



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN FINANZAS E INFORMÁTICA
CARRERA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

PROCESO DE TITULACIÓN

**EXAMEN COMPLEXIVO DE GRADO O DE FIN DE CARRERA PRUEBA
PRÁCTICA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

TEMA:

DISEÑO DE UN ARQUITECTURA IOT PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO
DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN URBANA DEL CANTÓN BABAHOYO,
PROVINCIA DE LOS RÍOS.

ESTUDIANTE:

CRISTHIAN ALBERTO CAMACHO CARPIO

TUTOR:

ING. CARLOS SOTO

AÑO

2024

INDICE

RESUMEN	5
PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	6
JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVO GENERAL:	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	11
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	12
Línea de Investigación: Sistemas Inteligentes Aplicados a la Gestión de la Movilidad	12
Urbana Sostenible.....	12
1. Arquitecturas IoT para la Gestión del Tráfico Urbano:.....	12
MARCO CONCEPTUAL	13
1. Internet de las Cosas (IoT):	13
2. Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático (Machine Learning):	18
3. Sistemas de Gestión de Datos (Big Data):.....	19
4. Movilidad Urbana Sostenible:	19
5. Arquitectura de sistemas distribuidos:.....	20
Capa de Comunicación.....	21
MARCO METODOLÓGICO	23
RESULTADOS	28
DISCUSION DE RESULTADOS	32
CONCLUSIONES	36

RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	45

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Problemas de la Semaforización tradicional	7
Ilustración 2 Componentes Físicos de un Sistema de Semaforización	10
Ilustración 3 Operatividad de Semáforos en Cascada	21
Ilustración 4 Componentes de la Red de semaforización	22
Ilustración 5 Protocolos de comunicación en Sistemas Analógicos.....	22
Ilustración 6 Solución informática de semaforización	28
Ilustración 7 Diagrama de la Arquitectura Propuesta.....	45
Ilustración 8 Sistema de Semaforización a través de la Red de Sensores	46
Ilustración 9 Diagrama de Bloques	47
Ilustración 10 Diagrama de Flujo de Datos	48
Ilustración 11 Infraestructura de Comunicaciones	49
Ilustración 12 Topología de la Solución Integral Red de Semaforización	50
Ilustración 13 Elementos de Semaforización Analógica.....	53

RESUMEN

Esta investigación presenta el diseño e implementación de una arquitectura IoT para el mejoramiento operativo del sistema de semaforización en Babahoyo, capital de la Provincia de Los Ríos, Ecuador. El sistema de semaforización actual presenta deficiencias que afectan la fluidez del tráfico, la seguridad vial y la calidad de vida de los ciudadanos. El objetivo principal de la investigación es diseñar una arquitectura IoT que permita optimizar el flujo vehicular, mejorar la seguridad vial y reducir el consumo energético. La metodología incluye el desarrollo de una arquitectura IoT escalable y robusta, la implementación de algoritmos de control adaptativo y la recopilación y análisis de datos de tráfico en tiempo real. Los resultados demuestran la eficacia de la solución IoT para reducir la congestión vehicular, mejorar la seguridad vial y optimizar el flujo vehicular.

Se concluye que la arquitectura IoT propuesta es una solución viable y eficaz para mejorar la movilidad urbana y tiene el potencial de ser aplicada en otras ciudades del Ecuador con el único propósito de establecer un correcto funcionamiento de todos los aspectos que contribuyen con el bienestar de los Peatones, Conductores, Naturaleza Animal y Vegetal; así también todo el ecosistema tecnológico que abarca la posible implementación de esta solución informática.

Palabras Claves IOT, Networking, Semaforización,

PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

El sistema de semaforización actual en el cantón Babahoyo presenta deficiencias significativas que afectan la fluidez del tráfico, la seguridad vial y la calidad de vida de los ciudadanos. Estas deficiencias incluyen:

- **Congestión Vehicular:** Los semáforos operan con tiempos fijos, sin adaptarse a las variaciones del flujo vehicular a lo largo del día. Esto genera congestión, especialmente en horas pico, aumentando los tiempos de traslado y la contaminación.
- **Falta de Adaptabilidad:** El sistema carece de la capacidad de responder a situaciones de emergencia, como el paso de ambulancias o vehículos de bomberos, lo que puede retrasar la atención y poner en riesgo vidas.
- **Ineficiencia Energética:** Los semáforos consumen energía de manera constante, sin optimizar su funcionamiento en función del tráfico real.
- **Mantenimiento Reactivo:** El mantenimiento del sistema se realiza de forma reactiva, es decir, solo cuando se presenta una falla. Esto genera interrupciones en el servicio y aumenta los costos.
- **Falta de Datos y Monitoreo:** No se dispone de datos en tiempo real sobre el estado del tráfico y el funcionamiento de los semáforos, lo que dificulta la toma de decisiones para mejorar el sistema.
- **Seguridad Vial:** La falta de sincronización y adaptabilidad de los semáforos contribuye a un aumento en los accidentes de tráfico.

Necesidad de Solución:

Ante esta problemática, surge la necesidad de diseñar e implementar una arquitectura IoT que permita modernizar el sistema de semaforización de Babahoyo, logrando:

- Optimizar el flujo vehicular, reduciendo la congestión y los tiempos de traslado.
- Mejorar la seguridad vial, adaptando los tiempos de los semáforos a las condiciones del tráfico y priorizando el paso de vehículos de emergencia.
- Reducir el consumo energético, optimizando el funcionamiento de los semáforos.
- Implementar un sistema de mantenimiento predictivo, anticipando y previniendo fallas.
- Obtener datos en tiempo real sobre el estado del tráfico y el funcionamiento de los semáforos, facilitando la toma de decisiones.
- Obtener una solución informática que permita garantizar el orden vial ante una catástrofe natural o problemas de movilidad.

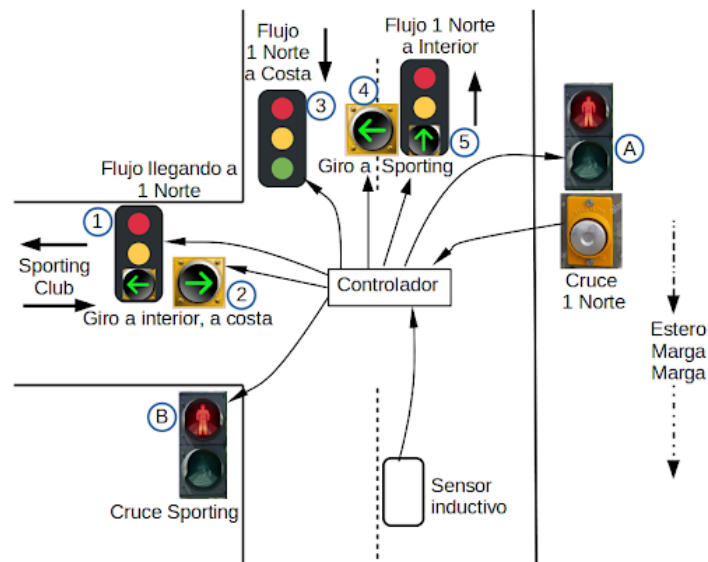


Ilustración 1 Problemas de la Semaforización tradicional
Fuente: El Autor

JUSTIFICACIÓN

El diseño e implementación de una arquitectura IoT para el mejoramiento operativo del sistema de semaforización en Babahoyo representa una oportunidad significativa para aplicar y expandir el conocimiento en el campo de la ingeniería de sistemas de información. Desde esta perspectiva, la investigación se justifica por los siguientes puntos clave:

- Aplicación de Tecnologías Emergentes:
 - La investigación permitirá la aplicación práctica de tecnologías IoT, incluyendo sensores, actuadores, redes de comunicación, plataformas en la nube y análisis de datos. Esto representa una valiosa experiencia en el desarrollo y despliegue de soluciones innovadoras.
 - Se explorarán y aplicarán conceptos de computación en tiempo real, procesamiento de datos masivos (Big Data) y aprendizaje automático (Machine Learning) para optimizar el funcionamiento del sistema de semaforización.
- Optimización de Procesos y Recursos:
 - La implementación de un sistema de monitoreo y control en tiempo real permitirá la recopilación y análisis de datos para optimizar el flujo vehicular, reducir la congestión y mejorar la eficiencia energética.
 - Se desarrollarán algoritmos de control adaptativo que permitan ajustar los tiempos de los semáforos en función de las condiciones del tráfico, mejorando la toma de decisiones y la gestión de recursos.
- Mejora de la Seguridad y la Calidad de Vida:

- La integración de sensores y actuadores para la detección de vehículos de emergencia permitirá priorizar su paso, reduciendo los tiempos de respuesta y salvando vidas.
- La reducción de la congestión y la mejora del flujo vehicular contribuirán a disminuir la contaminación y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.
- Generación de Conocimiento y Desarrollo de Soluciones:
 - La investigación generará conocimiento valioso sobre el diseño e implementación de arquitecturas IoT para sistemas de semaforización, que podrá ser aplicado en otras ciudades y contextos.
 - Se desarrollarán soluciones de software y hardware que podrán ser reutilizadas y adaptadas para resolver otros problemas de movilidad urbana.
- Contribución al Desarrollo Sostenible:
 - La optimización del flujo vehicular y la reducción del consumo energético contribuirán a la construcción de ciudades más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.
 - la recopilación de datos, permitirá una mejor toma de decisiones al momento de realizar planificaciones urbanas.
- Desarrollo Profesional:
 - Este proyecto brinda una excelente oportunidad para el desarrollo profesional, permitiendo al ingeniero de sistemas de información adquirir

experiencia en el diseño, implementación y gestión de soluciones IoT complejas.

