



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO
SEMAFÓRICO LOWCOST PARA CIUDADES
EMERGENTES DE COLOMBIA COMO
PRODUCTO DE YUNEXTRAFFIC**

Diego Amaya Beltran

Jeisson Sierra Camargo

Luis Dominguez Guzman

Universidad EAN
Facultad de Ingeniería
Especialización en gerencia de Tecnología
Bogotá, Colombia
05/06/2023

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO SEMAFÓRICO
LOWCOST PARA CIUDADES EMERGENTES DE COLOMBIA COMO
PRODUCTO DE YUNEXTRAFFIC**

Diego Amaya Beltran

Jeisson Sierra Camargo

Luis Dominguez Guzman

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Especialista en gerencia de tecnología

Director (a):

Nombre completo del director(a)

Modalidad:

Trabajo de Investigación

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Especialización en gerencia de Tecnología

Bogotá, Colombia

05/06/2023

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De
Colombia Como Producto De Yunextraffic

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá, 05/06/2023

CONTENIDO

1.	Problema de investigación	12
1.1	Análisis PESTEL.....	15
1.1.1	Político:	15
1.1.2	Económico:.....	15
1.1.3	Social:.....	15
1.1.4	Tecnológico:.....	16
1.1.5	Ecológico:.....	16
1.1.6	Legal:.....	16
2.	Objetivos	18
2.1	General.....	18
2.2	Específicos.....	18
3.	Justificación.....	18
4.	Marco Teórico	20
4.1	Ciudades y tipos.....	20
4.1.1	Análisis demográfico.....	21
4.1.2	Ciudades emergentes en Colombia	22
4.2	Tecnologías Semafóricas	25
4.2.1	SoluTraffic – Soluciones para la movilidad.....	27
4.2.2	TecnoTrans – Tecnología en control de transito.....	27
4.2.3	SICE	28
4.2.4	Swarco.....	29
4.2.5	Yunex Traffic	29
4.3	Tecnologías por implementar	30

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

4.3.1	Software como concepto (Mockup)	30
4.3.2	Metodologías para Desarrollo de software.....	32
4.3.3	Arquitecturas y patrones de diseño de Software	34
4.3.4	Mockup como herramienta para diseño de software.....	37
5.	Marco institucional.....	38
5.1	Información Corporativa de la empresa	38
5.2	Enfoque Empresarial	38
5.2.1	Hacer que las ciudades sean más habitables.	39
5.2.2	Mejorar la seguridad.....	39
5.2.3	GoGreen Company.....	39
5.2.4	Actuar para hacer del mundo un mejor lugar.....	39
5.3	Unidades de Negocio.....	40
5.3.1	Urban.....	40
5.3.2	Interurban y Peajes	40
6.	Metodología	41
6.1	Enfoque, Alcance y diseño de investigación	41
6.2	Definición de Variables	42
6.3	Población Y Muestra	44
6.4	Selección de métodos o instrumentos para recolección de información	46
6.4.1	Entrevista.....	46
6.4.2	La revisión de documentos o análisis documental	46
6.4.3	Focus Group	46
6.5	Técnicas y análisis de datos.....	47
7.	Análisis.....	50

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

7.1	Entrevistas Necesidad Ciudades Emergentes	50
7.2	Entrevistas a expertos de desarrollo	57
7.3	Entrevistas a expertos en control y comunicaciones	65
8.	DISCUSIÓN.....	69
8.1	Requerimientos del sistema	69
8.1.1	Requerimientos no funcionales	70
8.1.2	Requerimientos funcionales	70
8.2	Diseño de software	72
8.2.1	Arquitectura del sistema.....	73
8.2.2	Lenguaje de programación	74
8.2.3	Mockup.....	75
8.2.4	Menú de Opciones y Equipos:	78
8.2.5	Navegación en mapa	79
8.2.6	Área de Eventos:	81
8.2.7	Área de Información General:.....	82
8.2.8	Área de gestión del controlador:	83
8.2.9	Barra de Usuario.....	84
8.2.10	Reportes	85
8.3	Diagramas UML	86
8.3.1	Diagrama De Clases	87
8.3.1	Diagrama De Secuencias.....	88
8.3.2	Diagrama de despliegue	91
8.4	Infraestructura de comunicación	92
9.	Conclusiones	97

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De
Colombia Como Producto De Yunextraffic

10. REFERENCIAS 98

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1; Porcentaje de crecimiento poblacional	13
Figura 2; Aumento de Población en Colombia	14
Figura 3; Análisis PESTEL	17
Figura 4; Banco Mundial	22
Figura 5; Ranking de ciudades competitivas	23
Figura 6 Arquitectura de microservicios	36
Figura 7; Marvel App Diseñador de MockUP	37
Figura 8; Enfoque Empresarial Yunex Traffic	38
Figura 9 Arquitectura de Microservicios	73
Figura 10 Acceso al sistema	76
Figura 11 Pantalla de Operación	77
Figura 12 Menú del sistema	79
Figura 13 Navegación en Mapa – Equipo sin falla	79
Figura 14 Navegación en Mapa – Equipo con falla	80
Figura 15 Navegación en Mapa – Equipo con advertencia	81
Figura 16 Eventos – Generales	82
Figura 17 Eventos – Equipos en Falla	82
Figura 18 Información general – Controladores	82
Figura 19 Información Especifica – Administración	83
Figura 20 Información Especifica – Administración	84
Figura 21 Reportes del Sistema	85
Figura 22 Diagrama de clases	87
Figura 23 Diagrama de secuencias	89
Figura 24 Diagrama de despliegue	91
Figura 25 Arquitectura Física	93

LISTADO DE TABLAS

	Pág
Tabla 1; Definición de variables	42
Tabla 2; Selección de método	47
Tabla 3. Precios Infraestructura de comunicaciones.....	94
Tabla 4; Precios canales de comunicación.....	95
Tabla 5; Tabla de precios infraestructura de implementación	96

RESUMEN

Las centrales semafóricas son herramientas tecnológicas importantes para la movilidad en las ciudades, ya que pueden, entre otros, reducir los tiempos de viaje. Sin embargo, su costo es alto para las ciudades emergentes. Aunque están invirtiendo en su malla vial y en planes de movilidad sostenible, pocas han actuado en sus sistemas de semaforización. Esta investigación pretende diseñar una solución escalable y de bajo costo que se ajuste a las necesidades de estas, como producto de Yunex Traffic.

Para esta investigación se opta por usar una metodología mixta, en la que se analizarán variables independientes cualitativamente para escoger las mejores alternativas para el diseño del sistema de monitoreo semafórico y que permitan definir cuantitativamente su costo como la variable dependiente mediante análisis documental, entrevistas y grupos focales con especialistas de los campos de estudio involucrados.

Basados en los resultados de los instrumentos seleccionados para realizar el análisis de las necesidades de las ciudades emergentes y los requerimientos técnicos del sistema, se logra realizar el diseño base para un sistema semafórico con la premisa de ser un sistema de bajo costo para ser implementado en este tipo de ciudades.

Para este diseño se desarrolló un mockup que muestra las principales características de la interfaz de usuario al igual que la arquitectura que explica el *backend* de la herramienta diseñada explicando los microservicios. Finalmente, y como parte fundamental de este diseño, se generan los diagramas UML que soportan el diseño realizado. Los diagramas elaborados fueron: diagrama de clases, de secuencias y de despliegue.

Dentro del análisis realizado se identificó que, para implementar este sistema semafórico en una ciudad emergente en particular, es fundamental conocer sus singularidades para adaptar la solución de manera precisa.

Palabras clave: Ciudades emergentes, Centrales semafóricas, Escalable, Bajo costo, Diseño, Metodología mixta, Arquitectura, Requerimientos, Mockup.

ABSTRACT

Traffic light control centers are important technological tools for the mobility of cities, as they can, among other things, reduce travel times. However, their cost is high for the emerging cities. Although they are investing in their road network and sustainable mobility plans, few have worked on their traffic light systems. This research pretends to design a scalable and low-cost solution that fits the needs of these cities, as a product of Yunex Traffic.

For this research, a mixed methodology will be used, in which independent variables will be analyzed qualitatively to choose the best alternatives for the design of the traffic light monitoring system and to quantitatively define its cost as the dependent variable using documentary analysis, interviews and focus groups with specialists in the fields of study involved.

Based on the results of the selected instruments to analyze the needs of emerging cities and the technical requirements of the system, a base design for a traffic light system has been achieved with the premise of being a low-cost system to be implemented in these types of cities.

For this design, a mockup was developed that showcases the main features of the user interface as well as the architecture, explaining the backend of the designed tool and the microservices. Finally, as a crucial part of this design, UML diagrams supporting the implemented design were generated. The elaborated diagrams include class diagram, sequence diagram, and deployment diagram.

During the analysis, it was identified that, to implement this traffic light system in a specific emerging city, it is essential to understand its unique characteristics to precisely adapt the solution.

Keywords: Emerging cities, Traffic control centers, Scalable, Low cost, Design, Mixed methodology, Architecture, Requirements, Mockup.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las Centrales semaforicas son una herramienta tecnologica que influye sobre la movilidad de las ciudades emergentes, ya que estas pueden disminuir los tiempos de viaje dentro de la ciudad y reducir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el tráfico vehicular, adicionalmente permiten la atención inmediata de fallas que se puedan presentar en las intersecciones semaforicas, tal como lo mencionó Wilmar Barbosa Rozo alcalde de Villavicencio en el año 2018 cuando se implementó la central semaforica: “era indispensable que la ciudad se pusiera al nivel de grandes ciudades del país que cuentan con este sistema tecnologico.” (Zabala, 2018)

Teniendo en cuenta lo mencionado por el Ingeniero Barbosa (2018), las centrales semaforizas se hacen de vital importancia para el crecimiento tecnologico de las ciudades intermedias, pero, ahora bien, si cambiamos la mirada hacia las pequeñas ciudades vemos que las centrales semaforicas conllevan unos altos costos de adquisición e implementación, como lo informó periódico el tiempo en su publicación del 13 de marzo del 2020 ¿En qué va el sistema de semáforos inteligente de Bogotá?: “La implementación del sistema para la ciudad de Bogotá costo alrededor de 173.000 millones de pesos,” (Redacción vehiculos, 2020) lo que para una ciudad pequeña sería una adquisición imposible, adicionalmente al costo de la central semaforica se deben contemplar los costos relacionados con las modificaciones en la infraestructura de la ciudad como canalizaciones, adquisición de redes de comunicaciones privadas, acometidas eléctricas, entre otros.

Siendo Yunex Traffic una compañía que ofrece soluciones en tráfico y transporte a nivel urbano e interurbano, se identifica que un segmento del mercado esta desatendido y sin una solución en su portafolio de productos y servicios, por lo cual la presente investigación tiene como motivación brindar una alternativa que se ajuste a las necesidades en las ciudades emergentes.

Ahora bien, ¿qué es una ciudad emergente? según el BID se define como “las ciudades con una población de entre 100 mil y 2 millones de habitantes que crecen por encima del promedio en ambos aspectos (población y actividad económica)”. (McKinsey, 2012) En el programa

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

ciudades emergente y sostenibles, el mismo BID en su artículo PROGRAMA CIUDADES EMERGENTES Y SOSTENIBLES informa que:

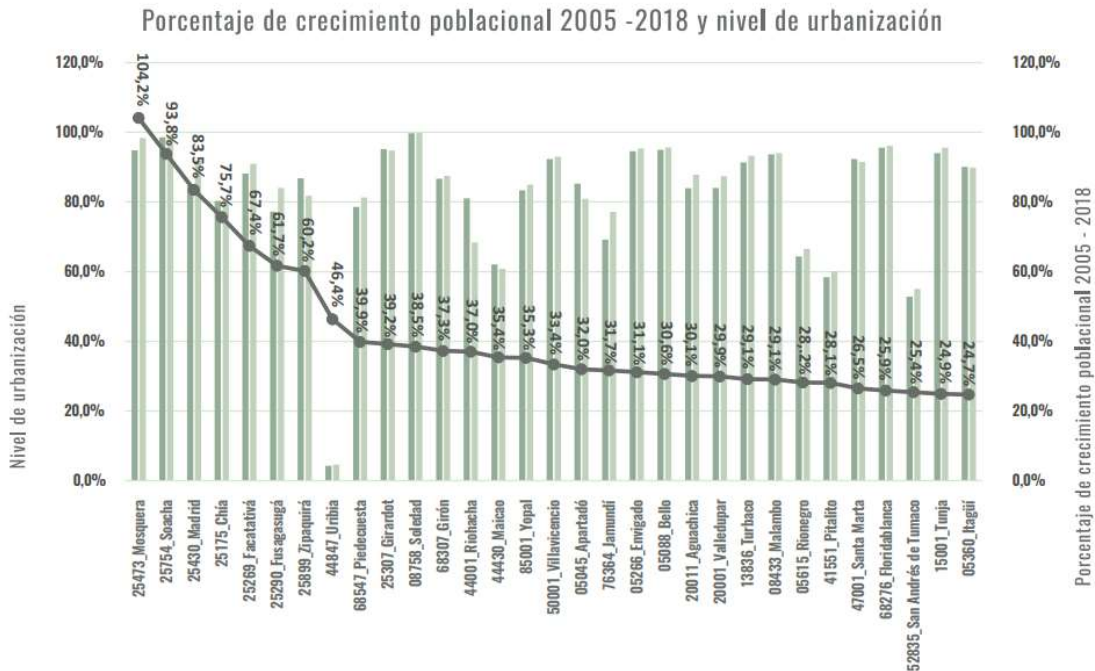
América Latina y el Caribe es la región en desarrollo más urbanizada del planeta, con 8 de cada 10 personas viviendo en ciudades. Entre 1950 y 2014 aumentó su población urbana del 50 al 80 por ciento. A su vez, el crecimiento económico durante las últimas dos décadas tuvo lugar principalmente en las ciudades de tamaño intermedio, las cuales se están expandiendo de manera exponencial. (BID Mejorando Vidas, 2022).

