

# “Arquitectura de microservicios para un prototipo de un sistema de control de semáforos”

*Trabajo Terminal No. — — — — —*

Alumno: Alan Alejandro Medina Granados

Ricardo Jehonadab Chanes Nuñez

e-mail: [dragonballalex1999@gmail.com](mailto:dragonballalex1999@gmail.com),

[amedinag1403@alumno.ipn.mx](mailto:amedinag1403@alumno.ipn.mx), [chanesss123@gmail.com](mailto:chanesss123@gmail.com),

[rchanesn1400@alumno.ipn.mx](mailto:rchanesn1400@alumno.ipn.mx).

Directores:

Santiago Castañón Suarez

Martha Rosa Cordero

López

email: [mcorderol@ipn.mx](mailto:mcorderol@ipn.mx), [mssuarez@ipn.mx](mailto:mssuarez@ipn.mx)

**Resumen** - Se presenta la descripción para el desarrollo de un prototipo de un sistema para el monitoreo de dispositivos IoT. El prototipo se compondrá de tres módulos. El primero consta de un simulador de semáforos que reportará la cantidad de vehículos y la velocidad a la que circulan por cada intersección entre calles, y recibirá peticiones para cambiar el estado del semáforo. El segundo módulo comprende la arquitectura de microservicios que se encargará de guardar, procesar y tomar decisiones conforme la información del tráfico que es generada por el simulador. En el último módulo, el operador visualizará los datos generados por el simulador y el comportamiento de la arquitectura.

**Palabras clave** - Microservicios, Semáforos, Transporte, IoT, Simulación de tráfico.

## 1. Introducción

Actualmente hemos visto un incremento en el uso de tecnologías disruptivas como el internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés), dentro de distintas industrias. En el caso de las ciudades inteligentes, esto se debe a la gran utilidad práctica que tienen dispositivos instalados en zonas públicas. La mayoría de los dispositivos tratan de cumplir con dos funciones importantes: la recopilación de datos y la ejecución de acciones eléctricas, electrónicas o mecánicas vía remota [11].

De acuerdo con SEMOVI, en la Ciudad de México existen 18,000 intersecciones primarias, de las cuales sólo 3,200 se encuentran semaforizadas [1, p. 110], 1,810 con semáforos electrónicos y 1,246 con semáforos computarizados [2, p. 9].

El diseño de un sistema de software que permita controlar, administrar y monitorear cerca de 15 mil semáforos en tiempo real, es un reto con el que se han encontrado múltiples ciudades, ya que la movilidad vial siempre ha sido de vital importancia. Se ha mencionado en varias ocasiones que el buen uso de semáforos podría disminuir las vialidades en categoría de circulación radical (con mucha afluencia), pero muy pocos estudios se han hecho sobre la arquitectura del software que los controla [4, 5, 6].

Existe gran probabilidad de resolver problemas que se producen en la vida diaria a partir de la utilización de tecnologías de la información. En el caso del prototipo que pretendemos desarrollar, este debe de establecer el intercambio de información que produzca el cumplimiento de los objetivos de un sistema de alto desempeño. De hecho, el sistema no solo debe tener un buen rendimiento, deberá ser adaptable a cambios. Por ejemplo, los requeridos como resultado de los cambios en el reglamento de tránsito, instalación de nuevos modelos de semáforos, o integración con sistemas actuales o futuros [1, 2, 3].

La implementación de un sistema de control de semáforos lograría una mejoría considerable en la vialidad, disminuyendo sensiblemente las horas que pasan los conductores y usuarios de transporte público en el tráfico [2].

### Estado del arte.

Una revisión exhaustiva de todos los proyectos existentes va más allá de los alcances de este trabajo terminal, por lo que hemos citado las que consideramos más importantes y que están íntimamente relacionadas con la propuesta objeto:

- **Smart Traffic Light based on IoT and mBaaS using High Priority Vehicles Method:** Un sistema montado en Firebase que utiliza datos de Google Maps para simular dispositivos IoT de control de tráfico. Hace uso de una aplicación móvil para identificar el tipo de conductores y asignarles una prioridad en los caminos. El sistema coordina los datos de la aplicación móvil con el control inteligente de tráfico dando alta prioridad a ciertos vehículos.
- **SMART TRAFFIC LIGHT WITH IOT:** Presenta un sistema y algoritmo para semáforos inteligentes que detectan el flujo vehicular y actúa acorde a este, haciendo el tráfico más eficiente y reduciéndolo. También cuenta con el desarrollo de una aplicación móvil para interrumpir el tránsito de manera remota en caso de emergencia.
- **Development of an IoT based real-time traffic monitoring system for city governance:** Sistema basado en IoT para recopilar, procesar y almacenar datos de tráfico, para proporcionar actualizaciones en tiempo real sobre la congestión del tráfico, para ayudar a los ciudadanos a ahorrar tiempo.