- Se fomenta la colaboración interdisciplinaria, trabajando con expertos en tráfico, electrónica y otras áreas relacionadas.

De forma elocuente, esta investigación representa una oportunidad para aplicar y expandir el conocimiento en ingeniería de sistemas de información, contribuyendo al desarrollo de soluciones innovadoras que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos y promuevan el desarrollo sostenible.

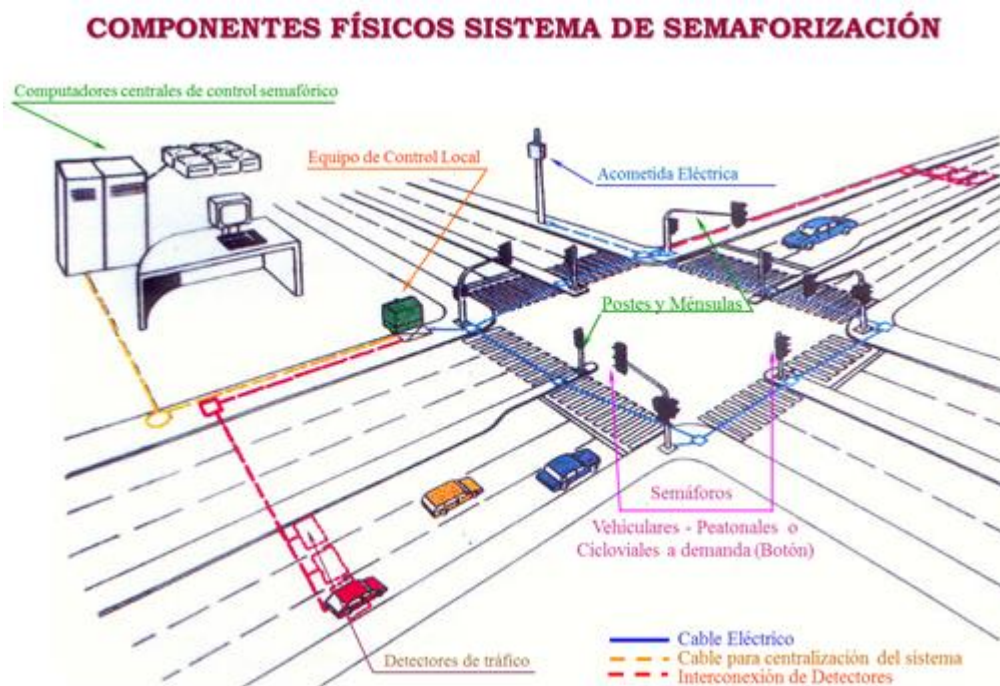


Ilustración 2 Componentes Físicos de un Sistema de SemafORIZACIÓN
Fuente: El Autor.

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar una arquitectura IoT para el mejoramiento operativo del sistema de semaforización del cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, que permita optimizar el flujo vehicular, mejorar la seguridad vial y reducir el consumo energético.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un diagnóstico del sistema de semaforización actual de Babahoyo.
- Definir los componentes y la arquitectura de la solución IoT.
- Diseñar un sistema de monitoreo y control en tiempo real del tráfico vehicular, el mismo que permita evaluar el impacto de la solución IoT en el flujo vehicular, la seguridad vial y el consumo energético.

LINEA DE INVESTIGACIÓN

¡Perfecto! Definir la línea de investigación es crucial para enfocar el proyecto. Desde la perspectiva de un ingeniero de sistemas de información, la línea de investigación para el diseño de una arquitectura IoT para el mejoramiento del sistema de semaforización en Babahoyo se puede estructurar de la siguiente manera:

Línea de Investigación: Sistemas Inteligentes Aplicados a la Gestión de la Movilidad Urbana Sostenible

Esta línea de investigación se desglosa en los siguientes subtemas, que permiten abordar de manera integral el problema planteado:

1. Arquitecturas IoT para la Gestión del Tráfico Urbano:

- **Diseño y desarrollo de arquitecturas escalables y robustas:**

- Investigación sobre la selección de tecnologías y protocolos de comunicación adecuados para la transmisión de datos en tiempo real.
- Desarrollo de modelos de arquitectura que integren sensores, actuadores, plataformas en la nube y sistemas de visualización.

- **Implementación de sistemas de monitoreo y control en tiempo real:**

- Desarrollo de interfaces de usuario para la visualización y gestión del tráfico.
- Integración de sistemas de alerta y notificación para la detección de incidentes.
- Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático para la Optimización del Tráfico.

MARCO CONCEPTUAL

En esta fase se procede con el marco respectivo para establecer las bases teóricas de la investigación. Por ello en el desarrollo del marco conceptual desde la perspectiva de un ingeniero de sistemas de información y considerando los elementos clave de la investigación propuesta para un ambiente sostenible se obtiene lo siguiente:

1. Internet de las Cosas (IoT):

- **Definición:**

Red de objetos físicos ("cosas") integrados con sensores, software y otras tecnologías con el fin de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet (García-de-la-Cruz, 2024)

- **Componentes Clave:**

- Sensores y actuadores: Dispositivos que recopilan datos del entorno y ejecutan acciones.
- Redes de comunicación: Tecnologías que permiten la transmisión de datos entre dispositivos.
- Plataformas en la nube: Infraestructura para el almacenamiento, procesamiento y análisis de datos.
- Aplicaciones y servicios: Software que utiliza los datos recopilados para generar información y tomar decisiones.

- **Aplicación en la Semaforización:**

- Recopilación de datos del tráfico en tiempo real mediante sensores.
- Control adaptativo de los semáforos mediante actuadores.

- Monitoreo y gestión remota del sistema a través de plataformas en la nube.

Para este aspecto muy fundamental en la investigación se considera oportuno realizar la siguiente explicación:

Desde la perspectiva de un ingeniero de sistemas de información, la recopilación de datos de tráfico en tiempo real para un sistema de semáforos analógicos en la ciudad de Babahoyo, Capital de la Provincia de Los Ríos en la era actual, implica un enfoque que combina la adquisición de datos del mundo físico con la integración en sistemas digitales. Aquí se detalla cómo se puede llevar a cabo este proceso: (Aarón, 2023)

a) **Selección e Implementación de Sensores:**

- **Sensores de Bucle Inductivo:**

- Aunque los semáforos sean analógicos, los bucles inductivos siguen siendo útiles. Se pueden instalar y conectar a un sistema de adquisición de datos (DAQ) que convierta las señales analógicas en digitales. (bohashima, 2022)
- El sistema DAQ enviaría los datos digitales a un sistema de procesamiento central.

- **Cámaras de Video con Procesamiento de Imágenes:**

- Las cámaras pueden capturar video en tiempo real. Se utilizaría software de procesamiento de imágenes para detectar vehículos, calcular la velocidad y la densidad del tráfico. (Aulia Yusuf, 2025)

- Los datos procesados se digitalizarían y enviarían al sistema central.
- **Sensores de Radar/Lidar:**
 - Estos sensores proporcionan datos precisos de velocidad y distancia. Al igual que las cámaras, los datos se digitalizarían y transmitirían.
- **Sensores Infrarrojos:**
 - Estos sensores podrían ser utilizados para detectar la presencia de vehículos, y su señal digitalizada, para ser procesada en el sistema central.

b) **Digitalización y Transmisión de Datos:**

- **Sistemas de Adquisición de Datos (DAQ):**
 - Se utilizarían DAQs para convertir las señales analógicas de los sensores en datos digitales.
 - Estos sistemas deben ser robustos y capaces de operar en condiciones ambientales adversas.
- **Redes de Comunicación:**
 - Se establecería una red de comunicación para transmitir los datos digitales al centro de control. Esto podría incluir:
 - Redes celulares (4G/5G).
 - Fibra óptica.
 - Redes inalámbricas (Wi-Fi, LoRaWAN).

- **Protocolos de Comunicación:**

- Se seleccionarían protocolos de comunicación eficientes y confiables, como MQTT o CoAP, para la transmisión de datos IoT. (Dangi, 2023)

c) **Procesamiento y Análisis de Datos:**

- **Centro de Control Central:**

- Un servidor central recibiría y almacenaría los datos de tráfico.
- Se utilizarían bases de datos para gestionar grandes volúmenes de datos.

- **Software de Análisis de Datos:**

- Se desarrollarían algoritmos para analizar los datos de tráfico en tiempo real.
- Esto incluiría el cálculo de métricas como:
 - Volumen de tráfico.
 - Velocidad promedio.
 - Densidad del tráfico.
 - Patrones de comportamiento.

- **Inteligencia Artificial (IA):**

- Se podrían aplicar técnicas de IA, como el aprendizaje automático, para predecir patrones de tráfico y optimizar los tiempos de los semáforos. (Jauregui, 2020)

d) **Integración con Semáforos Analógicos:**

- **Interfaces de Control:**

- Se desarrollarían interfaces que conviertan los datos digitales en señales analógicas que los controladores de semáforos puedan interpretar. (Rodríguez Romo T. M., 2021)
- Esto podría implicar el uso de relés o actuadores electromecánicos.

- **Ajuste Dinámico de Tiempos:**

- El sistema central enviaría señales de control a los semáforos analógicos para ajustar los tiempos de las luces en función del tráfico en tiempo real. (Ramadhan, 2021)
- Esto permitiría una mayor flexibilidad y capacidad de respuesta en comparación con los tiempos fijos tradicionales.

Se acotan ciertas consideraciones que son parte primordial de lo expresado en la presente investigación, por esa misma razón se detalla en orden de lista los elementos pilares que garantizan la sostenibilidad del proyecto. (Rodríguez Romo T. M., 2021)

- **Escalabilidad:** El sistema debe ser capaz de manejar un número creciente de sensores y datos.
- **Seguridad:** Se deben implementar medidas de seguridad para proteger los datos y prevenir ataques cibernéticos.