Según el informe de Patrones y tendencias de la transición urbana en Colombia del DANE:

las ciudades de más de 100 mil habitantes que tuvieron mayor crecimiento en el periodo 2005-2018 fueron las cercanas a Bogotá (Mosquera, Soacha, Madrid, Chía, Facatativá, Fusagasugá y Zipaquirá), también se tiene un crecimiento importante para ciudades capitales de departamento como son Riohacha, Yopal, Villavicencio, Valledupar, Santa Marta y Tunja. (DANE, Información para Todos, 2021, pág. 27).

Como se muestra en la siguiente Figura 1.

Figura 1; Porcentaje de crecimiento poblacional



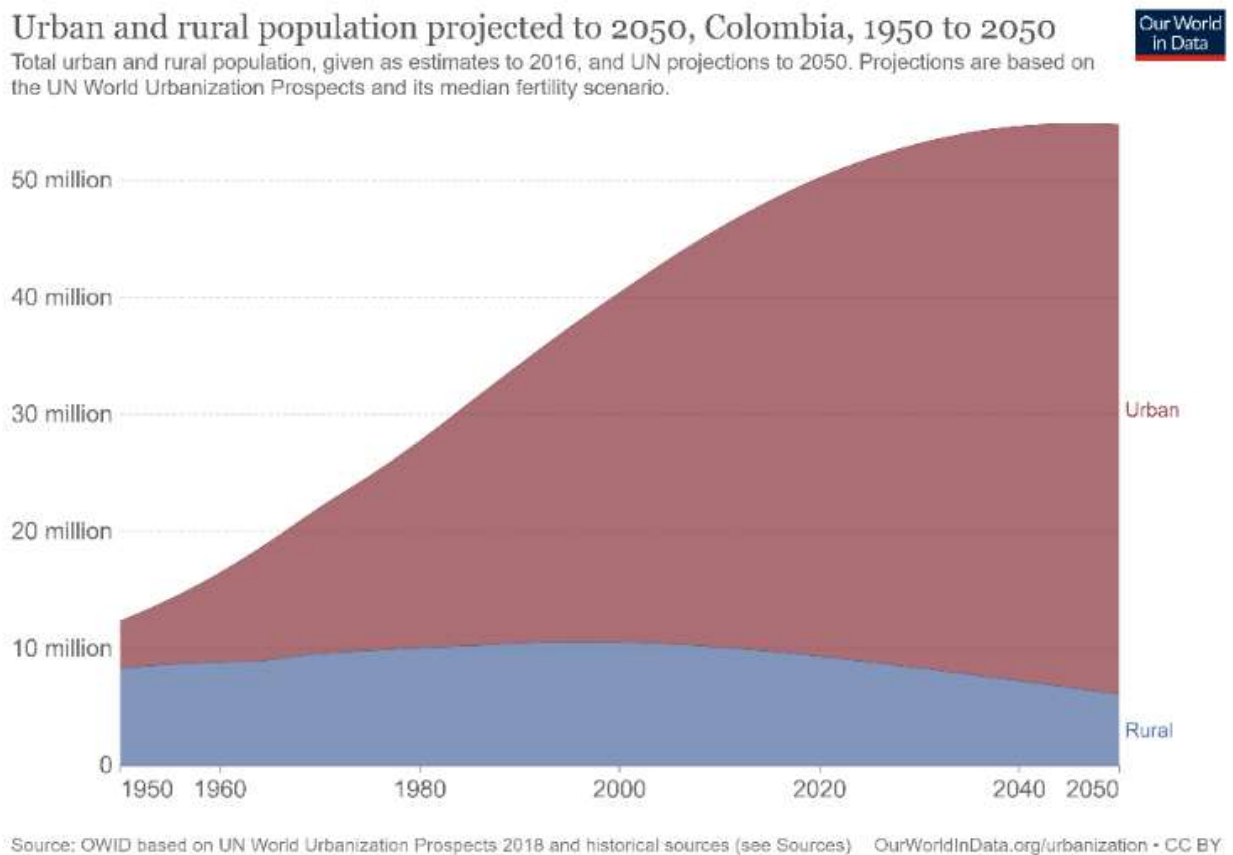
Tomado de: (DANE, Información para Todos, 2021, pág. 27)

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

De acuerdo con One World in data de la Universidad de Oxford se tiene una proyección que la población urbana seguirá en aumento, esto quiere decir que la densidad de población en las ciudades emergentes irá en aumento haciendo necesario, dentro de la iniciativa de sostenibilidad de dichas ciudades emergentes, un plan de movilidad basado en un sistema de monitoreo semafórico que sea escalable y a su vez de bajo costo.

En la Figura 2 se ilustra el aumento de la población en Colombia en los últimos años y la proyección para el 2050. (Ritchie & Max, 2018)

Figura 2; Aumento de Población en Colombia



Tomado de: (Ritchie & Max, 2018)

En varias ciudades emergentes en el país dentro de sus planes de desarrollo se está invirtiendo en la malla vial y en plan de movilidad sostenible, pero no se menciona iniciativas de actuación

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

en sus sistemas de semaforización. Es el caso de Tunja, En donde su plan de desarrollo para el 2023 menciona:

Tunja cuenta con 35 intersecciones viales o semáforos, las cuales son operadas actualmente por la empresa de Alumbrado Público, y controlados con dispositivos predeterminados o de tiempo fijo, a su vez estos siguen un plan de fases que puede cambiar en función de la hora del día para tratar de adaptar la operación de la intersección a la demanda de tráfico. (Alcaldía Mayor de Tunja, 2023, pág. 96).

1.1 Análisis PESTEL

1.1.1 Político:

El establecimiento de un sistema de gestión de tráfico depende de la estabilidad política y el apoyo gubernamental. Las leyes y regulaciones también afectarán la forma en que el sistema se implementa y funciona.

El conflicto armado, las bacrim y disidencias también puede afectar la ejecución de un proyecto en determinada población, así como el tema de corrupción al ser recursos públicos.

1.1.2 Económico:

El éxito del sistema del sistema semafórico depende de los recursos financieros disponibles para su implementación desde el gobierno central y los planes de desarrollo municipales.

Las alianzas de la ciudad con proveedores de servicios relacionados con el tráfico podrían incluir a organismos gubernamentales, empresas de transporte, agencias de seguridad y organizaciones de la sociedad civil. Estas alianzas podrían ayudar a mejorar la coordinación de esfuerzos y aumentar la eficacia de las acciones de la ciudad en materia de tráfico.

Otro factor a nivel económico que puede afectar al proyecto es el cambio de divisas, varios de los equipos requeridos en la solución deben ser adquiridos con proveedores internacionales.

1.1.3 Social:

Socialmente uno de los problemas o aspectos que se debe considerar es el vandalismo, para tener en cuenta la adquisición de sistemas que protejan los equipos expuestos.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

La adopción de un sistema de monitoreo semafórico dependerá del nivel de educación y la conciencia social de la comunidad. Entender que son implementaciones realizadas para ayudar a la comunidad y por tal razón debe cuidarse y tener una cultura de “*Smart citizen*” o ciudadano inteligente.

1.1.4 Tecnológico:

El sistema de monitoreo semafórico requerirá de tecnologías emergentes y claves para su implementación. Esto incluirá el uso de servidores, controlador lógico programable (PLC), equipos de comunicación y demás infraestructura necesaria para conectar todos estos elementos.

1.1.5 Ecológico:

Un sistema de monitoreo semafórico debe tener en cuenta los aspectos ambientales. Esto incluye el impacto de la infraestructura en el medio ambiente, el uso de energías renovables y la reducción de la contaminación del aire y el ruido. También se deben tener en cuenta escenarios de fenómenos naturales que pueden afectar la infraestructura física, las comunicaciones y en general el normal funcionamiento de la ejecución del proyecto.

1.1.6 Legal:

El establecimiento de un sistema de gestión de tráfico exigirá el cumplimiento de la legislación local, así como la regulación de la Agencia Nacional de Tránsito, el INVIAS, la secretaría de tránsito de cada ciudad y la Oficina de Tráfico. Esto incluye regulaciones relacionadas con la seguridad vial, el uso de la tecnología de tráfico y la protección de la privacidad.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Figura 3; Análisis PESTEL



Tomado de: Fuente Propia

En Colombia, las ciudades emergentes han venido experimentando un aumento significativo de su población urbana en los últimos años. Esto lleva a que las entidades gubernamentales de dichas ciudades lleven a cabo nuevos planes de desarrollo para asignación de recursos de acuerdo con estas nuevas necesidades de crecimiento y expansión. A pesar de que estos planes cuentan con un presupuesto para movilidad, no hay un enfoque hacia el diseño, implementación o mantenimiento de sistemas de gestión y monitoreo semafórico. Las soluciones disponibles en el mercado nacional son principalmente diseñadas para ciudades medianas y grandes incluyendo las desarrolladas por YunexTraffic, excluyendo las ciudades en crecimiento, alejándolas de una alternativa que cumpla los requisitos de eficiencia, escalabilidad y bajo costo. De acuerdo con lo mencionado anteriormente se plantea la pregunta:

¿Cómo diseñar un sistema de monitoreo de semaforización según las necesidades específicas de las ciudades emergentes que sea escalable, eficiente y de bajo costo en Colombia como producto de YunexTraffic?

2. OBJETIVOS

2.1 General

Diseñar un sistema de monitoreo semafórico escalable, de bajo costo que optimice el flujo vehicular y reduzcan la congestión en las ciudades emergentes de Colombia como producto de YunexTraffic.

2.2 Específicos

- Estudiar el contexto y las necesidades específicas de las ciudades emergentes de Colombia para determinar los requisitos del sistema de monitoreo semafórico.
- Analizar los requerimientos técnicos para el diseño del sistema de monitoreo semafórico.
- Definir las características del Mockup y de la arquitectura de software que se acoplen al diseño del sistema de monitoreo semafórico.
- Diseñar un prototipo de sistema de monitoreo semafórico que cumpla con los requerimientos técnicos y las necesidades de las ciudades emergentes.

3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de esta investigación muestra la relevancia de crear una solución como un producto de YunnexTraffic a uno de los problemas de movilidad en ciudades emergentes, que sea escalable y adaptable, siendo una solución que utiliza tecnologías de cuarta revolución tecnológica, lo que la hace una solución perdurable y ajustable al crecimiento y las necesidades de cada ciudad emergente específica. Una solución que sea intuitiva con un entorno gráfico amigable que no requiera un recurso humano especializado para su administración. Flexible, adaptándose al presupuesto de cada ciudad haciéndola tan sencilla o compleja como se necesite. Finalmente, pero no menos importante, su componente de seguridad, el cual podrá alertar, mitigar y controlar intrusiones y ataques al sistema haciéndola una herramienta segura y confiable.

Esta investigación servirá de apoyo a las entidades de gestión de tráfico para la toma de decisiones haciendo una movilidad más eficiente y en el menor tiempo posible. Algunos ejemplos son el número de zonas donde el tráfico es mayor en ciertas áreas y en determinado horario para poder realizar rutas alternas, proporcionar información sobre el flujo vial en tiempo

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

real, entre otros. Esto ayudará a los habitantes a optimizar sus rutas y horario para aumentar su productividad y ahorrar tiempo en trayectos.

Asimismo, el uso de tecnologías innovadoras y sostenibles para resolver problemas urbanos es cada vez más relevante cubriendo en sus tres frentes el aporte a la sostenibilidad muy presente y que va de la mano con los planes de desarrollo de las ciudades emergentes y ciudades inteligentes.

Su aporte en la sostenibilidad social se enmarca en la mejora de la movilidad y seguridad de los ciudadanos reduciendo los tiempos de desplazamiento y los tiempos de fallas, minimizando también el riesgo de accidentes.

En sostenibilidad económica, se optimiza el uso de recursos energéticos y se ahorra en costos de implementación, mantenimiento, desplazamientos, alertas tempranas, generando así más recursos para empleo y desarrollo social.

En sostenibilidad ambiental, el uso óptimo de los recursos, es decir la reducción del gasto energético y el impacto ambiental, además del uso de energías alternativas. Por otro lado, se disminuye la emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero contribuyendo con la mitigación del cambio climático y la protección del medio ambiente.

