales Variables, Estaciones Meteorológicas, Cámaras de Televisión, Detección de Infracciones de paso en rojo, Detección de Infracciones de exceso de velocidad, Información de estacionamientos, otras.

Una arquitectura de sistema ITS urbano utilizada ampliamente es la del sistema ADIMOT de la empresa SICE que constituye una solución tecnológicamente avanzada para afrontar con éxito los problemas del tráfico de una ciudad y especialmente el de la congestión.

El sistema ADIMOT se adapta de forma continua a las fluctuaciones y a la demanda del tráfico para lograr que los tiempos de viaje, el número de paradas y la emisión de gases contaminantes sean mínimos.

Para ello se utilizan los flujos de

tráfico medidos en tiempo real a partir de los detectores de vehículos instalados en el terreno. A partir de estos flujos se aplica un modelo matemático del comportamiento del tráfico dentro de los tramos de la red de cruces provistos de semáforos.

El sistema permite aplicar estrategias de prioridad al transporte público y de control de la congestión.

El nivel cero de la arquitectura utiliza un Sistema de gestión estratégica del tráfico basado en SIG (Sistema de Información Geográfica) que permite la aplicación de estrategias de control comunes a los diferentes sistemas de gestión del tráfico de la ciudad como pueden ser además del control centralizado de los semáforos los túneles, las vías rápidas de circunvalación, las zonas de acceso restringido, el sistema de circuito cerrado de televisión, los estacionamientos, etc.

## Conclusiones

Las tecnologías de los sistemas ITS urbanos y especialmente las de Control Centralizado del Tráfico disponibles en nuestras ciudades permiten poner en práctica las políticas que favorecen la disminución de las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero emitidos por los vehículos que circulan en las redes semaforicas de las ciudades.

Ha llegado el momento en que nuestras corporaciones municipales apliquen estrategias de movilidad que contemplen dichos sistemas invirtiendo en los medios materiales y humanos necesarios para la explotación óptima de los sistemas de gestión del tráfico basados en aplicaciones ITS. 📍

Carlos Buirra Ros  
SICE