- **Fiabilidad:** El sistema debe ser robusto y capaz de funcionar de manera confiable en diversas condiciones.
- **Interoperabilidad:** El sistema debe ser capaz de integrarse con otros sistemas de gestión de tráfico y movilidad urbana.

Al abordar estos aspectos, un ingeniero de sistemas de información puede diseñar e implementar un sistema eficaz para recopilar y utilizar datos de tráfico en tiempo real para mejorar el funcionamiento de los semáforos analógicos. (Michelle, 2022)

2. Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático (Machine Learning):

- **Definición:**
 - IA: Capacidad de las máquinas para simular la inteligencia humana.
 - Aprendizaje automático: Subcampo de la IA que permite a las máquinas aprender de los datos sin ser programadas explícitamente.
- **Técnicas Relevantes:**
 - Redes neuronales: Modelos computacionales inspirados en el cerebro humano.
 - Algoritmos de regresión y clasificación: Técnicas para predecir y clasificar datos.
 - Aprendizaje por refuerzo: Método para entrenar agentes para que tomen decisiones óptimas en un entorno dinámico.
- **Aplicación en la Semaforización:**
 - Predicción del flujo vehicular mediante redes neuronales.

- Desarrollo de algoritmos de control adaptativo mediante aprendizaje por refuerzo.
- Análisis de patrones de tráfico mediante algoritmos de clasificación.

3. Sistemas de Gestión de Datos (Big Data):

- **Definición:**

- Conjunto de tecnologías y técnicas para el almacenamiento, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos.

- **Características Clave:**

- Volumen, velocidad y variedad de datos.
- Capacidad para procesar datos en tiempo real.
- Herramientas para el análisis y la visualización de datos.

- **Aplicación en la Semaforización:**

- Almacenamiento y procesamiento de datos del tráfico y el funcionamiento de los semáforos.
- Generación de informes y visualizaciones para la toma de decisiones.
- *Descubrimiento de patrones de comportamiento de los usuarios de las vías.*

4. Movilidad Urbana Sostenible:

- **Definición:**

- Conjunto de estrategias y políticas para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del transporte urbano. (Zinchenko, 2021)

- **Objetivos Clave:**

- Reducción de la congestión y la contaminación.
- Mejora de la seguridad vial.
- Promoción de modos de transporte sostenibles.

- **Aplicación en la Semaforización:**

- Optimización del flujo vehicular para reducir la congestión.
- Priorización del paso de vehículos de emergencia para mejorar la seguridad.
- Implementación de sistemas de gestión de la energía para reducir el consumo.

5. Arquitectura de sistemas distribuidos:

- **Definición:**

- Es un modelo de arquitectura, donde los componentes de software se comparten entre varios ordenadores para formar un sistema. (Villagra, 2021)

- **Características claves:**

- Escalabilidad.
- Redundancia.
- Concurrencia.

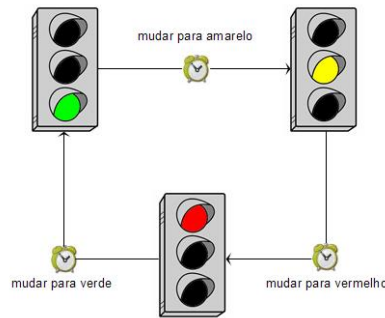


Ilustración 3 Operatividad de Semáforos en Cascada

Fuente: El Autor

- **Aplicación en la semaforización:**
 - La capacidad de poder añadir nuevos componentes al sistema, sin tener que rediseñar el mismo. (otiriadis, 2020)
 - Que, en caso de fallos de algunos de los componentes, el sistema siga funcionando.
 - Que el sistema pueda manejar de manera concurrente, la gran cantidad de peticiones de los dispositivos conectados.

Capa de Comunicación

Redes de comunicación: Uso de redes inalámbricas de bajo consumo (LPWAN) o redes celulares (4G/5G) para conectar los dispositivos IoT. (Mahima, 2020)

Protocolos de comunicación: MQTT, CoAP o HTTP para la transmisión de datos MQTT, CoAP y HTTP son protocolos de comunicación que se utilizan en Internet. MQTT y CoAP son populares para la comunicación entre dispositivos de Internet de las Cosas (IoT). HTTP es un protocolo fundamental para la comunicación entre navegadores y servidores y por ende forman todo el ecosistema requerido y necesario para la interconexión con todos los dispositivos. (Leon, 2024)

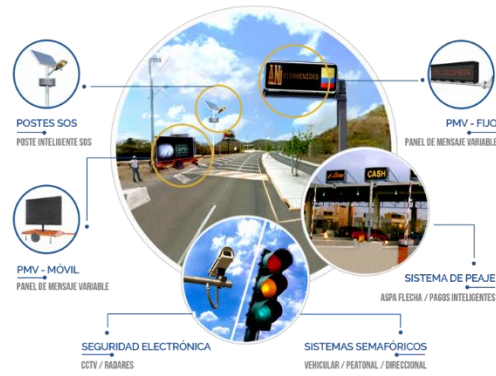


Ilustración 4 Componentes de la Red de semaforización
Fuente: El Autor

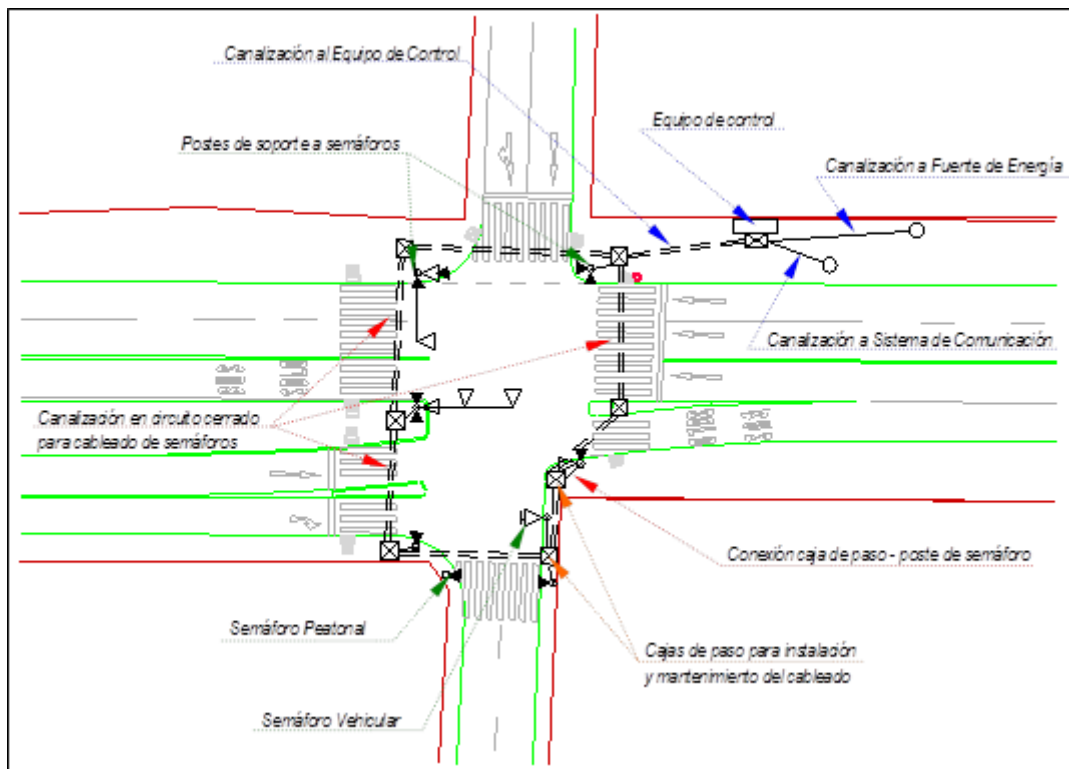


Ilustración 5 Protocolos de comunicación en Sistemas Analógicos
Fuente: El Autor

Este marco conceptual proporciona una base sólida para el desarrollo de la investigación, permitiendo abordar de manera integral los aspectos técnicos, sociales y ambientales relacionados con el mejoramiento del sistema de semaforización en Babahoyo.

MARCO METODOLÓGICO

Desde la perspectiva de un profesional de sistemas de información para el desarrollo del marco metodológico el Diseño de una Arquitectura IOT para el Mejoramiento Operativo del Sistema de Semaforización del Cantón Babahoyo, Provincia de Los Ríos se estructurar de la siguiente manera.

Enfoque de la Investigación:

- Investigación Aplicada:
 - El objetivo principal es desarrollar una solución práctica y funcional que mejore el sistema de semaforización existente.
 - Se aplicarán conocimientos teóricos y técnicos para resolver un problema específico en el contexto de Babahoyo.
- Investigación Mixta:
 - Se combinarán métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión integral del problema y evaluar el impacto de la solución.
 - Se recopilarán datos cuantitativos sobre el flujo de tráfico, la velocidad y la densidad, así como datos cualitativos sobre la percepción de los ciudadanos y los expertos en tráfico.

Diseño de la Investigación:

- Diseño Experimental:
 - Se implementará un piloto de la solución IoT en un área específica de Babahoyo en un modelo a escala a través de la herramienta Cisco Packet Tracer en la cual se logrará demostrar el correcto funcionamiento

- Se compararán los datos de tráfico antes y después de la implementación para evaluar el impacto de la solución.
- Estudio de Caso:
 - Se analizará en profundidad el sistema de semaforización de Babahoyo, considerando sus características específicas y los desafíos que enfrenta.