La contribución de la presente investigación como utilidad metodológica, siendo el producto de esta, un instrumento para la recolección de datos que facilite el análisis de herramientas y tecnologías para desarrollar este sistema de una manera eficiente y de bajo costo que permita desde otras áreas del conocimiento como la salud, en dirección a mejorar la movilidad urbana y reducir los accidentes de tránsito, lo que conlleva efectos positivos en salud pública, enfermedades como estrés y reduciendo los niveles medibles de emisiones contaminantes. En el ámbito social, esta investigación puede facilitar el análisis de fenómenos sociales relacionados con movilidad urbana, el uso de diferentes medios de transporte, el transporte público integrado y la seguridad vial en dirección a comprender mejor y proponer soluciones a los problemas que afectan a la realidad social.

Si bien Yunex Traffic cuenta con soluciones semafóricas de gran escala y bastante robustas, se ha dejado de lado el mercado de las ciudades emergentes. Con el resultado de esta

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

investigación como un producto en el portafolio de Yunex Traffic, se pretenden ampliar el nicho de mercado dándose a conocer en estos ámbitos que pueden impulsar nuevos negocios según las necesidades y requerimientos de cada ciudad. El diseño de esta solución tiene el potencial de ser aplicado no solo en el mercado nacional sino expandirse hacia otras ciudades emergentes latinoamericanas donde YunnexTraffic tiene presencia.

A nivel académico, este proyecto va de la mano con la especialización de gerencia de tecnología, en el cual se ha podido aplicar y profundizar conceptos aprendidos durante los diferentes módulos, como la capacidad creativa y la iniciativa de ser intraemprendedores, haciendo análisis de costos de la solución propuesta, teniendo en cuenta detalles que implica desde la creación de un producto innovador hasta su ejecución haciendo uso de tecnologías claves y emergentes con estrategias de prospectiva tecnológica, inteligencia competitiva, vigilancia tecnológica; análisis del entorno de mercado mediante métodos de análisis descriptivos como PESTEL y modelos de negocio como Canvas y *desing thinking*.

Finalmente, con esta investigación y su presentación ante la empresa, se pretende generar un nuevo producto innovador acorde con el sector del negocio de la empresa pero que amplía su nicho de mercado, que le otorgue a los investigadores de este proyecto el reconocimiento por parte de la empresa y los pueda perfilar como intraemprendedores mostrando sus cualidades de liderazgo, creatividad, con capacidad de iniciativa y siempre orientados al mercado.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Ciudades y tipos

Existen varios autores urbanísticos que han intentado definir la ciudad desde diferentes perspectivas y criterios. La definición de ciudad de Kevin Lynch, urbanista estadounidense, se basa en la idea de la imaginabilidad de sus habitantes, es decir, el grado en que una ciudad produce una fuerte impresión en los individuos que la habitan y que pueden reconocer y organizar sus partes de un modo coherente (Lynch, 2008)

Una definición más contemporánea la entrega Arthur O 'Sullivan en su libro Economía urbana donde indica que “Una ciudad es un área geográfica que contiene un gran número de personas en un área relativamente pequeña”. (O'Sullivan, 2012, pág. 07)

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Pol Bertran Prieto define a Las ciudades como “asentamientos urbanos que constituyen núcleos poblacionales con una densidad de habitantes alta” (Los 20 tipos de ciudades (y sus características), 2021). y define varios tipos de ciudades Según el tamaño de la población: ciudad pequeña (menos de 100 000 habitantes), ciudad intermedia (entre 100 000 y 500 000 habitantes), metrópolis regional (entre 500 000 y un millón de habitantes), metrópolis nacional (entre uno y cinco millones de habitantes), metrópolis continental (entre cinco y diez millones de habitantes) y megaciudad (más de diez millones de habitantes) (Prieto, 2021).

Otra tipología de ciudades que puede encontrarse es de acuerdo con la actividad que predomina en ellas. En esta clasificación se cuentan la definición de ciudades comerciales, industriales, mineras, marítimas, militares, religiosas o ciudades santas, culturales, universitarias y turísticas. (Tipos.co, s.f.)

El concepto de ciudades emergentes según el BID se define como “las ciudades con una población de entre 100 mil y 2 millones de habitantes que crecen por encima del promedio en ambos aspectos (población y actividad económica)”. (McKinsey, 2012) En el programa ciudades emergente y sostenibles.

Como parte de ciudades emergentes y sostenibles, el uso de tecnologías de la información y comunicación TIC de un sistema de monitoreo y gestión semafórica, se introduce un nuevo concepto de ciudad: la “Smart City”, definida por la National Geographic como una ciudad que utiliza la tecnología para mejorar su eficiencia, sostenibilidad y calidad de vida de sus ciudadanos, con sensores que recogen datos de las personas y la infraestructura, como el tráfico, la contaminación, el consumo de energía y la gestión de residuos y con iniciativas que promuevan la protección del medio ambiente, el transporte público, los derechos digitales y la participación cívica. (National Geographic, 2022)

4.1.1 Análisis demográfico

El comportamiento demográfico de la humanidad indica y tiene proyecciones de un aumento constante y migración de la población a las ciudades. El banco mundial muestra un aumento en la tasa de urbanización en la que se ubica en un 82% para Colombia al año 2021, comparado con América latina y el caribe la cual se ubica en un 81% y por otro lado se realiza la comparación con la ponderación a nivel mundial que se ubica en un 56%. (Banco Mundial, 2021)

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Figura 4; Banco Mundial



Tomado de: (Datos Poblacion Urbana (% del total) Colombia, 2021)

De acuerdo con el informe de Patrones y tendencias de la transición urbana en Colombia del DANE, el mayor crecimiento porcentual de la población en ciudades intermedias que pueden categorizarse como emergentes, se destacan las cercanas a las principales ciudades como Bogotá con Mosquera o Soacha, Medellín con Bello o Itagüí, Bucaramanga con Piedecuesta o Floridablanca, Barranquilla con Soledad o Malambo y Cali con Jamundí, lo cual puede deberse a un bajo costo y mejores condiciones en la oferta inmobiliaria que igualmente tenga cercanía con fuentes de trabajo y buenos servicios sociales como educación, salud entre otros. (DANE, Información para Todos, 2021).

4.1.2 Ciudades emergentes en Colombia

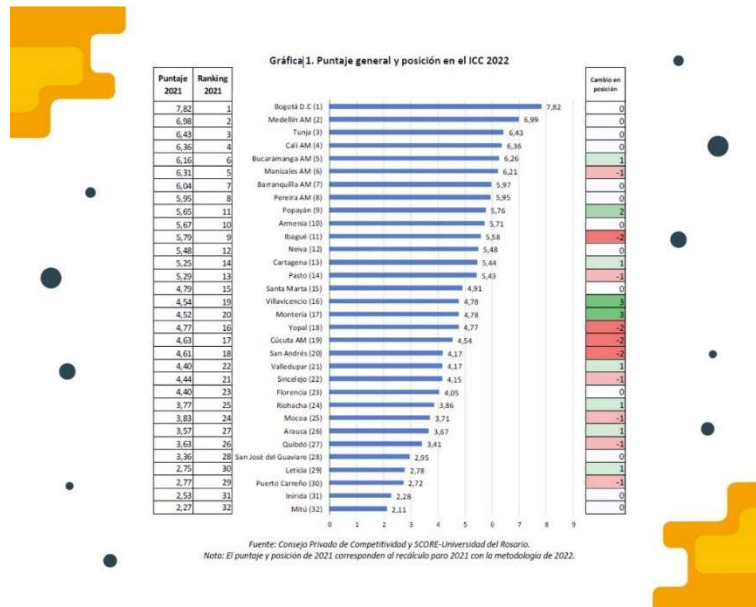
Como lo menciona el Consejo Privado de Competitividad (CPC) y la Universidad del Rosario quienes reconocen que:

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

“el esfuerzo de algunas ciudades que se destacaron por su desempeño en aspectos clave de la competitividad. Entre estas las ciudades de Montería y Villavicencio por lograr los mayores avances en el ranking general; Tunja por contar con el desempeño competitivo más destacado; y la ciudad de Pasto por tener el mejor desempeño en educación básica y media del país”. (U. del Rosario & El Consejo Privado de Competitividad CPC, 2022)

En la siguiente figura se observa el ranking de las ciudades más competitivas para el 2022:

Figura 5; Ranking de ciudades competitivas



Tomado de: (U. del Rosario & El Consejo Privado de Competitividad CPC, 2022)

De acuerdo con este ranking, las ciudades consideradas como emergentes en Colombia con mejor ranking en su índice de competitividad están las ciudades de Tunja, Pereira, Popayán, Armenia, Ibagué, Pasto, Villavicencio y Montería. A continuación, se analiza la actualidad en temas de movilidad y especialmente en el sistema semafórico de algunas de estas ciudades.

La ciudad de Tunja cuenta con 172548 habitantes y un área de 121 km cuadrados con una densidad de población de 1426 habitantes por Km cuadrado. (Asociación Colombiana de Ciudades Capitales, 2021) En Tunja se está trabajando en un plan maestro de movilidad proyectado 2020 a 2040, en donde se establezca un sistema estratégico de transporte público SETP que permita alcanzar una movilidad segura, equitativa, inteligente, articulada, respetuosa con el medio ambiente y coordinada y fortalezca y renueve el servicio tradicional de transporte

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

público ya que esta ciudad actualmente no cuenta con un sistema unificado de transporte. (Tunja la capital que nos UNE, 2022, pág. 94)

Tunja cuenta con 35 intersecciones viales o semáforos, las cuales son operadas actualmente por la empresa de Alumbrado Público, y controlados con dispositivos predeterminados o de tiempo fijo, a su vez estos siguen un plan de fases que puede cambiar en función de la hora del día para tratar de adaptar la operación de la intersección a la demanda de tráfico. (Tunja la capital que nos UNE, 2022, pág. 96)

Pereira es la capital del departamento de Risaralda, cuenta con una población de 467269 habitantes, un área de 702 Km cuadrados y una densidad de población de 666 por km cuadrado. (Asociacion Colombiana de Ciudades Capitales, 2021)

En el plan de desarrollo 2020-2023 de Pereira, se menciona la necesidad de contar con un sistema de control de tráfico y demás infraestructura que permita la vigilancia, control y detección de eventos de tránsito. Este sistema debe funcionar 7x24 principalmente en las vías controladas y reguladas electrónicamente por semáforos. Adicional a esto, se ha visto la necesidad de ampliar y modernizar la red semafórica hasta lograr 192 intersecciones viales semaforizadas conectadas a 96 controladores de tráfico. (Pereira Gobierno de la Ciudad Capital del EJE, 2022)

Popayán, es la tercera ciudad que puede ser considerada como emergente de acuerdo con el índice de competitividad de la universidad del rosario. La capital del departamento del Cauca cuenta con 318059 habitantes, una extensión de 512 Km cuadrados y una densidad de población de 621 habitantes por Km cuadrado. (Asociacion Colombiana de Ciudades Capitales, 2022)

En su plan de desarrollo 2020-2023, Popayán cuenta un con un componente de tránsito, con programas como Estrategia Integral de Cultura Ciudadana, Seguridad Vial y Ambiental, Plan Maestro de Movilidad y Estrategia de Modernización para La Movilidad y el Transporte. En este último, se plantea la necesidad de la actualización y mantenimiento de la red semafórica la cual en línea base se encuentra en un 0% con una meta para finales de 2023 de un 90%. (Alcaldia de Popayan, 2020-2023)

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Montería, conocida como la perla del Sinú, es la capital del departamento de Córdoba. Cuenta con una población de 490935 habitantes, un área de 3141 Km cuadrados y una densidad de población de 156 habitantes por Km cuadrado. (Asociacion Colombiana de Ciudades Capitales, 2022)

Dentro del plan de desarrollo de la ciudad de Montería, dentro de su lineamiento estratégico: Montería con convivencia y movilidad segura; en asuntos de movilidad, transporte y semaforización, se incluyen proyectos priorizados tales como: (Concejo Municipal de Montería, 2020-2023)

- Doble calzada ranchos del INAT.
- Implementación del SETP.
- Mejoramiento de la pavimentación urbana.
- Mas ciclo rutas para Montería.

La estrategia en el sector transporte de Montería se basa en cuatro ejes principales: la movilidad activa, los sistemas inteligentes de transporte, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental. Estos ejes comprenden acciones como el fomento de la bicicleta como medio de transporte individual y ecológico, la implementación de tecnologías de información y comunicación para mejorar la eficiencia y seguridad del transporte público y privado, la adaptación de la infraestructura y los servicios para facilitar el acceso a las personas con discapacidad y movilidad reducida. Así mismo, dentro del plan de desarrollo se proponen medidas para optimizar el uso del espacio público, regular el estacionamiento en vía pública, establecer tarifas diferenciales para los usuarios más vulnerables, combatir la ilegalidad e informalidad en el sector transporte y actualizar el plan de movilidad de la ciudad.