En la tabla 1, se muestra la comparativa de los sistemas descritos, contra el prototipo que será desarrollado en este trabajo terminal.

Sistema	Uso de microservicios	Simulación de semáforos IoT y flujo de vehículos	Plataforma de visualización en tiempo real	Tiene aplicación móvil
Smart Traffic Light based on IoT and mBaaS using High Priority Vehicles Method	✗	✗	✓	✓
SMART TRAFFIC LIGHT WITH IOT	✗	✗	✓	✓
Development of an IoT based real-time traffic monitoring system for city governance	✗	✗	✓	✗
Arquitectura de microservicios para un prototipo de un sistema de control de semáforos	✓	✓	✓	✗

**Tabla 1.** Comparativa de aplicaciones.

## **2. Objetivo**

### **Objetivo general**

- Desarrollar e implementar una arquitectura de microservicios para un prototipo de un sistema de control de semáforos, capaz de soportar y distribuir las cargas de trabajo generadas por un simulador, y una plataforma donde validar los resultados.

### **Objetivos particulares**

- Crear una arquitectura de microservicios para el prototipo del sistema de control de semáforos.
- Crear un simulador de dispositivos IoT Semáforos que reporte y sea capaz de recibir solicitudes de cambio de estado.
- Crear una plataforma para visualizar lo ocurrido en tiempo real.
- Configurar el prototipo del sistema en un Cluster de Kubernetes para garantizar la confiabilidad del sistema.

## **3. Justificación.**

El prototipo servirá de apoyo para aquellos que deseen implementar los semáforos inteligentes como una mejora a la vialidad, aportando una arquitectura capaz de almacenar, procesar y monitorear la información obtenida por estos, dado un protocolo y una trama específica para enviar y recibir la información.

La arquitectura será capaz de administrar un sistema concurrente, y al levantarse en un cluster de Kubernetes, cuando el sistema crezca, bastará con incrementar la cantidad de nodos del cluster para que el sistema escale, dejando las bases para un sistema que pueda ser retomado en un futuro.

Muchas personas se beneficiarían si se implementaran estas nuevas tecnologías, pues el reporte en tiempo real aún no es una realidad en nuestra ciudad, mucho menos en el país, e implementarlo daría una mejora significativa en cuanto a la cantidad de tráfico en una zona, y permitiría saber cuáles están más concurridas y poder tomar rutas alternas.

La información que se recopile con el sistema podría servir, no solo para la toma de decisiones de los conductores, sino también para hacer un análisis de las zonas más transitadas y tomar medidas preventivas y correctivas.

Se desarrollará el prototipo del sistema con el fin de demostrar la eficiencia de estos nuevos sistemas, sin adentrarnos tanto en temas de transporte, si no en la comunicación de dispositivos IoT y un procesamiento eficiente de un sistema concurrente.

El desarrollo del sistema nos permitirá demostrar los conocimientos adquiridos a lo largo del plan de estudios, ya que se hará trabajo de backend con microservicios en varios lenguajes, se planeará y llevará a cabo una arquitectura con un alto grado de complejidad, y se implementará una plataforma en la que se mostrará el funcionamiento del prototipo del sistema en su conjunto.

En relación a la factibilidad, es evidente que nuestro proyecto es muy ambicioso, por lo que hemos limitado su funcionalidad y su alcance considerando que somos dos integrantes y contamos con menos de un año para desarrollar desde el análisis hasta un prototipo de arquitectura funcional. Sin embargo hemos hecho un análisis tan profundo como el tiempo que tenemos nos lo permite. Los tres aspectos a considerar son: la factibilidad financiera, la factibilidad humana, y los recursos materiales de hardware y software.

En el caso de la factibilidad financiera se considera que el desarrollo es solamente de software utilizando herramientas libres y open source como golang, postgres, kubernetes y javascript. Sin embargo la infraestructura donde se implementará el sistema tiene un costo. Contamos con dos opciones: servicios en la nube o un cluster de tarjetas Raspberry Pi, siendo más factible la opción de servicios en nube.

Para el caso de la factibilidad humana, se deben de tener en cuenta los objetivos del proyecto y las habilidades con las que contamos los integrantes del equipo. Consideramos que la fuerza de trabajo que representamos ambos como equipo es suficiente para realizar el proyecto dado que la mayor y más compleja parte del prototipo se puede catalogar como 'backend', área donde contamos con relativa experiencia y habilidad.

Por último los recursos materiales de hardware y software, que como se mencionó en la factibilidad financiera, es viable gracias a las herramientas y tecnologías elegidas, dándonos un aporte significativo no solo para las personas que se trasladan en la Ciudad de México, sino también para aquellos interesados en arquitecturas de microservicios para sistemas concurrentes, ya que el desarrollo de la misma se realizará desde el análisis hasta la implementación y la visualización en tiempo real.