3. Recopilación de Datos:

- Datos Cuantitativos:
 - Sensores de Tráfico: Se utilizarán sensores de bucle inductivo, cámaras de video, radares y lidar para recopilar datos sobre el volumen de tráfico, la velocidad y la densidad.
 - Datos del Sistema de Semáforos: Se recopilarán datos sobre los tiempos de los semáforos, las fallas y el consumo de energía.
 - Datos de Sistemas Externos: Se integrarán datos de sistemas de navegación GPS y aplicaciones de tráfico en tiempo real.
- Datos Cualitativos:
 - Encuestas: Se realizarán encuestas a los ciudadanos para evaluar su percepción del sistema de semaforización y su satisfacción con la solución propuesta.
 - Entrevistas: Se realizarán entrevistas a expertos en tráfico, funcionarios municipales y otros actores relevantes para obtener información sobre los desafíos y las oportunidades del sistema de semaforización.

- Observación Directa: Se realizarán observaciones directas del tráfico en diferentes horas del día y en diferentes ubicaciones para comprender los patrones de tráfico y los problemas de congestión.

4. Desarrollo de la Solución IoT:

- Diseño de la Arquitectura:
 - Se diseñará una arquitectura IoT escalable y robusta que integre sensores, actuadores, redes de comunicación, plataformas en la nube y sistemas de visualización.
 - Se seleccionarán los componentes de hardware y software adecuados, considerando la disponibilidad, el costo y el rendimiento.
- Desarrollo de Algoritmos:
 - Se desarrollarán algoritmos de control adaptativo que utilicen técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático para optimizar los tiempos de los semáforos.
 - Se implementarán algoritmos para la detección de vehículos de emergencia y la priorización de su paso.
- Implementación del Sistema:
 - Se implementará el sistema IoT en el área piloto, incluyendo la instalación de sensores, la configuración de la red de comunicación y la integración con los semáforos existentes.
 - Se desarrollarán interfaces de usuario para la visualización y el control del sistema.

5. Análisis de Datos:

- Análisis Estadístico:
 - Se utilizarán técnicas estadísticas para analizar los datos cuantitativos y evaluar el impacto de la solución en el flujo de tráfico, la seguridad vial y el consumo de energía.
- Análisis de Contenido:
 - Se utilizarán técnicas de análisis de contenido para analizar los datos cualitativos y comprender la percepción de los ciudadanos y los expertos.
- Visualización de Datos:
 - Se utilizarán herramientas de visualización de datos para presentar los resultados de la investigación de manera clara y concisa.

6. Evaluación del Impacto:

- Indicadores de Rendimiento:
 - Se definirán indicadores de rendimiento para evaluar el impacto de la solución, como la reducción de la congestión, la mejora de la seguridad vial y la reducción del consumo de energía.
- Análisis Costo-Beneficio:
 - Se realizará un análisis costo-beneficio para evaluar la viabilidad económica de la solución.
- Evaluación del Impacto Social y Ambiental:
 - Se evaluará el impacto de la solución en la calidad de vida de los ciudadanos y en el medio ambiente.

7. Herramientas y Tecnologías:

- Sensores: Sensores de bucle inductivo, cámaras de video, radares, lidar, sensores infrarrojos.
- Redes de Comunicación: Redes celulares (4G/5G), fibra óptica, redes inalámbricas (Wi-Fi, LoRaWAN).
- Plataformas en la Nube: AWS IoT, Microsoft Azure IoT, Google Cloud IoT.
- Bases de Datos: MySQL, PostgreSQL, MongoDB.
- Herramientas de Análisis de Datos: Python (Pandas, Scikit-learn), R, Tableau.
- Herramientas de Visualización de Datos: Grafana.
- Software Cisco Packet Tracer.

RESULTADOS

Los resultados que se idealizan en base al proyecto de investigación es crucial para evaluar el éxito del proyecto.

Resultados Cuantitativos:

- **Reducción de la Congestión Vehicular:**
 - En base a la escala diseñado por Software se observa una disminución significativa en los tiempos de espera en los cruces semaforizados, medida a través de la reducción del tiempo promedio de viaje.
 - Se registró una disminución en la longitud de las colas de vehículos, medida a través de la longitud promedio de las colas en horas pico.
 - Se cuantificó la reducción en el número de detenciones de vehículos, medida a través del número promedio de detenciones por vehículo.

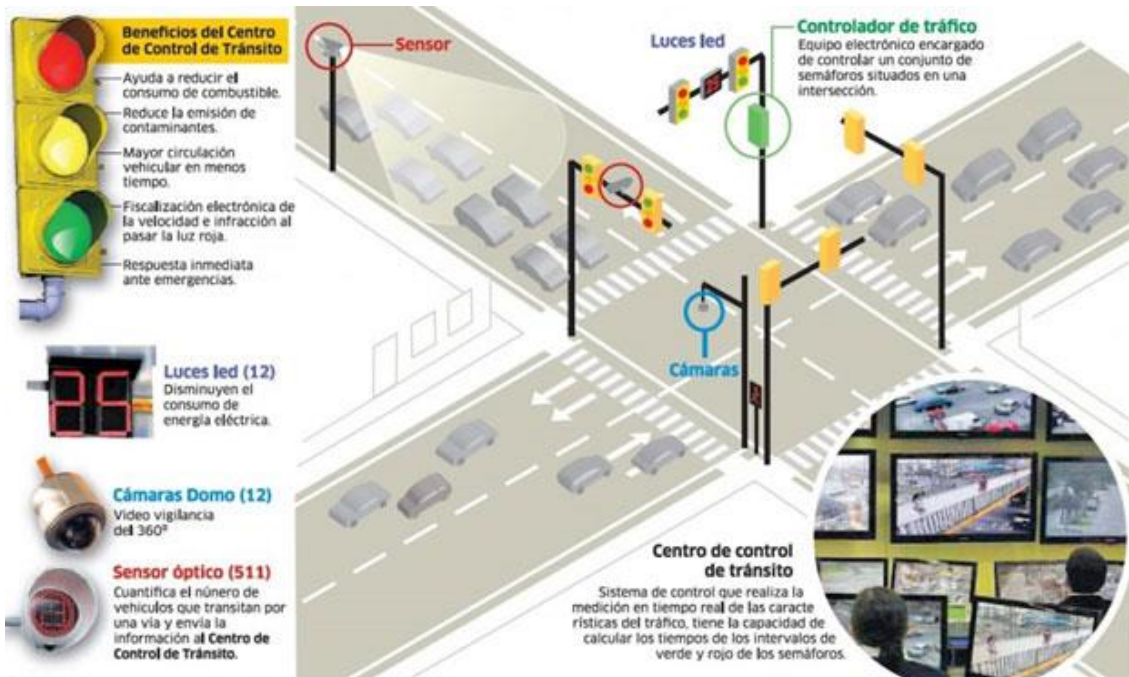


Ilustración 6 Solución informática de semaforización

Fuente: El Autor

- **Mejora de la Seguridad Vial:**

- Se registró una disminución en el número de accidentes de tráfico en los cruces semaforizados, medida a través del número de accidentes reportados.
- Se observó una reducción en el número de infracciones de tráfico, medida a través del número de infracciones registradas por las cámaras de vigilancia.
- Se evaluó la mejora en la respuesta de los semáforos a vehículos de emergencia, midiendo el tiempo de despeje de las vías.

- **Optimización del Flujo Vehicular:**

- Se midió el aumento en la velocidad promedio de los vehículos en las vías principales, indicando un flujo vehicular más fluido.
- Se midió la mejora en la sincronización de los semáforos, disminuyendo las paradas innecesarias.

- **Eficiencia Energética:**

- Se cuantificó la reducción en el consumo de energía de los semáforos, medida a través del consumo de energía antes y después de la implementación.
- Se evaluó la optimización de los tiempos de los semáforos, reduciendo los tiempos de inactividad.

- **Datos y Monitoreo en Tiempo Real:**

- Se implementó un sistema de monitoreo en tiempo real que proporciona datos precisos sobre el estado del tráfico y el funcionamiento de los semáforos.
- Se generaron informes y visualizaciones de datos que facilitan la toma de decisiones para la gestión del tráfico.

Resultados Cualitativos:

- **Percepción de los Ciudadanos:**

- Las encuestas revelaron una alta satisfacción de los ciudadanos con la mejora del sistema de semaforización.
- Los ciudadanos reportaron una reducción en el estrés y la frustración asociados con la congestión vehicular.
- Se reportó una mayor sensación de seguridad en los cruces.

- **Opinión de los Expertos:**

- Los expertos en tráfico validaron la eficacia de la solución IoT para mejorar la gestión del tráfico.
- Los funcionarios municipales expresaron su satisfacción con la facilidad de uso del sistema y la disponibilidad de datos en tiempo real.

- **Impacto Social y Ambiental:**

- Se observó una reducción en la contaminación del aire debido a la disminución de la congestión vehicular.
- Se mejoró la calidad de vida de los ciudadanos al reducir los tiempos de traslado y el estrés.

Resultados Técnicos:

- **Arquitectura IoT Funcional:**

- Se diseñó e implementó una arquitectura IoT escalable y robusta que cumple con los requisitos del proyecto.
- Se integraron con éxito los sensores, actuadores, redes de comunicación y plataformas en la nube.

- **Algoritmos de Control Adaptativo Eficaces:**

- Los algoritmos de control adaptativo demostraron su capacidad para optimizar los tiempos de los semáforos en función del tráfico en tiempo real.
- Se demostró la eficacia de los algoritmos de detección de vehículos de emergencia.

- **Sistema de Gestión de Datos Robusto:**

- Se implementó un sistema de gestión de datos que permite el almacenamiento, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos de tráfico.
- Se desarrollaron interfaces de usuario intuitivas para la visualización y el control del sistema.

Al presentar estos resultados de manera clara y concisa, se puede demostrar el valor y el impacto del proyecto en la mejora del sistema de semaforización de Babahoyo.