4.2 Tecnologías Semafóricas

La creación de los semáforos se dio en Londres por el ingeniero John Peake Knight, quien realizó la primera instalación en las afueras del parlamento en Londres con el fin de mejorar la circulación, partiendo de cómo se realizaba el control de los trenes, se ideó la manera de crear este sistema que indicaba con dos brazos si se debía avanzar o detener.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Uno de los más grandes saltos en cuanto a el control de los semáforos se dio en 1912, ya que Lester Wire un policía de Salt Lake city creó un semáforo eléctrico que contaba con los dos colores, a pesar de que él fue el desarrollador de la idea y creador de este sistema, quien finalmente termino por patentar este diseño fue William Ghiglieri en el año 1917. (INFOBAE, 2017)

Con el tiempo y al identificar la necesidad de sincronizar los tiempos de los semáforos se incluyó un “timer” que permitiera reducir los índices de accidentalidad en las intersecciones viales, en 1936 Charles Marshall adicionó una señal que indicaba el tiempo que faltaba para hacer el cambio de Verde a Rojo o Rojo a Verde. (NOATEC, 2022)

Más adelante, con el surgimiento de nuevos componentes y tecnologías, la evolución de los semáforos también ha venido atendiendo las necesidades de cada época, actualmente se conoce como “los Semáforos inteligentes”, considerando que no sólo funcionan con señales, o timers para el cambio de sus estados, actualmente estos semáforos son gestionados desde un centro de control con un software especializado, compuesto por diferentes algoritmos específicos para atender las necesidades de la ciudad en la cual está instalado el equipo.

En resumen, los semáforos han pasado por 4 momentos que ha marcado su evolución, su primer diseño que operaba de forma manual, luego, el funcionamiento de interruptores automáticos que cambiaban de color dependiendo del timer que finalizaba su periodo de operación, Posterior se implementó la posibilidad de que estos semáforos integraran otros sistemas complejos que permitieron que los cambios de estado fueran definidos por fechas, tiempos o tráfico observado. En la actualidad, estos son gestionados dinámicamente de tal manera que toma información de otros equipos o sistemas que sirven de input para su operación.

La proyección de las nuevas tecnologías está proyectada a implementar soluciones de monitoreo y control semafórico por medio de procesamiento de imágenes el cual se basa específicamente en la instalación de radares, o cámaras de video detección que permitan priorizar las vías con mayor flujo vehicular de esta manera descongestionar las vías principales y dándoles prioridad a estas. (Sosa Ramirez & Monterrey Cañas, 2020, pág. 23)

Dentro de las diferentes soluciones que actualmente atienden las necesidades de las grandes ciudades se encuentran empresas que ofrecen sus productos y servicios como:

4.2.1 SoluTraffic – Soluciones para la movilidad

Empresa colombiana orientada a brindar soluciones de movilidad urbana, con más de 20 años de trayectoria y experiencia en productos, componentes y soluciones para gestión en las ciudades. Dentro de sus actividades principales esta la fabricación suministro y mantenimiento de todos los sistemas tecnológicos de tráfico.

4.2.1.1 Centrales de Gestión y monitoreo de la movilidad

La solución de la central desarrollada por SoluTraffic atiende los desafíos que deben asumir todos los municipios, para poder brindar mayor eficiencia, capacidad en las vías y flujos de tráfico armonizados, con esta central que es administrada y operada desde el centro de operaciones o de manera portátil accediendo desde un entorno Web (SoluTraffic, 2022) se cuenta con características de operación como:

- Múltiples módulos para visualización de mapas, vistas tubulares estadísticas entre otros.
- Supervisar condiciones y dispositivos de toda la red del sistema.
- Detección inmediata de fallas
- Completo sistema de ayuda y documentación de usuarios.

4.2.2 TecnoTrans – Tecnología en control de transito

Empresa argentina dedicada al desarrollo innovación e integración de sistemas tecnológicos para el control y mejoramiento del tránsito y transporte de ciudades. (TecnoTrans, 2022) quienes cuentan con una solución de monitoreo y control de tránsito, que permite el monitoreo en tiempo real para validación de estado operacional de los controladores de tránsito. Además, el sistema está diseñado como una aplicación multiplataforma lo que permite que desde cualquier dispositivo con un navegador web que se encuentre dentro de la red interna del proyecto se pueda conectar a los equipos.

Esta solución fue implementada a partir de un trabajo de investigación realizado en la universidad Autónoma de occidente. Como se menciona en este trabajo de investigación, el objetivo es desarrollar un sistema de monitoreo que genere un impacto de eficiencia en el uso del

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

sistema propio de la compañía. (Sosa Ramirez & Monterrey Cañas, 2020) Lo que los llevo a tener como producto de monitoreo y control de tránsito propio para los controladores ECO-COVA y que actualmente es un producto de la empresa, que cuenta con:

- Edición de equipos
- Recepción de planes de tiempo
- Procesos de monitoreo
- Estado de conexión
- Emergencia remota
- Imposición de planes y habilitación de semana automática
- Parámetros de controlador en tiempo real.

4.2.3 SICE

Sociedad Ibérica de construcciones Eléctricas S.A (SICE) es una empresa multinacional integradora de tecnologías en el campo de tráfico y transporte, está enfocada en la prestación de servicios mediante la integración de diferentes tecnologías mediante sistemas propios o terceros, siempre en búsqueda de la mejor solución.

Esta empresa cuenta con capacidad de brindar servicios en cualquier fase de un proyecto, como el asesoramiento, ingeniería, el suministro, instalación puesta en servicio y claro todo el periodo de mantenimiento y operación.

Dentro de su portafolio de soluciones, para el tráfico urbano tienen el sistema ADIMOT, la cual es una herramienta integral de gestión inteligente de la movilidad. El sistema permite la gestión centralizada de las ciudades, la integración de la operación de diversos sistemas como: detección de infracciones, controles de acceso, priorización de transporte público entre otros. (SICE, 2022)

Dentro de las funcionalidades básicas del sistema se tiene:

- Mapa de geoposicionamiento de intersecciones
- Gestión de capas
- Configuración del sistema
- Soporte en múltiples idiomas

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

- Generación de informes
- Visualización en tiempo real de alarmas, estado de los equipos e intensidad de accesos a un cruce

4.2.4 Swarco

Desde 1969, *Swarco* ha sido una compañía que trabaja todos los días en diferentes lugares del planeta con sus productos, sistemas, servicios y soluciones más convenientes para que las personas se desplazan de la manera más eficiente. (SWARCO, 2023) Es por esto que dentro de las soluciones que ofrece *Swarco* se encuentra la central semafórica SWARCO X-LINE, basándose en las tecnologías emergentes como el internet de las cosas, se abren diferentes alternativas para la gestión del tráfico, permitiendo que la prevención sustituya la reparación de los dispositivos de semaforización, de igual manera, los ahorros energéticos basándose en la filosofía que “La interfaz electrónica permite una reducción dramática en la pérdida de potencia a 1 o 2 W, lo que resulta en un aumento en la eficiencia energética.” (SWARCO, 2023)

Con esta solución *Swarco* tiene funcionalidades tales como:

- Pensar más en el control de intersecciones
- Modernización sin atascos
- La prevención sustituye a la reparación
- Interfaces abiertas para una integración sin problemas
- Aumento del nivel de seguridad y del tiempo de funcionamiento

4.2.5 Yunex Traffic

Yunex Traffic cuenta con un portafolio integral de soluciones orientado a la gestión de tráfico y transporte incursionando en los dos ámbitos de la movilidad, Urbano e interurbano con soluciones especializadas para estos dos entornos, permitiendo a las ciudades, a los ciudadanos y a los proveedores de movilidad hacer el tráfico más inteligente. Esto orientado siempre a la mejorará constante de la seguridad vial y reducción del impacto medioambiental. (YunexTraffic, 2022)

En la actualidad las ciudades son cada vez más grandes y complejas. Por eso se necesita infraestructuras y soluciones de transporte sostenibles y con visión de futuro que permitan desplazarse con eficiencia. Por lo anterior, Yunex Traffic tiene un portafolio que respalda toda la

filosofía de mejora de tráfico y transporte a nivel urbano e interurbano. Estas soluciones enfocadas específicamente a nivel urbano que controlen o monitoreen los sistemas semafóricos, con lo cual Yunex Traffic presenta su alternativa de solución más reciente que garantiza la gestión del tráfico de forma inteligente llamada FUSION.

4.2.5.1 FUSION: Gestione el tráfico de forma inteligente y en tiempo real

La propuesta de valor de Yunex Traffic es llevar el control y monitoreo de tráfico a un nivel adaptativo, con el fin de optimizar la red vial de cualquier ciudad, o municipio. Siempre en pro de la seguridad vial y el incremento en la calidad de vida de los usuarios en las carreteras.

Sitraffic FUSION es una sistema totalmente nuevo e implementado por la empresa para realizar el control adaptativo inteligente, utilizando los datos de diferentes equipos que están conectados al sistema, orientados a la toma de decisiones para controlar y optimizar la red de carreteras y la infraestructura de transporte. (YunexTraffic, 2022)

4.3 Tecnologías por implementar

4.3.1 Software como concepto (Mockup)

En la actualidad el software ha tomado un rol importante debido a que se encuentra inmerso en todos los aspectos de la vida del ser humano, partiendo desde el uso de los teléfonos móviles hasta los sistemas de transporte, sistemas bancarios y dispositivos médicos. Su impacto ha sido tal que ha logrado la automatización de diferentes tareas y procesos, aumentando la eficiencia y reduciendo los errores. El software ha venido evolucionado, adaptándose a las diferentes necesidades de los usuarios, además de mantenerse actualizado con las demandas del mercado.

¿Como se menciona en el artículo, what are the Characteristics of software in software engineering? “En general, el software es una colección de códigos de programación, procedimientos, reglas, documentos y datos que realizan una tarea y cumplen con un requisito particular.” (Scaler Academy, 2022) Otro término para referirse a esto es “toda la información procesada por los sistemas informáticos” (López., 2021)

El software se puede clasificar de acuerdo con diferentes criterios, según su plataforma, su licencia, su nivel de programación, entre otros. A continuación, se expondrá su clasificación en tres grandes grupos de acuerdo con su funcionalidad:

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

- **Software de Sistema:** Se encarga de proporcionar una interfaz entre el usuario y el hardware de la computadora, permitiendo que los programas puedan funcionar sin tener que preocuparse por los detalles específicos del hardware. Su principal objetivo es aislar al usuario y al programador de los detalles técnicos del sistema informático, como la gestión de memoria, discos, dispositivos de comunicación, impresoras, pantallas, teclados, entre otros. (López., 2021, pág. 3)
- **Software de programación** Son las herramientas que permiten al desarrollador crear programas informáticos, empleando diferentes tipos de lenguajes y alternativas. Por ejemplo, los compiladores, depuradores, interpretes, entornos de desarrollos integrados (IDE) (López., 2021, pág. 3)
- **Software de aplicaciones:** Su principal función es realizar y automatizar uno o varios procesos sobre tareas específicas en diversos ámbitos, abarca una amplia gama para cada necesidad. (López., 2021, pág. 3).

Para que el software sea de alta calidad debe cumplir con ciertas características que garanticen su eficiencia y eficacia en el desarrollo de tareas de acuerdo con el propósito de su diseño.

Algunas características son:

- **Funcionalidad:** Se refiere a la capacidad que tiene el software de realizar y funcionar de acuerdo con las especificaciones de su diseño, estas especificaciones van de acuerdo con las necesidades que tiene el usuario final. (Scaler Academy, 2022)
- **Usabilidad:** Aprender cómo usar un software debe requerir menos esfuerzo y tiempo, esto es importante debido a que se genera una experiencia positiva al usuario final, un distintivo importante de que un software está bien desarrollado es su interfaz de usuario. Entre menos los usuarios tengas problemas para navegar y utilizar sus funcionalidades, más probable que sea notado y se genera fiabilidad. (Scaler Academy, 2022)
- **Eficiencia:** Se refiere a la habilidad del software para usar los recursos humanos y del sistema de la manera más efectiva posible. Hoy en día el mercado está lleno de productos que atienden diferentes necesidades, pero sólo unos pocos son lo

suficientemente eficientes como para brindar un beneficio al usuario final. (Scaler Academy, 2022)

- **Flexibilidad:** Es la capacidad del software para adaptarse a cambios potenciales o futuros en sus requerimientos. Es de vital importancia estar actualizado con los mercados, las tecnologías y necesidades de los clientes para así planificar y diseñar un software que pueda ser escalable y adaptable hacia el futuro. (Scaler Academy, 2022)
- **Fiabilidad:** Describe la probabilidad de que el software opere sin fallar ni bajar su nivel de rendimiento durante un rango de tiempo bajo ciertas condiciones. (Scaler Academy, 2022)
- **Portabilidad:** Se refiere a la capacidad de utilizar el software en diferentes entornos, sin que afecte su rendimiento y operación. Cabe resaltar que la ejecución debe ser de la manera más simple sin necesidad de realizar modificaciones significativas. (Scaler Academy, 2022)
- **Integridad:** Es la capacidad del software de funcionar de manera confiable y consistente, manteniendo la precisión, la integridad de los datos y la información que procesa y almacena. el software no debe permitir cambios no autorizados o modificaciones que puedan comprometer la seguridad o el correcto funcionamiento del programa. (Scaler Academy, 2022)

4.3.2 Metodologías para Desarrollo de software

Con base en el artículo elaborado por GooAps se considera que:

