

## **Semana 2: Semáforos conectados y gestión inteligente del tránsito**

### **1. Contexto del problema urbano**

El tránsito en las ciudades modernas es cada vez más congestionado. Los semáforos tradicionales funcionan con tiempos fijos, lo que genera:

- Embotellamientos innecesarios.
- Aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> por vehículos detenidos.
- Pérdida de tiempo y productividad.
- Accidentes derivados de la falta de adaptación del sistema.

En una Smart City, el tránsito debe adaptarse en tiempo real a la demanda, priorizando la fluidez, la seguridad y la sostenibilidad.

### **2. ¿Qué son los semáforos conectados?**

Son semáforos que se comunican entre sí y con una plataforma central mediante redes de telecomunicaciones IoT. Incorporan sensores inteligentes (cámaras, lazos inductivos, radar, LIDAR o sensores IoT de bajo costo) para detectar:

- Flujo vehicular.
- Densidad de tránsito.
- Presencia de peatones y ciclistas.
- Prioridad de vehículos (ej.: Ambulancias, Bomberos, Policía y Defensa Civil).

Con esta información, los semáforos ajustan el tiempo de verde/rojo de forma dinámica y adaptativa, optimizando la circulación en función de la demanda real.

Además, algunos sistemas avanzados integran:

- Semáforos predictivos, que anticipan la demanda de tráfico usando Big Data y Machine Learning.
- Interoperabilidad IoT, que permite que distintos dispositivos de diferentes fabricantes se comuniquen mediante protocolos estandarizados (MQTT, CoAP, 5G-V2X, ITS-G5).
- Gestión de emergencias, generando corredores verdes para vehículos de auxilio.
- Integración con transporte público, otorgando prioridad a colectivos, tranvías o buses para mejorar la puntualidad y fomentar su uso.

En resumen, los semáforos conectados no solo reaccionan en tiempo real, sino que también pueden predecir y coordinar el tránsito urbano, convirtiéndose en un pilar fundamental de la movilidad inteligente en las Smart Cities.

### 3. Tecnologías IoT aplicadas a semáforos inteligentes

#### a) Sensores y dispositivos

- Sensores de flujo vehicular (infrarrojos, cámaras, radar, ultrasonido).
- Sensores ambientales (calidad del aire, ruido, temperatura).
- Detección de peatones y ciclistas con cámaras o sensores ultrasónicos.
- Módulos IoT para conectividad (ESP32, LoRa, NB-IoT, ZigBee).
- Sensores LIDAR para generar mapas 3D del entorno y mejorar la seguridad vial.

#### b) Telecomunicaciones IoT

- LPWAN:
  - LoRaWAN: bajo consumo, útil para sensores distribuidos en intersecciones.
  - NB-IoT / LTE-M: conexión celular para comunicación directa con la nube.
- Redes vehiculares (V2X):
  - V2I (Vehicle-to-Infrastructure): los vehículos se comunican con los semáforos.
  - V2V (Vehicle-to-Vehicle): los autos coordinan su movimiento para evitar frenadas bruscas.
  - Ejemplo: un colectivo avisa al semáforo que necesita prioridad, o una ambulancia activa un "corredor verde".
- 5G y Edge Computing: baja latencia, ideal para decisiones en tiempo real y procesamiento local en el borde.
- Protocolos IoT estandarizados: MQTT, CoAP, ITS-G5 → garantizan interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes.

#### c) Plataforma de gestión

- Servidores en la nube o en la municipalidad con redundancia y respaldo local.
- Algoritmos de Machine Learning que analizan patrones de tránsito y predicen la demanda futura (ej.: horas pico, eventos masivos).
- Dashboards en tiempo real para monitoreo de flujo vehicular, niveles de contaminación y seguridad vial.
- Integración con sistemas de transporte público para dar prioridad automática a buses o tranvías.
- Simuladores urbanos que permiten planificar nuevas rutas y medir el impacto de cambios en la red vial.

Video: [Intelligent Applications of Hikvision ITS Products](#)

#### 4. Beneficios de un sistema IoT en tránsito urbano

- Reducción de tiempos de espera en intersecciones gracias a la adaptación dinámica de los ciclos semafóricos.
- Disminución de embotellamientos y contaminación, al reducir el tiempo que los vehículos permanecen detenidos y el consumo de combustible.
- Prioridad a vehículos de emergencia (ambulancias, bomberos, policía) mediante la creación de corredores verdes automáticos.
- Datos históricos para la planificación urbana, útiles para diseñar nuevas rutas, ampliar avenidas o programar transporte público.
- Contribución a la sostenibilidad y movilidad inteligente, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- Mayor seguridad vial, al reducir la probabilidad de accidentes en intersecciones peligrosas.
- Integración con transporte público, mejorando la puntualidad de colectivos, tranvías o buses.
- Predicción de la demanda de tránsito con algoritmos de Big Data y Machine Learning (ej.: anticipar congestión en horas pico o eventos masivos).
- Monitoreo ambiental en tiempo real, con sensores de calidad del aire y ruido en las intersecciones más transitadas.
- Flexibilidad y escalabilidad, ya que se pueden incorporar progresivamente más sensores, nuevas intersecciones y otros servicios urbanos.

Nota periodística de Córdoba [Smart City Agent](#)

Para debatir en clase

- ¿Qué pasa si falla la conectividad IoT? ¿El sistema debe tener un modo seguro offline? ¿Persistencia de datos ?
- ¿Cómo se protege la ciberseguridad de los semáforos inteligentes para evitar hackeos?
- ¿Es justo dar prioridad siempre al transporte público frente a autos particulares?

## Bibliografía

**European Commission.** *Smart Cities and Communities – Mobility*. 2022.

<https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu>

**Banco Interamericano de Desarrollo (BID).** *Movilidad urbana sostenible en América Latina*.

<https://publications.iadb.org/es/publicacion/18495/movilidad-urbana-sostenible-en-america-latina>

**Smart Agent Agenda 2030**

<https://agenda2030.lat/noticia/455/cmo-los-semforos-inteligentes-pueden-evitar-accidentes-y-combatir-el-cambio-climatico>

**UITP (Unión Internacional de Transporte Público).** *Innovations in Public Transport*. 2019.

<https://www.uitp.org/resources/>

**MIT Senseable City Lab.** *Big Data and the City*. 2020.

<https://senseable.mit.edu/big-data-and-the-city>

**ITU-T.** *IoT Applications for Smart Transportation*. 2021.

<https://www.itu.int/itu-t/recommendations>

Pardo, C., & Montero . *Semáforos inteligentes y gestión de tráfico en Santiago de Chile*.

Revista de Ingeniería Urbana, 12(2), 45-60.(2021)

<https://revistaingenieriaurbana.cl/articulo/semáforos-inteligentes>

**TransMilenio S.A.** (2020). *Uso de sensores IoT para optimización del transporte público en Bogotá*. Informe técnico.

<https://www.transmilenio.gov.co>

**Waymo.** *Autonomous Driving in Urban Environments: Case Studies in Arizona*. 2023.

<https://waymo.com/research/>

Google Maps Traffic Research (2021). *Predictive Traffic Models using Big Data Analytics*.

<https://www.google.com/intl/es/maps/traffic/>

**World Economic Forum.** *Connected and Autonomous Vehicles: Global Trends*.

<https://www.weforum.org/reports/connected-and-autonomous-vehicles-global-trends>

**Smart Cities Council.** *Smart Mobility Case Studies*.

<https://smartcitiescouncil.com/resources/smart-mobility-case-studies>