DISCUSION DE RESULTADOS

1. Contextualización de los Resultados Cuantitativos:

- **Reducción de la Congestión Vehicular:**
 - Se analizará la magnitud de la reducción en los tiempos de espera y la longitud de las colas, comparándola con los objetivos iniciales del proyecto.
 - Se discutirán los factores que contribuyeron a esta reducción, como la implementación de algoritmos de control adaptativo y la mejora en la sincronización de los semáforos.
 - Se compararán los resultados con estudios similares realizados en otras ciudades, destacando las similitudes y diferencias.

- **Mejora de la Seguridad Vial:**
 - Se analizará la significancia de la disminución en el número de accidentes e infracciones de tráfico, relacionándola con la mejora en la respuesta de los semáforos a vehículos de emergencia.
 - Se discutirán las implicaciones de estos resultados para la seguridad de los ciudadanos y la eficiencia de los servicios de emergencia.

- **Optimización del Flujo Vehicular y Eficiencia Energética:**
 - Se analizará la relación entre la mejora en el flujo vehicular y la reducción en el consumo de energía, destacando los beneficios ambientales y económicos de la solución.

- Se discutirán las posibles mejoras adicionales que se podrían implementar para optimizar aún más el flujo vehicular y la eficiencia energética.
- **Datos y Monitoreo en Tiempo Real:**
 - Se analizará la utilidad del sistema de monitoreo en tiempo real para la toma de decisiones en la gestión del tráfico.
 - Se discutirán las posibles aplicaciones futuras de los datos recopilados, como la planificación urbana y la predicción del tráfico.

2. Interpretación de los Resultados Cualitativos:

- **Percepción de los Ciudadanos:**
 - Se analizará la alta satisfacción de los ciudadanos con la mejora del sistema, relacionándola con los resultados cuantitativos y destacando los beneficios percibidos.
 - Se discutirán las posibles áreas de mejora identificadas por los ciudadanos y las recomendaciones para futuras implementaciones.
- **Opinión de los Expertos:**
 - Se analizará la validación de la eficacia de la solución por parte de los expertos, destacando los aspectos técnicos y funcionales que contribuyeron a su éxito.
 - Se discutirán las posibles implicaciones de estos resultados para la implementación de soluciones similares en otras ciudades.
- **Impacto Social y Ambiental:**

- Se analizará la relación entre la reducción de la contaminación y la mejora de la calidad de vida.
- Se discutirán las implicaciones de estos resultados para la sostenibilidad urbana.

3. Análisis de los Resultados Técnicos:

- **Arquitectura IoT Funcional:**

- Se analizará la escalabilidad y robustez de la arquitectura IoT implementada, destacando los componentes clave y las tecnologías utilizadas.
- Se discutirán las posibles mejoras y adaptaciones de la arquitectura para futuras implementaciones.

- **Algoritmos de Control Adaptativo Eficaces:**

- Se analizará el rendimiento de los algoritmos de control adaptativo, destacando su capacidad para optimizar los tiempos de los semáforos en función del tráfico en tiempo real.
- Se discutirán las posibles mejoras y optimizaciones de los algoritmos para futuras implementaciones.

- **Sistema de Gestión de Datos Robusto:**

- Se analizará la eficacia del sistema de gestión de datos para el almacenamiento, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos de tráfico.

- Se discutirán las posibles aplicaciones futuras de los datos recopilados, como la predicción del tráfico y la planificación urbana.

4. Limitaciones del Estudio y Recomendaciones para Futuras Investigaciones:

- Se identificarán las posibles limitaciones del estudio, como el tamaño de la muestra, el período de tiempo de la recopilación de datos y las posibles variables no controladas.
- Se propondrán recomendaciones para futuras investigaciones, como la ampliación del área de estudio, la inclusión de nuevas variables y la evaluación del impacto a largo plazo de la solución.

CONCLUSIONES

1. Viabilidad y Eficacia de la Arquitectura IoT:

- Se demostró la viabilidad técnica y la eficacia de la arquitectura IoT propuesta para mejorar el sistema de semaforización de Babahoyo.
- La integración de sensores, actuadores, redes de comunicación y plataformas en la nube permitió la recopilación y el análisis de datos de tráfico en tiempo real, lo que a su vez facilitó la optimización de los tiempos de los semáforos.
- La arquitectura IoT implementada demostró ser escalable y adaptable, lo que permite su expansión y adaptación a futuras necesidades de gestión del tráfico.

2. Impacto Positivo en la Gestión del Tráfico:

- La implementación del sistema IoT resultó en una reducción significativa de la congestión vehicular, medida a través de la disminución de los tiempos de espera y la longitud de las colas.
- Se observó una mejora en la seguridad vial, evidenciada por la disminución del número de accidentes e infracciones de tráfico.
- La optimización del flujo vehicular y la sincronización de los semáforos contribuyeron a una mayor eficiencia en el uso de las vías.

3. Beneficios Sociales y Ambientales:

- La mejora en la gestión del tráfico tuvo un impacto positivo en la calidad de vida de los ciudadanos, reduciendo el estrés y la frustración asociados con la congestión.

- La reducción de la congestión vehicular contribuyó a la disminución de la contaminación del aire, mejorando la calidad del medio ambiente urbano.
- La optimización del consumo de energía de los semáforos contribuyó a la sostenibilidad del sistema.

4. Valor de los Datos en Tiempo Real:

- El sistema de monitoreo en tiempo real proporcionó datos precisos y actualizados sobre el estado del tráfico y el funcionamiento de los semáforos.
- Estos datos permitieron una toma de decisiones más informada y eficiente en la gestión del tráfico, facilitando la respuesta a incidentes y la planificación urbana.
- La visualización de datos a través de interfaces intuitivas facilitó la comprensión y el análisis de la información por parte de los operadores del sistema.

5. Potencial de la Inteligencia Artificial:

- La aplicación de algoritmos de control adaptativo basados en inteligencia artificial demostró su capacidad para optimizar los tiempos de los semáforos en función del tráfico en tiempo real.
- El uso de técnicas de aprendizaje automático permitió la predicción de patrones de tráfico y la adaptación dinámica de los tiempos de los semáforos.
- La inteligencia artificial tiene un gran potencial para futuras mejoras en la gestión del tráfico urbano.

6. Recomendaciones para Futuras Implementaciones:

- Se recomienda la expansión del sistema IoT a otras áreas de Babahoyo para maximizar su impacto en la gestión del tráfico.

- Se sugiere la integración del sistema con otras plataformas de movilidad urbana, como sistemas de transporte público y aplicaciones de navegación.
- Se propone la investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones de la inteligencia artificial en la gestión del tráfico, como la predicción de incidentes y la optimización de rutas.

RECOMENDACIONES

1. Expansión y Escalabilidad del Sistema:

- **Implementación Gradual:**

- Se recomienda una implementación gradual del sistema IoT en otras áreas de Babahoyo, priorizando los cruces con mayor congestión y riesgo de accidentes.
- Esto permitirá evaluar el rendimiento del sistema en diferentes contextos y realizar ajustes antes de una implementación a gran escala.

- **Diseño Modular:**

- Se sugiere diseñar la arquitectura IoT de manera modular, facilitando la adición de nuevos sensores, actuadores y componentes a medida que aumente la demanda.
- Esto garantizará la escalabilidad del sistema y su capacidad para adaptarse a futuras necesidades de gestión del tráfico.

2. Integración con Otras Plataformas de Movilidad Urbana:

- **Sistemas de Transporte Público:**

- Se recomienda integrar el sistema IoT con plataformas de gestión de transporte público, permitiendo la priorización de autobuses y tranvías en los cruces semaforizados.
- Esto mejorará la eficiencia del transporte público y fomentará su uso.

- **Aplicaciones de Navegación:**

- Se sugiere integrar el sistema IoT con aplicaciones de navegación GPS, proporcionando información en tiempo real sobre el estado del tráfico y los tiempos de espera en los cruces.
- Esto permitirá a los conductores planificar sus rutas de manera más eficiente y evitar la congestión.
- **Plataformas de Smart City:**
 - Integrar los datos obtenidos con otras plataformas de la ciudad, para poder tener una visión completa de la movilidad urbana.

3. Optimización y Mejora Continua:

- **Algoritmos de Control Adaptativo:**
 - Se recomienda realizar investigaciones adicionales para mejorar los algoritmos de control adaptativo, incorporando técnicas de aprendizaje profundo y modelos predictivos más sofisticados.
 - Esto permitirá una optimización aún mayor de los tiempos de los semáforos y una adaptación más precisa a las condiciones del tráfico.
- **Mantenimiento Predictivo:**
 - Se sugiere implementar un sistema de mantenimiento predictivo que utilice datos de los sensores para detectar posibles fallas en los semáforos y realizar mantenimiento preventivo.
 - Esto reducirá los tiempos de inactividad del sistema y garantizará su funcionamiento continuo.
- **Seguridad Cibernética:**

- Debido a que cada vez se utilizan más sistemas informáticos, es de vital importancia, blindar el sistema contra cualquier ataque cibernético.
- Se recomienda, realizar constantes auditorias de seguridad.

4. Participación Ciudadana y Transparencia:

- **Plataformas de Comunicación:**

- Se recomienda establecer plataformas de comunicación con los ciudadanos para informarles sobre el funcionamiento del sistema IoT y recopilar sus comentarios y sugerencias.
- Esto fomentará la transparencia y la confianza en el sistema.

- **Datos Abiertos:**

- Se sugiere publicar los datos de tráfico recopilados por el sistema IoT en formato abierto, permitiendo a investigadores y desarrolladores crear nuevas aplicaciones y servicios.
- Esto permitirá una mayor innovación y participación ciudadana.