“Una metodología de desarrollo de software es un marco de trabajo (framework) utilizado para estructurar, planificar y controlar el proceso de desarrollo de un software de manera eficiente. Tiene por objetivo establecer un enfoque sistemático en el desarrollo informático”. (Las 5 Metodologías de desarrollo de software, 2022)

Son una base necesaria para la realización de cualquier software. Para decidir cuál es la mejor opción se debe tener en cuenta las necesidades y los requisitos a cumplir.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Existen diferentes metodologías de software, cada una con sus propias características, ventajas y desventajas. Algunas de las metodologías más utilizadas son:

4.3.2.1 Cascada

Es una de las metodologías más clásicas y simples, su desarrollo es lineal y se divide en 6 fases:

- Requerimientos
- Diseño de sistema
- Implementación
- Integración y pruebas
- Despliegue
- Mantenimiento

Algunas ventajas son:

- Su proceso lineal hace fácil entender cómo se debe ejecutar
- Se manejan tiempos y plazos fijos
- Antes de iniciar el proyecto se determinan entregas

Inconvenientes:

- Las pruebas se realizan al final del proceso, lo que dificulta solucionar algunos problemas que se presenten
- Es muy inflexible a los cambios en procesos de desarrollo
- Se focaliza mucho más en la documentación que en proporcionar soluciones

4.3.2.2 Agile

Es una de las más populares en la actualidad, se centra en satisfacer a el usuario final en lugar de centrarse en seguir un proceso o la documentación. Su fundamentación es la división de tareas mediante *Sprints* de tiempo que suelen durar de 1 a 3 semanas, además se caracteriza por la implicación de diferentes pruebas a lo largo del proceso de desarrollo, con participación del cliente y usuarios, para así, recoger los comentarios y la retroalimentación e implementar estos cambios.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

4.3.2.2.1 *Ventajas:*

- Es muy flexible en cuestión de cambios, se gestionan e implementan fácilmente sin mayores modificaciones
- La comunicación entre los miembros del equipo es mucho mayor
- El producto desarrollado se despliega con mejor calidad debido a proceso iterativo de prueba y ajuste

4.3.2.2.2 *Desventajas*

- El desarrollo del software puede gastar más tiempo de lo habitual debido a la constante realimentación con el cliente
- La documentación no es relevante, lo que puede conllevar a un problema en implementaciones y desarrollo posteriores
- Los tiempos y plazos son cambiantes, lo que puede alargar la durabilidad del proyecto.

4.3.2.3 ***Metodología rápida de desarrollo (RAD)***

Su principal foco es realizar iteraciones y lanzamientos rápidos de prototipos, el fundamento de esta metodología es obtener resultados finales en el menor tiempo posible sin afectar su calidad, y así recolectar e implementar comentarios del usuario final.

4.3.2.3.1 *Ventajas:*

- Ideal para desarrollos pequeños y medianos
- Minimización de riesgos gracias a la retroalimentación constante de los clientes
- Se reduce el tiempo de despliegue

4.3.2.3.2 *Inconvenientes:*

- Falta de documentación para desarrollos futuros
- Costes de desarrollo muy elevados
- Alta dependencia con el cliente

4.3.3 **Arquitecturas y patrones de diseño de Software**

Al hablar de la arquitectura de software, se refiere la estructura que este debe tener y a la forma en que sus componentes se comunican entre sí para lograr un conjunto de objetivos, (Zúñiga, 2020). Asimismo, la arquitectura debe cumplir con ciertos atributos de calidad como la

disponibilidad, seguridad, desempeño, modificabilidad, entre otros (Careaga, 2015). Estos atributos son primordiales para garantizar que la arquitectura sea capaz de manejar los requerimientos actuales y futuros del sistema, así como también para proteger la información y los recursos de este.

Existen diferentes tipos de arquitecturas de software, algunas más comunes son

4.3.3.1 Arquitectura de capas:

Es utilizado en software que se pueden descomponer en grupos de subtarear, las cuales se dividen en capas lógicas que se comunican entre sí a través de interfaces. Las capas más comunes encontradas en sistemas de información son:

- Capa de presentación o también conocida como de interfaz gráfica
- Capa de aplicación
- Capa de lógica de negocios
- Capa de acceso a datos.

4.3.3.2 Arquitectura cliente – servidor

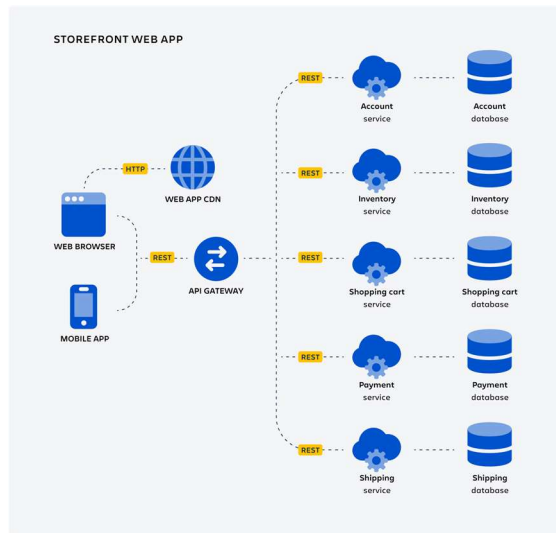
Se divide en 2 partes, un cliente el cual utiliza el usuario para interactuar con la aplicación, este componente tiene como función presentar la información y enviarla hacia el servidor. El servidor es el encargado de procesar los datos solicitados de los clientes y devolver la información requerida. (huaman, 2018)

4.3.3.3 Arquitectura de microservicios

Se caracteriza por la división del sistema en servicios independientes que se comunican entre sí a través de interfaces, cada servicio es una funcionalidad y se escala e implementa de forma independiente.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Figura 6 Arquitectura de microservicios



Tomado de: (Harris, 2020)

Además de estas arquitecturas, existen patrones de arquitectura de software. Los patrones son básicamente soluciones generales para resolver problemas de diseño de software, (Simões, 2022) Son útiles a la hora de ahorrar tiempo en la búsqueda de esta solución, validar la lógica del código fuente del software y, por último, se crea un lenguaje común para el grupo de desarrollo. (Patrones de diseño software: Repaso completo en 10 minutos [Video], 2020)

Existen varios tipos de patrones de diseño en el software, que en su mayoría están aplicados al concepto de programación orientada a objetos y también, va dependiendo en función al tipo de problema que resuelven. Se dividen en 3 grandes grupos

4.3.3.4 *Patrones Creacionales*

Simplifican la creación de objetos, aumentando su flexibilidad y reutilización de código fuente, (Shvets, 2022) Algunos ejemplos de patrones de este tipo son: Abstract factory, Factory Method, Builder, Singleton. (Simões, 2022)

4.3.3.5 *Patrones estructurales:*

Se centran en cómo se componen objetos para formar estructuras más grandes, en otras palabras, es la forma en que dos objetos se pueden relacionar. Algunos ejemplos son: Adapter, Bridge, Composite. (Simões, 2022)

4.3.3.6 *Patrones de comportamiento:*

Se caracterizan por gestionar algoritmos, brindar una comunicación efectiva entre objetos. Algunos patrones son: Interpreter, Command, Iterator. (Leiva, 2016)

4.3.4 **Mockup como herramienta para diseño de software**

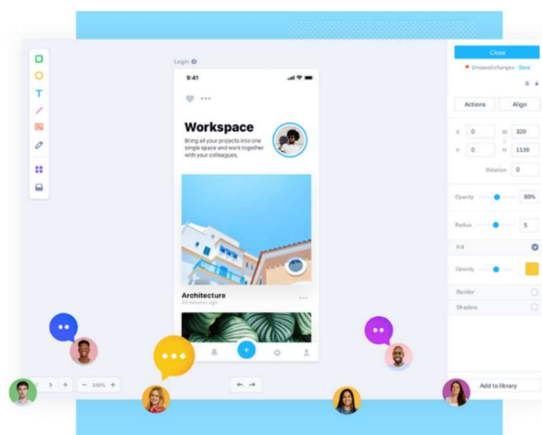
Mockup es un borrador visual y estático de una interfaz de usuario de un software, muestra la manera en cómo se visualizará, además de dar una idea de la experiencia de usuario antes de su construcción real. (Dobulbekova, 2021) Muestran toda la gama de elementos gráficos de la aplicación, que incluyen:

- Contenido
- Logos
- Tipografía
- Navegación
- Imágenes

Una de las principales ventajas a la hora de desarrollar mockups en el proceso de diseño de software es la identificación de posibles errores antes de entrar en el proceso de desarrollo, además de minimizar el riesgo de rediseño. (wiki Seobility, s.f.)

MarvelApp es una de las plataformas que permite la generación de estos diseños de forma fácil y rápida, como se muestra en la Figura 7; Marvel App Diseñador de MockUP.

Figura 7; Marvel App Diseñador de MockUP



Tomado de: (MarvelApp, 2023)

5. MARCO INSTITUCIONAL

5.1 Información Corporativa de la empresa

YunnexTraffic se caracteriza por ser líder mundial en sistemas de tráfico inteligentes, ofrece un amplio portafolio de soluciones de extremo a extremo para el control y la gestión del tráfico adaptable, la automatización de autopistas y túneles, y soluciones inteligentes para V2X y sistemas de peaje. Establecida y desarrollada bajo el respaldo de las competencias de Siemens, dotada de conocimientos técnicos líderes en el mercado y muchos años de experiencia en proyectos de infraestructuras. (YunexTraffic, 2022)

5.2 Enfoque Empresarial

Mission Vision and Purpose - Smart Traffic. Safe Traffic. Green Traffic. Yunex Traffic

Como portafolio integral de soluciones de gestión inteligente del tráfico, YunnexTraffic permite que las ciudades, las autoridades viales y los proveedores de movilidad hagan que las redes de carreteras sean inteligentes. Esto mejorará la seguridad vial y reducirá el impacto medioambiental. (YunexTraffic, 2022)

Por esa razón, la empresa se rige por cuatro objetivos en todo lo que hace:

Figura 8; Enfoque Empresarial Yunex Traffic



Tomado de: (Yunex Traffic UK, 2020)

5.2.1 Hacer que las ciudades sean más habitables.

La vida urbana se considera el estilo de vida predominante del futuro. Sin embargo, en la actualidad, las ciudades enfrentan grandes desafíos debido a la escasez de recursos, barreras institucionales, bloqueos en las infraestructuras, congestión y otros problemas. Para abordar estos desafíos, se han desarrollado soluciones de tráfico inteligentes que mantienen las redes de transporte de las ciudades en movimiento y mejoran la calidad de vida de los ciudadanos que residen en ellas. (YunexTraffic, 2022)

5.2.2 Mejorar la seguridad

La seguridad vial es una preocupación mundial, ya que cada año mueren más de 1,35 millones de personas en accidentes de tráfico en todo el mundo, y hasta 50 millones de usuarios de carreteras resultan lesionados. A pesar de los millones de semáforos, los estacionamientos y los puntos ciegos, las intersecciones siguen siendo zonas de peligro en el centro de las ciudades, donde los ciclistas, los niños y los ancianos corren un alto riesgo de sufrir accidentes. Para abordar esta problemática, se han desarrollado soluciones que utilizan tecnología de vanguardia para ayudar a reducir los accidentes, de manera que las estrategias de movilidad protejan la vida y la salud de todos, especialmente de los usuarios más vulnerables de la carretera. (YunexTraffic, 2022)

5.2.3 GoGreen Company

YunnexTraffic asume su responsabilidad de contribuir activamente a hacer del mundo un lugar mejor. Por lo tanto, se compromete con un marco integral de ESG (Environmental - Social - Governance) y desarrolla medidas internas para garantizar la sostenibilidad de sus operaciones.

5.2.4 Actuar para hacer del mundo un mejor lugar

En el ámbito de la movilidad, el cambio está en pleno apogeo. YunnexTraffic permite que las ciudades, las autoridades viales y los operadores de movilidad hagan que las redes de carreteras y las flotas sean inteligentes, mejoren la seguridad y aumenten la sostenibilidad. Sus soluciones aportan un nuevo nivel de seguridad a las redes de transporte, ayudando a salvar vidas y cuidando del planeta. (YunexTraffic, 2022)

5.3 Unidades de Negocio

5.3.1 Urban

En la implementación de soluciones de tráfico urbano, los sistemas de la empresa supervisan y controlan diferentes tipos de tráfico, incluyendo intersecciones inteligentes, soluciones integradas para bicicletas, priorización de la aplicación del transporte público, detección inteligente y zonas de aire limpio. Estas soluciones ayudan a evitar atascos, mejoran la seguridad y la fluidez del tráfico, reducen los tiempos de viaje y la contaminación ambiental.