Idealmente el proyecto va dirigido para entidades gubernamentales que son responsables de la movilidad en la Ciudad de México, también para productores del hardware o particulares interesados en semáforos inteligentes para tener una integración más rápida y teniendo también un entorno de pruebas con la arquitectura.

Sin embargo, ya que nuestro objetivo general es una solución utilizando microservicios para el problema de los semáforos inteligentes, la mejor forma de evaluar será tomar en cuenta: la concurrencia, modularidad, transparencia, componentes independientes y apertura de la arquitectura.

## 4. Resultados esperados.

- Simulador de semáforos IoT que reporte cantidad de vehículos circulando en tiempo real.
- Prototipo del sistema de control con arquitectura de microservicios.
- Plataforma de visualización de datos en tiempo real.
- Manual de usuario.
- Manual Técnico.

## 5. Metodología

Como se mencionó, se espera que el prototipo del sistema esté compuesto por los siguientes tres módulos:

1. Módulo del simulador: generará datos en tiempo real sobre la cantidad de vehículos que circulan por distintas avenidas, o se encuentran esperando en una intersección. Los datos generados serán enviados a la arquitectura de microservicios. Dentro de la simulación se encuentran los dispositivos IoT que podrán recibir comandos para cambiar sus estados o duración en un estado específico.
2. Módulo de arquitectura de microservicios: analizará los datos del simulador así como del estado de la misma arquitectura en tiempo real y lo reportará al módulo de visualización.
3. Módulo de visualización: mostrará al usuario el estado del tránsito vehicular y de la arquitectura en tiempo real y le permitirá el envío de comandos a los dispositivos IoT.

Debido a la relación que hay entre los módulos descritos, la metodología a seguir es el ***Modelo de Prototipos o desarrollo evolutivo***, el cual se adapta a la evolución que sufren los requisitos del sistema en función del tiempo; donde un prototipo es un modelo experimental de un sistema o de un componente de un sistema que tiene los suficientes elementos que permiten su uso con el objetivo de aclarar los requisitos de los usuarios e identificar las características de un sistema que deben cambiarse o añadirse y poder verificar la viabilidad del diseño de un sistema [13].

El módulo del simulador será implementado primero, hasta que cumpla con su requisito básico, esto es, que genere datos en tiempo real y los envíe al siguiente módulo. Como usaremos la metodología de modelo de prototipos, podremos obtener un prototipo funcional en cada iteración y que será modificado con base en la retroalimentación, hasta que obtengamos los resultados esperados mencionados anteriormente. Podremos iniciar la implementación del siguiente módulo al mismo tiempo que añadimos las características faltantes al módulo anterior. Al finalizar cada una de las iteraciones, podremos evaluar si el prototipo funciona de la manera esperada; de no ser así, podremos, con relativa facilidad, optimizarlos o encontrar las fallas y corregirlas.

Para implementar el prototipo, usaremos patrones de diseño que son descripciones de alto nivel de una solución que te enseña a resolver problemas con estructuras similares, utilizando principios del diseño orientado a objetos con soluciones comprobadas.



Imagen 1.- Modelo de prototipos o desarrollo evolutivo [12]

## 6. Cronograma

Ver anexos 1.

## 7. Referencias

- [1] SEMOVI, "SEGUNDO INFORME ANUAL Agosto 2019-Julio 2020", Ciudad de México, agosto de 2020. Accedido el 5 de abril de 2022. [En línea]. Disponible: <https://semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/2do%20Informe%20anual.pdf>
- [2] J. M. CORTÉS PATIÑO, "Uso de la simulación para mejorar la movilidad vehicular en los cruces de calzada de Tlalpan y Renato Leduc con la lateral de periférico", tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2016. Accedido el 5 de abril de 2022. [En línea]. Disponible: <http://132.248.9.195/ptd2016/enero/0739682/0739682.pdf>
- [3] Ahumada, Georgina & Villa, Esbeydy & Rojas-Ramírez, Jorge & Aceves, Francisco & Tejeida Padilla, Ricardo. (2020). Enfoque Cibernético para una Circulación Vehicular Inteligente.
- [4] M. A. Aguirre Vélez, "Movilidad segura: la disminución de accidentes en blvd. manuel gómez morín a través del diseño urbano y del paisaje", Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, 2021.
- [5] E. M. A. Camargo Fernández, "LA MEJORA DE LA MOVILIDAD EN UN ESPACIO PEATONAL CONGESTIONADO APOYADO POR EL DISEÑO, LA COMUNICACIÓN GRÁFICA Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS. El caso de la calle de Francisco I. Madero del C.H. de la CDMX como objeto de estudio.", Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, 2016.
- [6] M. Bechara Bitar, "EL PROBLEMA DE TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE MÉXICO. ¿AYUDARÁN LOS SEMÁFOROS INTELIGENTES?", Tesis de maestría, Universidad Panamericana, Ciudad de México, 2018.
- [7] M. I. Mahali, E. Marpanaji, S. Dewanto, B. Wulandari, U. Rochayati y N. Hasanah, "Smart Traffic Light based on IoT and mBaaS using High Priority Vehicles Method", Proceeding of the Electrical Engineering