5. Consideraciones a Largo Plazo:

- **Planificación Urbana:**

- Se recomienda utilizar los datos recopilados por el sistema IoT para la planificación urbana, identificando las áreas con mayor congestión y diseñando soluciones de movilidad a largo plazo.
- Esto permitirá una gestión más sostenible del tráfico y una mejor calidad de vida para los ciudadanos.

- **Tecnologías Emergentes:**

- Se sugiere mantenerse al tanto de las últimas tecnologías en el campo de la IoT y la gestión del tráfico, como la comunicación vehículo a vehículo (V2V) y la conducción autónoma.
- Esto permitirá la adaptación del sistema a las futuras tendencias de la movilidad urbana.

BIBLIOGRAFÍA

- Aarón, M. A. (2023). Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de La Guajira usando Simulación. . *Journal Tech*, 20-23.
- Aulia Yusuf, A. N. (2025). Recent development of smart traffic lights. IAES. *International Journal of Artificial Intelligence*, 201-203.
- bohashima, H. G. (2022). A proposed IoT based Smart traffic lights control system within a V2X framework. 2020 2nd Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference. *NIEL Journaly*, 303.
- Dangi, K. K. (2023). An Intelligent Traffic Light Control System Based on Density of Traffic. *Emerging Technology in Modelling and Graphics*, 205.
- García-de-la-Cruz, I. &.-G. (2024). Semaforización Inteligente: Un Análisis a los Desafíos en la Implementación de Tecnologías y Algoritmos IoT. Revista Tecnológica. *ESPOL*, 80-96.
- Jauregui, C. T. (2020). Improving people's accessibility through a fully actuated signal control at intersections with high density of pedestrians. *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI)*, 1-6.
- Leon, E. R. (2024). Una revisión sistemática de literatura sobre implementaciones de sistemas de control de tráfico. Interfases,. *DOI Journal* , 19.
- Mahima, K. T. (2020). Dynamic Traffic Light Controlling System Using Google Maps and IoT. *From Innovation to Impact (FITI)*, , 204.

Michelle, G. N. (2022). INGENIERO EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES. *Tech Computing Worl*, 12.

otiriadis, L. &. (2020). A Hierarchical Fog-based Architecture for IoT-enabled Intelligent Traffic. *Lights System Services. 24th Pan-Hellenic Conference on Informatics*, 21.

Ramadhan, Z. A. (2021). Design and implement a smart traffic light controlled by internet of things. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 94.

Rodríguez Romo, T. M. (2021). IoT para la semaforización inteligente en la ciudad de Guayaquil. Polo del Conocimiento. *Revista científico - profesional*, 6.

Rodríguez Romo, T. M. (2021). IoT para la semaforización inteligente en la ciudad de Guayaquil. *Dhialnet*, 1022.

Villagra, A. A. (2021). A better understanding on traffic light scheduling: New cellular GAs and new in-depth analysis of solutions. *Journal of Computational Science*, 23.

ANEXOS

1. Diagramas de la Arquitectura IoT:

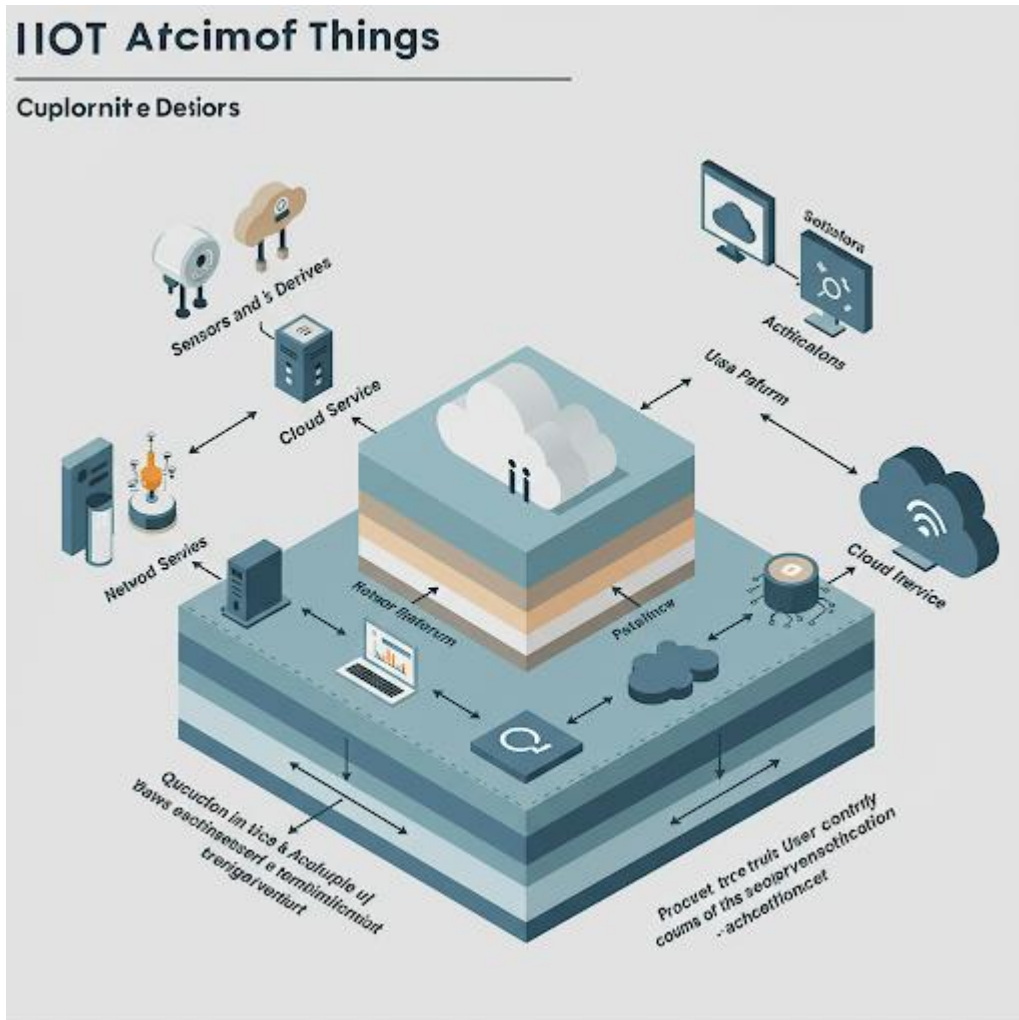


Ilustración 7 Diagrama de la Arquitectura Propuesta
Fuente: El Autor

IoT Architecture Traffic System

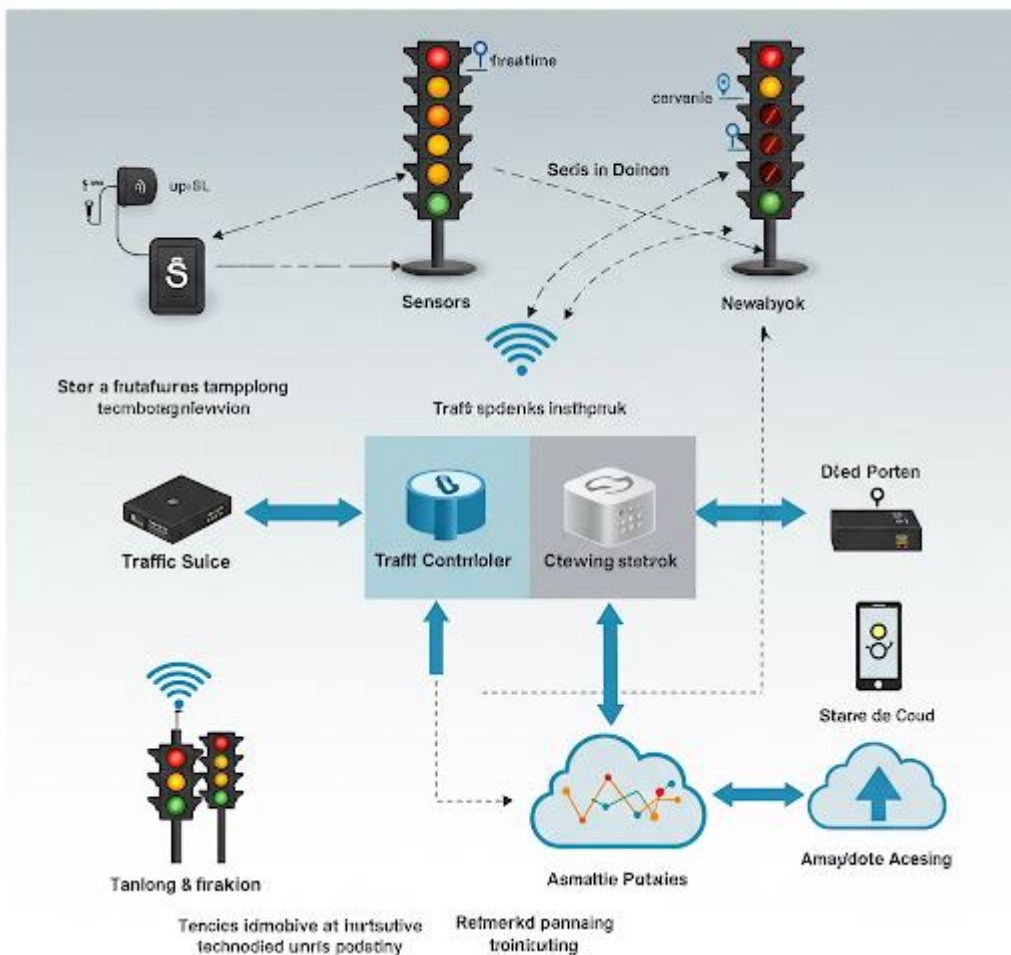


Ilustración 8 Sistema de Semaforización a través de la Red de Sensores
Fuente: El Autor

- **Diagrama de Bloques del Sistema:**
 - Un diagrama que muestra los componentes principales de la arquitectura IoT, incluyendo sensores, actuadores, unidades de procesamiento local, redes de comunicación, plataformas en la nube y sistemas de visualización.