Dentro de las principales características de la unidad de negocios se tienen las siguientes:

- Sistema de semáforos para Bogotá (SSI)
- Solución de control centralizado (Scala) con algoritmo adaptativo
- Solución de tráfico accionada, sensible y adaptativa
- Herramientas de software de planificación, simulación y mantenimiento del tráfico
- Más de 1.000 controladores OCIT
- Cámaras de video detección
- Postes
- Módulos LED
- Semáforos
- Complementos e Intersecciones

5.3.2 Interurban y Peajes

Las soluciones de monitoreo y control inteligente ofrecidas por la compañía proporcionan una base modular y altamente compatible para la gestión de tráfico de carretera, la automatización de túneles y autopistas, y pueden ser utilizadas en aplicaciones regionales, municipales, nacionales e internacionales.

5.3.2.1 *Sistemas implementados*

Sistemas integrados a los sistemas principales como SCADA y SICC. (Yunex Traffic, 2021)

- Sistema de Comunicaciones por Fibra Óptica
- CCTV
- Magnetómetro (Dispositivo de conteo de vehículos)

- Módem WiFi Bluetooth (Cálculo de velocidad media en carretera)
- Sistema Ups
- Sistema de paneles de mensaje variable
- Estación meteorológica
- Sistema de iluminación
- Teléfonos SOS
- Detector de altura
- ETD: Estación de recogida de datos
- Sistema de radiocomunicaciones
- Sistema fotovoltaico

6. METODOLOGÍA

6.1 Enfoque, Alcance y diseño de investigación

Este proyecto de investigación contempla un enfoque mixto, teniendo en cuenta que se realizará recolección y análisis subjetivo de datos y variables cualitativas. En una primera fase se recopilarán las variables independientes a ser evaluadas cualitativamente, las cuales son los requerimientos para realizar el diseño de la central semafórica y contrastando las características de las diferentes posibilidades en cada uno de los parámetros. La evaluación de las diferentes variables se realizará mediante revisión y análisis documental, que contrastado con las opiniones de especialistas en el desarrollo de software y especialistas en centrales semafóricas se tomará una decisión de cual variable será la óptima para la ejecución de este proyecto. En paralelo, se realizarán solicitudes de precio (*Request For Quotation*) buscando en el mercado los costos de estas alternativas en cada variable las cuales tomaran un papel fundamental dado que el objetivo de esta investigación es poder desarrollar el diseño de una herramienta *lowcost*.

De este modo, se realizará un estudio objetivo sobre la variable dependiente cuantitativa como lo es el costo total del prototipo diseñado, recopilando los valores encontrados dentro del análisis anterior sobre cada una de las variables independientes, teniendo en cuenta tanto la valoración cualitativa de la conveniencia del uso de cualquiera de sus alternativas de acuerdo con su funcionalidad y propósito, como el costo de implementarlas dentro del proyecto. De esta forma,

se permitirá hacer inferencias producto de la información recolectada. (Hernandez Sampieri, Fernandez Coyado , & Baptista Lucio, 2014)

De acuerdo con (Arevalo Sanchez, y otros, 2020, pág. 153), el diseño de la investigación para este proyecto se califica como exploratorio secuencial, el cual es definido como “un arreglo en el cual se despliega en primer lugar el método cualitativo y posteriormente el método cuantitativo. Los hallazgos cualitativos generan la base para el despliegue de la fase cuantitativa”. Como se ha indicado anteriormente, se cuenta con una serie de variables independientes con las cuales se realizará un análisis y evaluación cualitativa para escoger la solución más adecuada y funcional para abordar la variable dependiente de las alternativas escogidas en cada variable la cual será el Costo total del diseño planteado.

6.2 Definición de Variables

En la siguiente tabla se presenta una lista detallada y organizada de las variables independientes técnicas relevantes necesarias para la identificación y análisis de los factores críticos que influyen en el diseño del sistema. Esta tabla incluye las variables, su concepto y su definición operacional. El concepto se refiere a su significado desde la perspectiva teórica que representa esta variable. La definición operacional consiste en describir las unidades de media, los pasos u operaciones que se realizarán con la variable en cuestión. (Sánchez Castellanos & Mejía Corredor, 2021)

Tabla 1; Definición de variables

Variable	Concepto	Definición Operacional
Arquitectura de software	Estructura y organización general del software, incluye la selección de los componentes y tecnologías.	Permite definir los componentes y herramientas que se usaran para el sistema de monitoreo semafórico, su entorno de consumo y ejecución.
Lenguaje de programación	Conjunto de instrucciones que se utilizan para	Las reglas, gramática y semántica que el equipo de desarrollo seguirá

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Variable	Concepto	Definición Operacional
	comunicarse con la computadora y desarrollar software	para escribir el código del sistema de monitoreo semafórico, teniendo en cuenta que se pueden usar uno o varios de acuerdo con la arquitectura a implementar alineada con la lógica del negocio.
Framework por usar	Conjuntos de herramientas que se utilizan para facilitar el desarrollo de software	Grupo de herramientas que se usan en cada módulo del sistema de monitoreo semafórico el cual facilitará agregar funcionalidades, algunos ejemplos son librerías para la comunicación entre los controladores y la base de datos.
Motor BD	Sistemas de almacenamiento y gestión de datos	Modulo del software donde se almacenarán los datos de los controladores y del sistema de monitoreo semafórico para su gestión, y generación de información histórica.
Plataforma donde se ejecutará el software	Es el entorno donde el usuario final va a utilizar el sistema de monitoreo semafórico (página web, smartphone, stand-alone, etc.)	El entorno de despliegue para el para el sistema de monitoreo semafórico que permitirá ser un sistema robusto escalable y flexible.
Servicio de nube	Servicios que se utilizan para alojar software en línea, los	Servicios en internet donde se ejecutará el sistema de monitoreo

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Variable	Concepto	Definición Operacional
	cuales proporcionan una serie de prestaciones adicionales, como almacenamiento, seguridad, análisis, entre otros.	semafórico en base a la arquitectura diseñada.
Herramientas de integración continua	Herramientas de automatización que se utilizan para compilar, probar y entregar software de forma continua.	Herramientas que se usaran en la fase de desarrollo del sistema de monitoreo semafórico para que el código fuente sea más eficiente y a prueba de errores, algunas son Gitlab, Jenkins, entre otros.
Equipo de control en vía	Dispositivo de recolección de señales y/o análogas	Dispositivo que se encargará de la recolección de señales de los controladores semafóricos para trasmitirla hacia el sistema de monitoreo semafórico mediante un protocolo de comunicación abierto.
Telecomunicaciones	Medio fisico y equipos de comunicación para interconectar 2 o más puntos.	Medio fisico y equipos que se utilizaran para comunicar el sistema de monitoreo semafórico con los equipos de control en vía.

6.3 Población Y Muestra

Para la recolección de la información se opta por la selección de muestreo por conveniencia con el fin de segmentar los conocimientos específicos de las áreas de interés, en este caso se han

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

elegido expertos en desarrollo de software con enfoque en desarrollo web, en sistemas de control (PLC), y expertos en sistemas de gestión y monitoreo semafórico.

La selección del perfil de desarrollo web permite a la investigación asegurar que la plataforma se diseñe con los parámetros mínimos necesarios para ser construida de manera efectiva y profesional. Estos cuentan con la experiencia y habilidades suficientes para orientar a los investigadores a realizar un diseño atractivo, intuitivo y fácil de usar para los usuarios finales. Además, pueden aportar ideas para que el diseño de la plataforma este proyectado a ser escalable con un excelente rendimiento y estándares de seguridad.

Con las entrevistas se busca que los desarrolladores puedan ayudar a determinar los requisitos técnicos y funcionales con los cuales debe contar la plataforma, incluyendo la elección de lenguajes de programación y tecnologías de servidor, bases de datos y otros sistemas de soporte. Además, pueden ayudar a garantizar que la plataforma pueda ser compatible con múltiples dispositivos y navegadores, incluyendo computadoras de escritorio, portátiles, tabletas y dispositivos móviles. Esto permite que la plataforma sea accesible para una audiencia más amplia y mejora la experiencia del usuario final.

Luego de contar con la información referente a la interfaz web del sistema, se pretende obtener información propia del controlador de señales por lo cual se ha seleccionado personal experto en sistemas de control ya que para diseñar este tipo de sistemas sofisticados que pueden mejorar la eficiencia e integridad del sistema de monitoreo semafórico. Además, pueden considerar las diferentes condiciones del tráfico, como la hora del día y los eventos especiales, y ajustar el sistema en consecuencia. En resumen, los expertos en sistemas de control pueden garantizar que el sistema de semaforización sea preciso, eficiente e integro.

Teniendo en cuenta que se desea recolectar información desde todas las perspectivas técnicas de la investigación es necesario contar con el punto de vista de los expertos en sistemas de monitoreo y gestión de tráfico. El conocimiento y experiencia de estos perfiles se hace necesario para analizar, diseñar y optimizar el funcionamiento de los sistemas de semáforos. Un buen equipo de expertos ayudará a identificar problemas en el sistema de monitoreo semafórico y proponer soluciones a este. Además, los expertos en semaforización pueden estar al tanto de las

últimas tendencias y tecnologías en el campo, lo que podría aportar valor a la investigación y dar lugar a recomendaciones innovadoras y útiles.

6.4 Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

La selección de los métodos o instrumentos de recolección de información es un aspecto crucial en cualquier investigación. La elección de un método adecuado es esencial para obtener datos precisos y confiables, lo que permitirá tomar decisiones informadas, precisas y con bases sólidas. En la presente investigación se seleccionan los siguientes métodos de recolección de información.

6.4.1 Entrevista

El objetivo principal de la entrevista es recopilar información detallada y específica sobre las experiencias, conocimientos, lecciones aprendidas y percepciones sobre los dos temas esenciales en la presente investigación, los cuales son, desarrollo de software y sistemas de monitoreo semafórico.

La entrevista brinda la posibilidad de obtener datos detallados y de alta calidad, los cuales no se puede obtener a través de otros métodos, es por esto por lo que se decide fortalecer la recolección de la información con las otras dos opciones seleccionadas con el fin de contrastar los datos recolectados y mitigar los sesgos de los entrevistados.

6.4.2 La revisión de documentos o análisis documental

Con el fin de contrastar la información recolectada en las entrevistas se realiza la revisión de documentos de investigación ya que este método de recolección se utiliza para obtener datos y conocimientos a partir de documentos escritos o grabados.

El análisis documental implica la revisión de diversos tipos de documentos, como informes, artículos de investigación, libros, entre otros. El objetivo principal de este método es extraer información específica que se necesita para reconfirmar la toma de decisiones en la presente investigación.

6.4.3 Focus Group

El *focus group* es un método de recolección de información que consiste en reunir a un grupo de personas expertas en los temas de interés de la presente investigación. El objetivo principal

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

de este *focus group* es obtener información detallada y en profundidad sobre las percepciones, de los expertos involucrados, con el fin de revalidar la información de la recolección mediante las entrevistas y la revisión documental.

Durante el *focus group*, uno de los investigadores será el moderador quien guiará la discusión haciendo preguntas abiertas y específicas para estimular la conversación y obtener información deseada. Los participantes también pueden hacer preguntas y responder a las opiniones y percepciones de otros miembros del grupo. El *focus group* planeado para la investigación durará una hora y media tiempo máximo para poder analizar posteriormente la conversación.

6.5 Técnicas y análisis de datos

El análisis de datos en investigación es un proceso fundamental para entender la información recopilada en una investigación. El objetivo del análisis de datos en la presente investigación es conocer y entender los aspectos técnicos y funcionales de los sistemas de monitoreo semafórico con el fin de mejorar la toma de decisiones de manera informada y llegar a conclusiones verídicas.

A continuación, se indican las técnicas utilizadas para el análisis de la información en esta investigación

Tabla 2; Selección de método

Instrumento de recolección	Técnica de análisis	Descripción
Entrevista	Análisis del discurso	Esta técnica de recolección de información involucra al investigador y a un experto en el área, ya sea técnica aplicada al sistema de monitoreo semafórico o un <i>stakeholder</i> con experiencia en el área de contratación pública que permita conocer la posición desde las ciudades emergentes a la hora de

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Instrumento de recolección	Técnica de análisis	Descripción
		<p>la adquisición de sistemas que se implementaran en ellas.</p> <p>Mediante el análisis del discurso como una herramienta de análisis cualitativo. Se pretende analizar las respuestas dadas en la sesión por cada experto entrevistado, centrandó la atención en las categorías más relevantes del tema en cuestión como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Justificación del Problema - descripción del estado actual de las ciudades emergentes en el ámbito de movilidad. - La identificación de los actores involucrados (<i>stakeholder</i>), - aspectos económicos y políticos - las expectativas acerca de los requerimientos técnicos y funcionalidades del sistema - Identificar la posición del gobierno y del Estado. - Tratando de obtener información desde todos los puntos de vista.
<p>La revisión de documentos o</p>	<p>Teoría fundamentada</p>	<p>Con este método se quiere realizar una investigación que permita a los investigadores</p>

Instrumento de recolección	Técnica de análisis	Descripción
<p>análisis documental</p>		<p>generar nuevo conocimiento, tal como lo mencionan (Soãres de Lima, y otros, 2009) en su artículo (La Teoría Fundamentada en Datos. Un camino a la investigación en enfermería) “la generación de teorías a partir de los datos investigados, analizados y comparados de forma sistemática y simultánea.”</p> <p>El uso de este instrumento de recolección de datos e información ofrece herramientas para explorar diferentes experiencias entre investigadores, enfatizando la generación de nuevos conocimientos, incrementando la comprensión y ofreciendo una orientación para llevar a cabo la investigación.</p>
<p>Focus Group</p>	<p>Análisis del discurso</p>	<p>Este instrumento se debe llevar a cabo de manera precisa con el objetivo claro de que información es la que se requiere obtener para lograr los resultados deseados, Es por esto por lo que los investigadores deben estar orientado y encaminando la sesión, para que no tomen camino diferente al deseado.</p> <p>Para ello se necesita también que participen activamente, a fin de que se aclare toda la información necesaria, por ejemplo, aspectos técnicos, sociales, políticos y culturales que se deban tener en cuenta en la presente investigación.</p>

7. ANÁLISIS

Con el fin de identificar y determinar la necesidades de las ciudades emergentes, se optó por realizar tres tipos de encuestas las cuales fueron divididas teniendo en cuentas los aspectos que impactaran con el diseño del sistema de monitoreo de tráfico, recopilando información de especialistas en tráfico y transporte para determinar las necesidades de las ciudades emergentes, en el segundo grupo se busca conocer de mano de los especialistas en desarrollo cuales herramientas serian la más viables para un sistema como el propuesto en el presente documento, y como tercer grupo se busca identificar el mejor componente hardware para comunicar y transmitir la información que alimenta el sistema de monitoreo de tráfico.