- Computer Science and Informatics, vol. 5, n.º 1, noviembre de 2018. Accedido el 25 de abril de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.11591/eecsi.v5.1715>
- [8] K. Boo Wooi, L. Lai Seng y T. See Chew, "SMART TRAFFIC LIGHT WITH IOT", Kejuruteraan, vol. 1, n.º 1, p. 18, 2019.
- [9] Mohammed Sarrah, Supriya Pulparambil, Medhat Awadalla, Development of an IoT based real-time traffic monitoring system for city governance, Global Transitions, Volume 2, 2020, Pages 230-245, ISSN 2589-7918, <https://doi.org/10.1016/j.glt.2020.09.004>.
- [10] "ANEXO ESTADÍSTICO", Ciudad de México, Primer informe anual, octubre de 2019. [En línea]. Disponible: <https://semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/anexo-estadistico-21102019.pdf>
- [11] Evans, D., 2011. 12. [online] Audentia-gestion.fr. Available at: <<http://audencia-gestion.fr/cisco/IoT/internet-of-things-iot-ibsg.pdf>> [Accessed 25 April 2022].
- [12] Melendez Campis, Luis & Otero, Jair & Marrugo, Wilneld. (2011). Excalibur: Software para la Administracion de Mecanismos de Seguridad y Servicios de Red en Sistemas Operativos Linux. 10.13140/RG.2.1.2008.7848.
- [13] D. F. J. García Peñalvo y A. García Holgado, INGENIERÍA DE SOFTWARE I, Tema 3: Modelos de proceso, 22 de febrero de 2018, Departamento de Informática y Automática, Salamanca, España. Accedido el 27 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible: [https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/1142/1/IS\\_I%20Tema%203%20-%20Modelos%20de%20Proceso.pdf](https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/1142/1/IS_I%20Tema%203%20-%20Modelos%20de%20Proceso.pdf)

## 8. Alumnos y directores

Alan Alejandro Medina Granados. - Alumno de la carrera de Ing.  
En Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad:  
Sistemas, Boleta: 2015050515, Tel.5611658340, email:  
dragonballalex1999@gmail.com.



Firma: \_\_\_\_\_

Ricardo Jehonadab Chanes Nuñez. - Alumno de la carrera de  
Ing. En Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad:  
Sistemas, Boleta:, Tel.5617923724, email:  
chanesss123@gmail.com.



Firma: \_\_\_\_\_



*Suarez Castañón Santiago. - es ingeniero en Cibernética y Ciencias de la Computación por la Universidad LaSalle, A. C. Obtuvo el grado de maestro en Ciencias de la Computación en la Universidad Nacional Autónoma de México, y obtuvo el grado de doctor en Ciencias de la Computación en el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional. Se desempeña como docente de la Escuela Superior de Cómputo desde el año 2000, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el año 2005. Sus áreas de interés son sistemas de control automáticos, ingeniería de software y desarrollo de software. Correo electrónico: mssuarez@ipn.mx cel. 5550689512.*

Firma: 

*Cordero López Martha Rosa.- Maestra en Ciencias de la Computación en Cinvestav IPN, Maestría en tecnologías de cómputo en Cidetec IPN, Lic. en Informática, Profesora de la ESCOM Desde 1995, Sus áreas de interés son: Ingeniería en software, Cómputo móvil, base de datos, cómputo afectivo, ha sido la directora de más de 100 trabajos terminales a la fecha, revisor Técnico de libros de las áreas de interés para diferentes Editoriales (McGraw Gill, Thompson, Pearson Education, entre otros), ha participado en diversos proyectos de investigación y ha ocupado diversos cargos administrativos en el IPN, también cuenta con experiencia en el sector privado en el área de desarrollo de sistemas; ha realizado estudios de diplomado en Diversas áreas, ha participado en diversos programas de televisión y publicaciones en revistas de carácter científico, Tel.: 57296000 Ext.: 52065, correo-e: mcorderol@ipn.mx*

Firma: 

## Anexo 1

## Cronograma

Nombres: Alan Alejandro Medina Granados

Nombre del TT: Arquitectura de microservicios para un prototipo de un sistema de control de semáforos.

[illegible]

## Cronograma

[illegible]