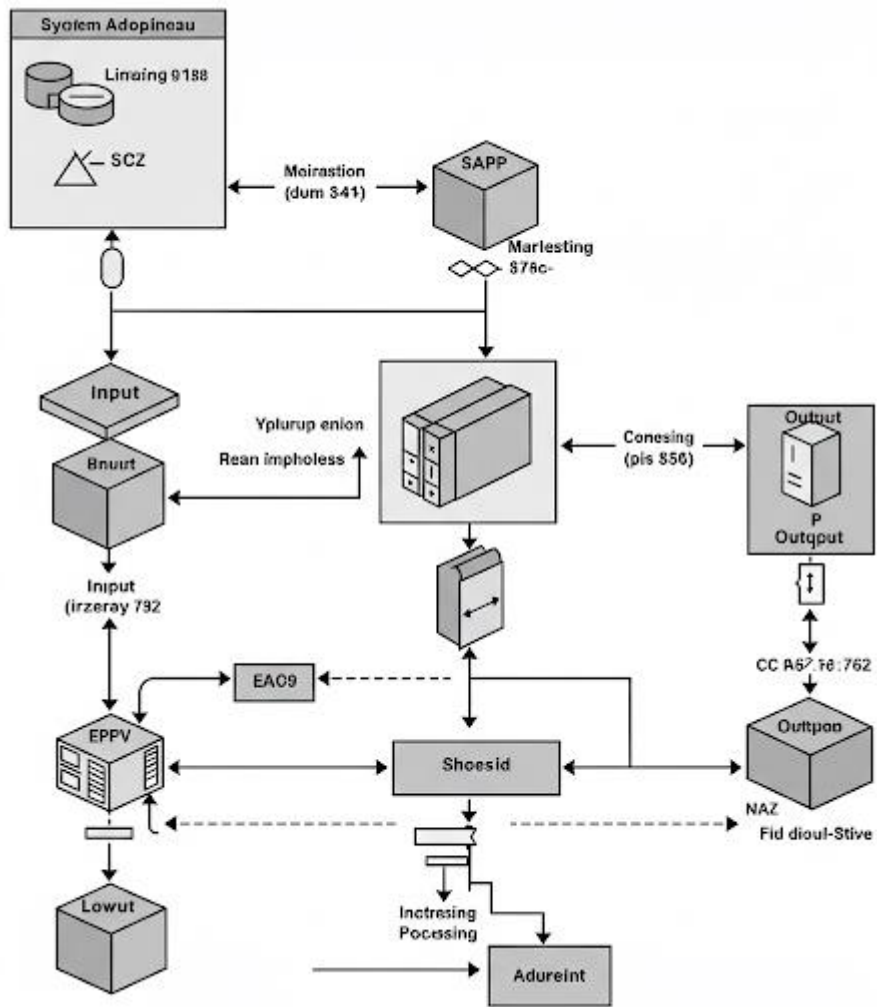


Ilustración 9 Diagrama de Bloques
Fuente: El Autor

- **Diagrama de Flujo de Datos:**

- Un diagrama que ilustra el flujo de datos desde los sensores hasta el centro de control central y los semáforos.

Technicic. os perysturpcoment Unberfectmollint in integrariod System

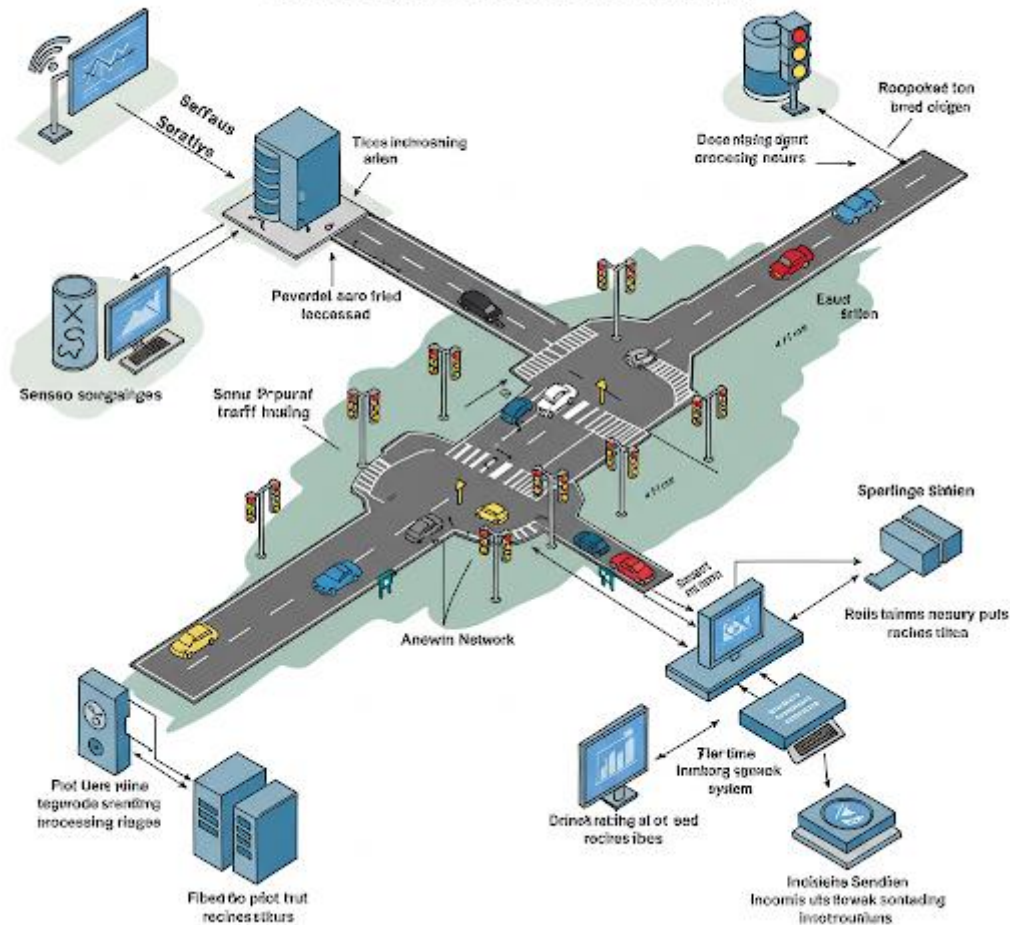


Ilustración 11 Infraestructura de Comunicaciones
Fuente: El Autor

2. Especificaciones Técnicas:

- **Especificaciones de los Sensores:**
 - Información detallada sobre los tipos de sensores utilizados, sus características técnicas, rangos de medición y precisión.
- **Especificaciones de los Actuadores:**
 - Información detallada sobre los tipos de actuadores utilizados, sus características técnicas y capacidades de control.
- **Especificaciones de la Red de Comunicación:**

- Información detallada sobre la infraestructura de red utilizada, incluyendo protocolos de comunicación, ancho de banda y latencia.

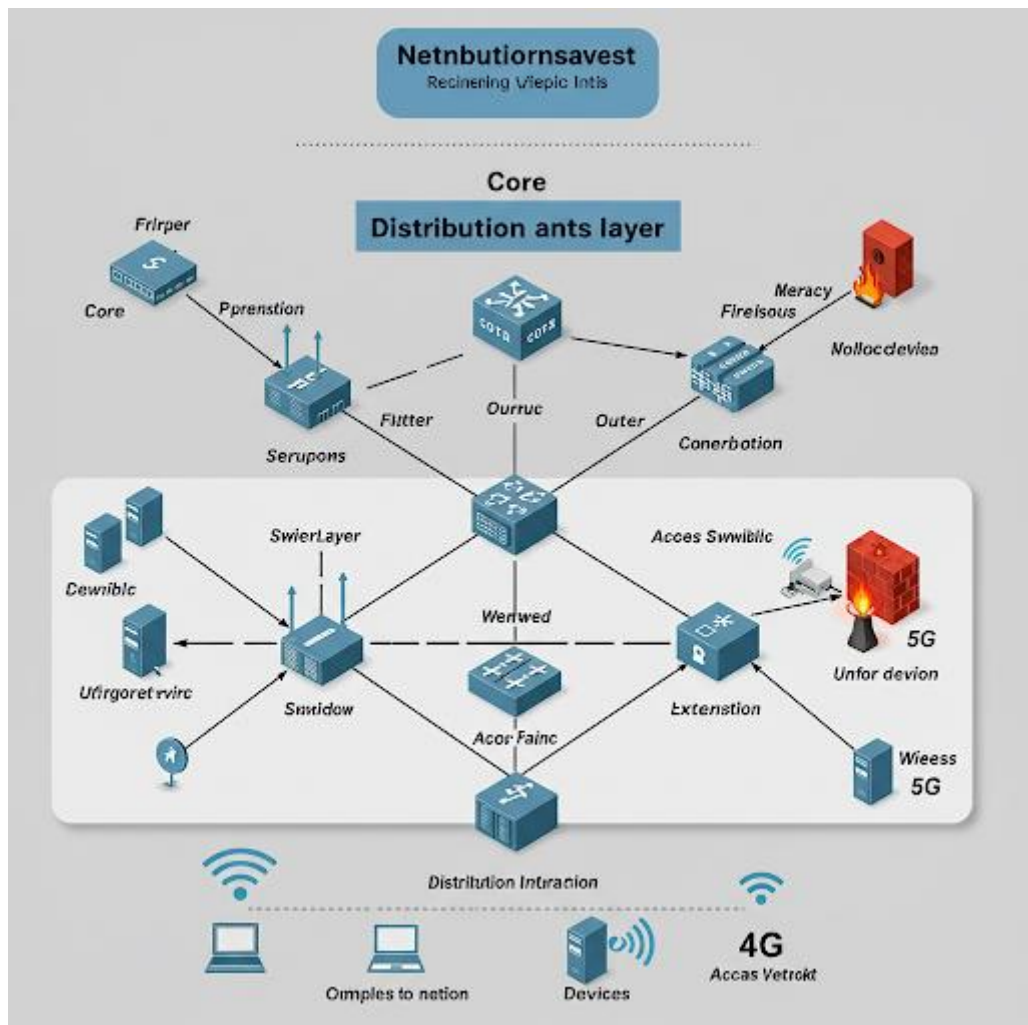


Ilustración 12 Topología de la Solución Integral Red de Semaforización

Fuente: El Autor

- **Especificaciones del Software:**

- Información sobre el software utilizado, para el procesamiento de la información, y para la interfaz de usuario.