En el enfoque de las necesidades del tráfico y transporte para las ciudades emergentes, los especialistas colocan a disposición su experiencia y conocimientos especializados ya que son fundamentales para clasificar los requerimientos funcionales y no funcionales de este sistema, con el objetivo de identificar las principales tendencias, desafíos y funcionalidades a las cuales el sistema deberá estar proyectado para la etapa de desarrollo y actualizaciones

7.1 Entrevistas Necesidad Ciudades Emergentes

¿Cuáles son las necesidades de tráfico de una ciudad emergente?

La motivación para realizar esta pregunta en las entrevistas está orientada a comprender los desafíos que enfrentan las ciudades emergentes en el ámbito del tráfico y la movilidad. A medida que las ciudades en desarrollo experimentan un rápido crecimiento y urbanización, se generan nuevos problemas y demandas en términos de transporte.

Investigar las necesidades de tráfico de una ciudad emergente permite obtener una visión clara de los problemas existentes y las áreas que requieren mejoras. Esto puede proporcionar información valiosa para diseñar del sistema que está orientado a la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad del sistema de monitoreo de tráfico y transporte.

Basándose en las respuestas proporcionadas por los entrevistados, se puede concluir que las necesidades de tráfico de una ciudad emergente se centran en varios aspectos clave. En primer lugar, es fundamental establecer una gestión eficiente del tráfico por un sistema que respalde su operación para garantizar un flujo continuo de vehículos y minimizar la congestión vehicular.

Además, se enfatiza la necesidad de reducir la contaminación, otra necesidad identificada es la interoperabilidad entre diferentes modos de transporte, como autobuses, trenes, bicicletas y peatones. Un buen sistema semafórico debidamente sincronizado es una necesidad fundamental para optimizar los tiempos de viaje y reducir la congestión en las horas pico. Esto puede mejorar significativamente la movilidad y la eficiencia del transporte en la ciudad emergente.

¿Qué factores contribuyen al problema del tráfico en las ciudades emergentes?

El propósito de realizar esta pregunta deriva de la necesidad de comprender y analizar los factores subyacentes que contribuyen al problema del tráfico en las ciudades emergentes. Teniendo en cuenta que las ciudades experimentan un rápido crecimiento demográfico y urbano, surgen desafíos significativos en términos de movilidad y congestión vehicular.

Apoyado en las respuestas proporcionadas por los entrevistados, se puede concluir que varios factores contribuyen al problema del tráfico en las ciudades emergentes. Estos factores incluyen la evaluación inadecuada de los ciclos de tránsito de vehículos, la falta de presupuesto público para invertir en infraestructura semafórica adecuada, la falta de vías y medios públicos de transporte, la mala sincronización de los semáforos y la falta de monitoreo y control de los equipos.

La evaluación insuficiente de los ciclos de tránsito de vehículos indica una falta de comprensión de los flujos de tráfico y las necesidades de la ciudad, lo que puede conducir a problemas de congestión. Además, la falta de inversión en infraestructura semafórica adecuada debido a la limitación de presupuesto público contribuye a una gestión deficiente del tráfico.

¿Qué soluciones en el mercado conoce para cubrir las necesidades de monitoreo semafórico en ciudades emergentes?

El propósito de esta pregunta en las entrevistas busca identificar y comprender las soluciones disponibles en el mercado para cubrir las necesidades de monitoreo semafórico en ciudades emergentes.

Investigar las soluciones existentes en el mercado brinda la oportunidad de explorar las innovaciones tecnológicas y las herramientas que pueden ayudar a mejorar la gestión del tráfico

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

en ciudades emergentes. Al conocer estas soluciones, se evalúa su viabilidad, eficacia y aplicabilidad en el contexto específico de las ciudades en desarrollo.

Tomando como referencia las respuestas proporcionadas por los entrevistados, se puede concluir que existen algunas soluciones en el mercado para cubrir las necesidades de monitoreo semafórico en ciudades emergentes, aunque se señala que hay limitaciones y falta de cumplimiento de objetivos en algunas soluciones locales.

Dentro de las respuestas mencionan que las soluciones existentes en el mercado no cubren adecuadamente este segmento de ciudades debido a los altos costos asociados. Sin embargo, se destaca que existen sistemas de gestión de tráfico con tecnología europea que podrían ser opciones viables, aunque no se proporcionan detalles adicionales sobre estas soluciones ni los proveedores que las comercialicen en Colombia.

¿En qué ciudad a nivel nacional y/o global están implementadas?

La motivación para abordar esta pregunta en el trabajo de investigación radica en la importancia de identificar y analizar las ciudades, a nivel nacional y/o global, donde se han implementado soluciones de monitoreo semafórico. Conocer los casos de éxito y las experiencias previas en otras ciudades proporciona información valiosa para comprender las mejores prácticas, los desafíos enfrentados y los resultados obtenidos en la implementación de dichas soluciones.

Con base en las respuestas dadas por los entrevistados, se puede concluir que existe una falta de conocimiento acerca de soluciones específicas implementadas a nivel nacional y/o global para el monitoreo semafórico en el segmento del mercado de ciudades emergentes. Sin embargo, se mencionan algunas implementaciones en grandes ciudades y se proporcionan ejemplos de sistemas de monitoreo en ciudades como San Andrés, Funza y Girón.

¿Son comparables las necesidades de una ciudad grande versus las necesidades de una ciudad emergente?

Esta pregunta busca identificar si las necesidades de una ciudad grande son comparables o diferentes de las necesidades de una ciudad emergente en términos de tráfico y transporte. Esta comparación es crucial para definir si vale la pena realizar un diseño de un sistema enfocado para

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

ciudades emergentes o la mejor alternativa es utilizar las mismas soluciones instaladas en grandes ciudades.

Teniendo en cuenta las respuestas proporcionadas por los entrevistados y la investigación realizada, se puede concluir que hay opiniones divididas sobre si las necesidades de una ciudad grande son comparables a las necesidades de una ciudad emergente en términos de tráfico y transporte.

Algunos entrevistados indicaron que las necesidades de una ciudad grande y una ciudad emergente no son comparables en cuanto a la gestión del tráfico se refiere. Se menciona que el manejo del tráfico es muy diferente entre ambos tipos de ciudades y que, a medida que las ciudades crecen, se requiere una mayor tecnología y soluciones específicas para abordar los desafíos de movilidad.

Por otro lado, también se menciona que las necesidades son comparables en cuanto a los parámetros de medición, pero lo que varía es la cantidad. Es decir, las ciudades grandes y emergentes comparten ciertos aspectos en términos de movilidad, pero la escala y la magnitud de estos aspectos pueden ser diferentes debido a la infraestructura vial y la densidad poblacional.

¿Es viable para una ciudad emergente adquirir una central semafórica?

Si, ¿Por qué? / No, Porque

La motivación para hacer esta pregunta en la entrevista a los especialistas tiene como propósito evaluar la importancia de la viabilidad de que una ciudad emergente adquiera una central semafórica para gestionar y controlar el tráfico. Esta pregunta busca analizar los factores clave que podrían influir en la viabilidad de esta adquisición, considerando tanto los aspectos técnicos como los económicos y de su infraestructura instalada.

Investigar la viabilidad de adquirir una central semafórica en una ciudad emergente permitirá evaluar los beneficios potenciales y los desafíos asociados con esta inversión. Esto ayudará a comprender si es una opción factible y adecuada para mejorar la gestión del tráfico en este tipo de ciudades, considerando sus necesidades y recursos disponibles.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Considerando las respuestas dadas por los entrevistados, se identifica que hay opiniones divididas acerca de la viabilidad de que una ciudad emergente adquiriera una central semafórica.

Aquellos que consideran que no es viable argumentan que los costos asociados con la adquisición, instalación y mantenimiento de una central semafórica pueden ser prohibitivos para una ciudad emergente con recursos limitados. Además, mencionan que la capacidad de una central semafórica estaría sobre dimensionada para la cantidad de equipos instalados en una ciudad emergente, lo que podría resultar ineficiente desde el punto de vista operativo y financiero.

Por otro lado, los entrevistados que consideran que es viable, destacan la alta potencialización y control semafórico que una central proporciona. Argumentan que tener una central permitiría un control más efectivo de las intersecciones de tráfico, lo que mejoraría la gestión y fluidez vehicular en una ciudad emergente, pero su inversión inicial debería ser mucho más alta.

¿Qué limitación tienen las ciudades emergentes en la administración de su sistema semafórico?

Esta pregunta busca comprender las limitaciones específicas que enfrentan las ciudades emergentes en la administración de su sistema semafórico. Identificar las limitaciones permitirá comprender los factores clave que dificultan la correcta operación y control de los semáforos. Esto incluye aspectos técnicos, operativos y organizativos que pueden influir en la capacidad de las ciudades emergentes para gestionar eficientemente el tráfico y garantizar la seguridad vial.

Tomando como referencia las respuestas proporcionadas por los entrevistados, se puede concluir que existen varias limitaciones en la administración del sistema semafórico en las ciudades emergentes.

Una de las limitaciones identificadas es el factor económico. Los costos asociados con la centralización y la implementación de soluciones para monitorear y gestionar la señalización pueden ser prohibitivos para las ciudades emergentes con recursos financieros limitados. Esto dificulta la adopción de tecnologías avanzadas y sistemas centralizados que podrían mejorar la eficiencia y efectividad del sistema semafórico.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

La falta de personal calificado también se menciona como una limitación importante. Las ciudades emergentes pueden enfrentar dificultades para encontrar y capacitar personal especializado en la administración del sistema semafórico. Esto limita su capacidad para realizar estudios de planeamiento y adoptar enfoques más eficientes en la gestión del tráfico.

¿Qué beneficios sociales, económicos y ambientales se esperarían obtener con estas soluciones?

La motivación para realizar esta pregunta en la entrevista busca comprender los beneficios potenciales que podrían derivarse de la implementación de soluciones en el sistema semafórico en las ciudades emergentes. Investigar los beneficios sociales de estas soluciones permitirá comprender cómo pueden mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. En cuanto a los beneficios económicos, la implementación puede tener un impacto positivo en la economía de las ciudades emergentes. Una mejor gestión del tráfico puede reducir los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura como semáforos, controladores de tráfico entre otros.

Considerando las respuestas proporcionadas por los entrevistados, se puede concluir que la implementación de soluciones en el sistema semafórico de las ciudades emergentes puede generar una serie de beneficios sociales, económicos y ambientales.

En términos sociales, se espera que estas soluciones mejoren la calidad de vida de los habitantes al reducir los tiempos de viaje. La optimización del tráfico y la reducción de la congestión vial contribuirían a una mayor comodidad y conveniencia para los ciudadanos, disminuyendo el estrés asociado a los desplazamientos diarios. Además, una menor accidentalidad debido a una gestión más eficiente del tráfico resultaría en una mayor seguridad vial para todos.

Desde una perspectiva económica, y con base en las respuestas recibidas la implementación de soluciones en el sistema semafórico tendría un impacto positivo en la economía de las ciudades emergentes. La reducción de los tiempos de viaje y los embotellamientos conlleva una disminución en el consumo de gasolina, lo que a su vez reduce los costos de los desplazamientos para los ciudadanos. Asimismo, se espera una disminución en el costo operativo del personal

encargado de gestionar el control del tráfico, al hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles.

¿Cómo se puede medir el impacto o la efectividad de las soluciones de movilidad implementadas?

La motivación para elaborar esta pregunta es buscar el impacto o la efectividad de las soluciones de movilidad implementadas en una ciudad. Investigar cómo medir el impacto o la efectividad de las soluciones de movilidad permitirá obtener datos y evidencias cuantitativas que respalden la toma de decisiones.

Además, la medición del impacto de las soluciones de movilidad permite comparar diferentes enfoques y tecnologías, identificar las mejores prácticas y aprender de las experiencias previas. Esto contribuye a fortalecer el diseño que se elaborará en el presente trabajo de investigación.