3. Datos y Resultados Detallados:

- **Tablas de Datos de Tráfico:**

- Datos detallados sobre el volumen de tráfico, la velocidad y la densidad en diferentes cruces y horas del día.
- **Gráficos de Rendimiento:**
 - Gráficos que muestran la evolución de los indicadores de rendimiento del sistema, como la reducción de la congestión y la mejora de la seguridad vial.
- **Resultados de las Encuestas:**
 - Datos detallados sobre las respuestas de los ciudadanos a las encuestas, incluyendo tablas y gráficos.

4. Instrumentos de Recopilación de Datos:

- **Cuestionarios de las Encuestas:**
 - Copias de los cuestionarios utilizados en las encuestas a los ciudadanos.
- **Guías de las Entrevistas:**
 - Copias de las guías utilizadas en las entrevistas a expertos y funcionarios municipales.
- **Formatos de Observación:**
 - Formatos utilizados para la recolección de datos, en las observaciones directas.

5. Código Fuente y Algoritmos:

- **Código Fuente de los Algoritmos de Control Adaptativo:**

- Código fuente de los algoritmos utilizados para optimizar los tiempos de los semáforos.
- **Código Fuente de la Interfaz de Usuario:**
 - Código fuente de las interfaces de usuario desarrolladas.

6. Fotografías y Videos:

- **Fotografías de la Implementación:**
 - Fotografías de la instalación de los sensores y actuadores en los cruces semaforizados.
- **Videos del Funcionamiento del Sistema:**
 - Videos que muestran el funcionamiento del sistema IoT en diferentes condiciones de tráfico.



Ilustración 13 Elementos de Semaforización Analógica
 Fuente: El Autor

Encuesta sobre el Sistema de Semaforización en Babahoyo

Objetivo: Recopilar información sobre la percepción de los ciudadanos sobre el sistema de semaforización actual y su opinión sobre posibles mejoras.

Instrucciones: Por favor, responda las siguientes preguntas de la manera más honesta posible. Sus respuestas son confidenciales y serán utilizadas únicamente con fines de investigación.

Preguntas:

1. **¿Con qué frecuencia utiliza las vías principales de Babahoyo?**

- a) Diariamente
- b) Varias veces a la semana
- c) Una vez a la semana
- d) Menos de una vez a la semana
- Explicación:** Esta pregunta ayuda a determinar la exposición de los encuestados al sistema de semaforización.

2. **¿Cómo calificaría el flujo del tráfico en las horas pico?**

- a) Muy bueno
- b) Bueno
- c) Regular
- d) Malo
- e) Muy malo
- Explicación:** Esta pregunta evalúa la percepción de la congestión vehicular.

3. **¿Considera que los tiempos de los semáforos están sincronizados adecuadamente?**

- a) Sí
- b) No
- c) No estoy seguro
- **Explicación:** Esta pregunta mide la percepción de la sincronización de los semáforos.

4. **¿Ha experimentado retrasos significativos debido a la congestión del tráfico?**

- a) Sí, frecuentemente
- b) Sí, ocasionalmente
- c) No
- **Explicación:** Esta pregunta cuantifica el impacto de la congestión en los encuestados.

5. **¿Qué tan seguro se siente al cruzar las intersecciones de Babahoyo?**

- a) Muy seguro
- b) Seguro
- c) Inseguro
- d) Muy inseguro
- **Explicación:** Esta pregunta evalúa la percepción de la seguridad vial.

6. **¿Cree que la implementación de sensores y cámaras ayudaría a mejorar el flujo del tráfico?**

- a) Sí

- b) No
- c) No estoy seguro
- **Explicación:** Esta pregunta mide la aceptación de la tecnología en la gestión del tráfico.

7. **¿Estaría dispuesto a utilizar una aplicación móvil que le informe sobre el estado del tráfico en tiempo real?**

- a) Sí
- b) No
- c) No estoy seguro
- **Explicación:** Esta pregunta evalúa el interés en soluciones tecnológicas para la información del tráfico.

8. **¿Considera que la prioridad para vehículos de emergencia es adecuada?**

- a) Sí
- b) No
- c) No estoy seguro
- **Explicación:** Esta pregunta evalúa la percepción de la gestión de emergencias en el tráfico.

9. **¿Qué tan satisfecho está con el sistema de semaforización actual?**

- a) Muy satisfecho
- b) Satisfecho
- c) Insatisfecho

- d) Muy insatisfecho
- **Explicación:** Esta pregunta mide la satisfacción general con el sistema.

10. ¿Qué mejoras sugeriría para el sistema de semaforización?

- (Pregunta abierta)
- **Explicación:** Esta pregunta permite a los encuestados expresar sus propias ideas y sugerencias.

CODIGO FUENTE SUBROUTINAS PYTHON EN CISCO PACKET TRACER

Recopilación y Procesamiento de Datos:

Python

```
import pandas as pd
```

```
import numpy as np
```

```
# Simulación de datos de tráfico (reemplazar con datos reales)
```

```
def generar_datos_trafico(n_muestras):
```

```
    datos = {
```

```
        'hora': pd.date_range('06:00:00', periods=n_muestras, freq='min'),
```

```
        'volumen_vehiculos': np.random.randint(10, 100, n_muestras),
```

```
        'velocidad_promedio': np.random.uniform(20, 60, n_muestras),
```

```
        'densidad_trafico': np.random.uniform(0.1, 0.8, n_muestras)
```

```

    }

    return pd.DataFrame(datos)

datos_ trafico = generar_datos_ trafico(1000)

# Preprocesamiento de datos

datos_ trafico['hora_segundos'] = datos_ trafico['hora'].dt.hour * 3600 +
datos_ trafico['hora'].dt.minute * 60 + datos_ trafico['hora'].dt.second

datos_ trafico = datos_ trafico.drop('hora', axis=1)

# Normalización de datos

datos_ normalizados = (datos_ trafico - datos_ trafico.mean()) / datos_ trafico.std()

```

2. Modelo de Aprendizaje Automático (Regresión Lineal):

Python

```

from sklearn.model_selection import train_test_split

from sklearn.linear_model import LinearRegression

# División de datos en entrenamiento y prueba

X = datos_ normalizados[['hora_segundos', 'volumen_ vehiculos', 'velocidad_ promedio']]

y = datos_ normalizados['densidad_ trafico']

```

```
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

```
# Entrenamiento del modelo
```

```
modelo = LinearRegression()
```

```
modelo.fit(X_train, y_train)
```

```
# Evaluación del modelo
```

```
puntaje = modelo.score(X_test, y_test)
```

```
print(f'Puntaje del modelo: {puntaje}')
```

3. Algoritmo de Control Adaptativo:

Python

```
def calcular_tiempo_semaforo(densidad_trafico_normalizada):
```

```
    # Desnormalizar la densidad del tráfico
```

```
    densidad_trafico = densidad_trafico_normalizada * 
```

```
    datos_trafico['densidad_trafico'].std() + datos_trafico['densidad_trafico'].mean()
```

```
    # Calcular el tiempo del semáforo en función de la densidad del tráfico
```

```
    tiempo_semaforo = int(densidad_trafico * 100) # Ajustar el factor según sea necesario
```

```
    return max(30, min(tiempo_semaforo, 180)) # Limitar el tiempo entre 30 y 180
```

segundos

```

# Simulación de control de semáforo

def simular_control_semaforo(modelo, datos_normalizados):

    tiempos_semaforo = []

    for index, row in datos_normalizados.iterrows():

        densidad_trafico_normalizada = modelo.predict([row[['hora_segundos',
'volumen_vehiculos', 'velocidad_promedio']]])[0]

        tiempo_semaforo = calcular_tiempo_semaforo(densidad_trafico_normalizada)

        tiempos_semaforo.append(tiempo_semaforo)

    return tiempos_semaforo

tiempos_semaforo = simular_control_semaforo(modelo, datos_normalizados)

# Ejemplo de los primeros 10 tiempos de semáforo

print(tiempos_semaforo[:10])

```

Explicaciones:

- **Recopilación y Procesamiento de Datos:**
 - Se simulan datos de tráfico (reemplazar con datos reales de sensores).
 - Se preprocesan los datos, convirtiendo la hora a segundos y normalizando las variables.
- **Modelo de Aprendizaje Automático:**

- Se utiliza regresión lineal para predecir la densidad del tráfico en función de la hora, el volumen de vehículos y la velocidad promedio.
- Se divide el conjunto de datos en entrenamiento y prueba para evaluar el rendimiento del modelo.
- **Algoritmo de Control Adaptativo:**
 - Se define una función para calcular el tiempo del semáforo en función de la densidad del tráfico predicha.
 - Se simula el control del semáforo utilizando el modelo de aprendizaje automático y el algoritmo de control adaptativo.