Sustentándose en las respuestas y la investigación, se puede concluir que existen diversas formas de medir el impacto o la efectividad de las soluciones de movilidad implementadas en una ciudad.

El monitoreo continuo y la toma de decisiones basada en el análisis de datos son aspectos importantes para medir el impacto. Mediante el seguimiento y la evaluación de los datos recopilados, es posible identificar áreas de mejora, implementar ajustes y tomar decisiones informadas para optimizar las soluciones de movilidad.

Otra forma de medir el impacto es a través de la medición de los tiempos de viaje. Comparar los tiempos de desplazamiento antes y después de la implementación de las soluciones de movilidad proporciona una indicación clara de su efectividad. Si se observa una reducción significativa en los tiempos de viaje, se puede inferir que las soluciones implementadas han tenido un impacto positivo en la movilidad de la ciudad.

¿Qué proyecciones o tendencias se observan para el futuro de la movilidad urbana?

Esta pregunta busca comprender las proyecciones y tendencias en el ámbito de la movilidad urbana, debido a que esta está en constante evolución debido a los avances tecnológicos, los cambios demográficos, las preocupaciones ambientales y las necesidades de las ciudades en

crecimiento. Por lo tanto, explorar las proyecciones y tendencias futuras en este campo es esencial para comprender cómo se transformará la movilidad urbana y cómo las ciudades deben adaptarse y planificar adecuadamente.

Se pueden identificar varias proyecciones y tendencias para el futuro de la movilidad urbana. Estas proyecciones apuntan hacia una mayor integración de sistemas, la aplicación de tecnologías avanzadas y el uso de fuentes de energía sostenibles.

La aplicación de inteligencia artificial se menciona como una tendencia importante en el futuro de la movilidad urbana. La utilización de esta tecnología permitiría involucrar a todos los actores viales, como conductores, peatones y sistemas de transporte, para mejorar la movilidad de manera inteligente y adaptativa.

La integración de centros de operación de ciudades inteligentes tanto a nivel urbano como interurbano también se destaca como una proyección importante. Esto permitiría una gestión más eficiente de la movilidad, con monitoreo en tiempo real y toma de decisiones basada en datos precisos y actualizados.

7.2 Entrevistas a expertos de desarrollo

Se usó la siguiente encuesta con el fin de recopilar información de diferentes profesionales en desarrollo de software de información para conocer las diferentes tecnologías y herramientas que se usan en el diseño de un sistema de monitoreo y control de semáforos con características específicas: la capacidad de leer estados operativos de los semáforos controlados y enviar comandos sin afectar su operación. Es esencial tener en cuenta que uno de los requisitos clave es utilizar dispositivos, herramientas y módulos económicos en la medida de lo posible.

La encuesta consta de varias preguntas las cuales son:

¿Qué consideraciones debe tener en cuenta para diseñar un sistema de monitoreo semafórico de bajo costo para ciudades emergentes?

La pregunta planteada tiene como objetivo establecer un contexto preliminar y proporcionar pautas iniciales para el diseño del software de monitoreo semafórico, permitiendo a los entrevistados comprender mejor el alcance y los requisitos del proyecto.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Los resultados muestran una variedad de términos y conceptos mencionados en relación con soluciones basadas en entornos web, que pueden ser accesibles a través de diferentes dispositivos y sistemas operativos. Al tomar en cuenta estos resultados, se puede garantizar una experiencia satisfactoria para el usuario que utilice la solución y una mayor cobertura en términos de accesibilidad y compatibilidad tecnológica, lo que permite atender requerimientos viales desde cualquier lugar.

Se observa también que las respuestas e investigación resaltan la importancia de la calidad del software, haciendo referencia a la necesidad de utilizar sensores de alta calidad y contar con una infraestructura confiable para transferir información en tiempo real. Estos aspectos son fundamentales para garantizar un monitoreo eficiente y preciso. Además, se destaca la utilización de servicios de AWS con características reducidas, aprovechando la licencia gratuita, como una estrategia para reducir costos en la implementación del sistema. Esta mencionada infraestructura en la nube proporciona una solución escalable y rentable, permitiendo adaptarse al crecimiento de la densidad vehicular y garantizando un monitoreo efectivo en las ciudades emergentes. En conclusión, la importancia de utilizar tecnologías confiables y robustas es primordial, así como la implementación inteligente de la infraestructura, para lograr un sistema de monitoreo semafórico eficiente y de bajo costo

¿Qué arquitectura de software recomendaría para este tipo de software que sea la más económica y eficiente?

Esta pregunta se plantea con el fin de obtener orientación sobre la mejor opción disponible en términos de estructura o diseño conceptual que define cómo se organiza y se relacionan los componentes de la solución propuesta priorizando la premisa de bajo costo.

La arquitectura API se menciona en varias respuestas, además de ser una de las principales opciones de arquitectura para establecer la comunicación entre el front-end y el backend. Se hace referencia a la importancia de utilizar microservicios y una arquitectura Hexagonal para permitir la flexibilidad y la capacidad de respuesta ante situaciones particulares, como una petición "atípica" de cruce peatonal que podría afectar el ciclo en una intersección vehicular. La arquitectura de servicios también ofrece el beneficio de incrementar los costos solo en los

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

servicios que requieren una gran capacidad de procesamiento y ejecución, en lugar de afectar a toda la aplicación debido a su naturaleza de separación de módulos.

La recomendación de una arquitectura tipo *broker* también se muestra como una opción para manejar la comunicación entre puntos desacoplados utilizando servicios remotos. Esta arquitectura proporciona una capa de abstracción y gestión de la comunicación entre los componentes del sistema.

En conclusión, se muestra una combinación de arquitecturas y enfoques que se consideran adecuados para lograr un sistema de software económico y eficiente, con énfasis en la comunicación, el modularidad y la flexibilidad.

¿Cuál sería el lenguaje de programación más adecuado para implementar este tipo de sistema?

Esta pregunta tiene como fin identificar la opción de lenguaje de desarrollo más idónea en términos de eficiencia, productividad y capacidad de cumplir con los requisitos del sistema. Esto puede influir en la facilidad de desarrollo, la escalabilidad, el rendimiento y la mantenibilidad del software de gestión de semáforos.

Los resultados e investigaciones destacan que los lenguajes de programación como Python, Java, C# y C++ se consideran candidatos adecuados para implementar este tipo de sistema. Estos lenguajes tienen características y capacidades que los hacen aptos para el desarrollo de soluciones de monitoreo semafórico. Python es reconocido por su legibilidad y facilidad de uso, lo que permite un desarrollo rápido y eficiente. Java, por su parte, es conocido por su portabilidad y su capacidad para manejar sistemas de gran escala. C# también es valorado por su robustez y su integración con el entorno Microsoft. Finalmente, C++ es valorado por su eficiencia y rendimiento.

Además de ser candidatos adecuados para implementar el sistema de monitoreo semafórico, estos lenguajes de programación también ofrecen ventajas en términos de costo y mantenimiento. Python es conocido por su bajo costo de desarrollo gracias a sus bibliotecas de código abierto y comunidad activa. Java ofrece una buena relación costo-beneficio al enfocarse en la portabilidad y reutilización de código. C# se destaca por su bajo costo de mantenimiento

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

debido a su integración con el framework .NET, mientras que C++ se enfoca en el rendimiento y la optimización, lo que puede contribuir a una mayor eficiencia en el uso de recursos y costos de hardware.

Se destaca la flexibilidad en la elección del lenguaje de programación, ya que se menciona que cualquier lenguaje puede ser utilizado tanto para el backend como para el frontend, gracias a la arquitectura API y microservicios que permite la interacción con cualquier lenguaje.

¿Qué framework se pueden utilizar para acelerar el proceso de desarrollo?

La razón de esta pregunta busca identificar una herramienta o conjunto de herramientas que permitan agilizar y simplificar el proceso de construcción del sistema de gestión de semáforos, además de mejorar la calidad del software al seguir buenas prácticas y estándares establecidos por el framework.

Los resultados revelan una variedad de frameworks y tecnologías que se pueden aprovechar para agilizar el proceso de desarrollo. Entre las opciones populares se mencionan Angular, Bootstrap y Node.js, los cuales ofrecen una combinación eficiente para el desarrollo de aplicaciones web. Además, se destacan tecnologías fundamentales como HTML, CSS, que son ampliamente utilizadas en el diseño y la presentación de interfaces.

En términos de costo, se destaca la importancia de utilizar tecnologías de código abierto, como Django, .Net y React, que pueden reducir los gastos asociados con licencias y ofrecen una amplia comunidad de soporte. En cuanto al mantenimiento, se subraya la importancia de considerar la estabilidad y la madurez de las tecnologías seleccionadas. Algunas opciones, como Angular y React, tienen comunidades activas y constantes actualizaciones, lo que garantiza un mantenimiento a largo plazo.

¿Cuál sería el mejor motor de base de datos para un sistema que maneje datos en tiempo real?

Esta pregunta tiene como fin identificar la opción más adecuada para gestionar eficientemente los datos en tiempo real, es fundamental identificar esta herramienta para garantizar un rendimiento óptimo y una gestión eficiente de los datos en el sistema

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

La investigación da como opción utilizar RDS (Relation Database Service) como un servicio proporcionado por AWS para la gestión de bases de datos relacionales, teniendo en cuenta también aspectos de costo y mantenimiento. RDS ofrece una solución escalable y administrada para la implementación y el mantenimiento de motores de bases de datos populares como MySQL, PostgreSQL y Oracle. Además de proporcionar capacidades para la replicación y la alta disponibilidad, lo que garantiza la consistencia de los datos en entornos de tiempo real. Esto es especialmente importante en un sistema de monitoreo semafórico, donde la actualización y el procesamiento rápido de datos son fundamentales para la toma de decisiones en tiempo real.

En términos de costo, RDS ofrece modelos de precios flexibles que se adaptan a las necesidades específicas del sistema. Al utilizar RDS, se pueden evitar los costos iniciales de adquisición y configuración de hardware y software, así como los gastos asociados con el mantenimiento y la administración de la infraestructura de la base de datos. Además, RDS ofrece opciones de escalabilidad automática, lo que permite ajustar los recursos de la base de datos según la demanda y optimizar los costos en función del uso real.

También se mencionan otras opciones de bases de datos, como Cosmos DB o Mongo para bases de datos no relacionales y Firebase como una opción para la escalabilidad y seguridad.

¿Qué servicios en la nube recomendaría utilizar para desplegar en producción este tipo de sistema? ¿Por qué?

Esta pregunta se formuló con el objetivo de obtener información sobre las opciones y consideraciones relevantes al implementar el software de gestión de semáforos en un entorno de producción. Al preguntar esto, se busca conocer las opiniones y recomendaciones de expertos sobre los servicios en la nube más adecuados para garantizar un despliegue exitoso y eficiente de la solución. Además, se espera obtener justificaciones y argumentos sólidos que respalden las recomendaciones, como la escalabilidad, la disponibilidad, la seguridad, el costo y otros factores relevantes.

Las respuestas destacan los servicios en la nube de AWS y Azure como opciones recomendadas para desplegar en producción este tipo de solución, considerando el costo y mantenimiento. En el caso de AWS, se mencionan servicios como RDS para la base de datos, EC2 o EE2 para servidores Linux o Windows, ofreciendo soluciones escalables y administradas que eliminan la

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

necesidad de gestionar físicamente los servidores. Por otro lado, en Azure se mencionan servicios como Keyvault para almacenar datos sensibles, Application Insights para trazabilidad y monitoreo, App services para alojar aplicaciones web, y Cosmos DB para la base de datos, brindando opciones de escalabilidad global y alto rendimiento. Ambas opciones en la nube permiten optimizar costos al pagar solo por el uso, ofrecen una infraestructura confiable y reducen la carga de mantenimiento, proporcionando así una solución rentable y eficiente para desplegar y operar el software de monitoreo semafórico en producción.

¿Qué otra herramienta recomendaría?

El propósito de este enunciado es permitir que el entrevistado brinde su libre opinión y recomiende cualquier herramienta o recurso que consideren útil en el proceso de diseño y desarrollo del software de monitoreo semafórico, sin importar en qué fase del proyecto se encuentre.

Los resultados muestran una variedad de herramientas que abarcan diferentes aspectos del desarrollo y despliegue del sistema, enfocadas en costo y mantenimiento. Terraform destaca como una opción para la implementación eficiente y escalable de la infraestructura del sistema, lo cual es fundamental para garantizar una respuesta rápida y óptima al recibir solicitudes de datos actuales de los controladores de semáforos sin afectar a otros componentes. Además, los servicios web en formato JSON son mencionados por su capacidad de proporcionar una comunicación eficiente y ligera entre los diferentes componentes. También se destaca Bootstrap como una valiosa librería de diseño de interfaz web que simplifica la creación de interfaces atractivas y responsivas. Esto resulta especialmente importante en un sistema de monitoreo semafórico, ya que permite presentar la información en tiempo real del tráfico de manera clara y comprensible para el operador.

¿Qué plataforma de hardware sería la más adecuada para consumir el software desde la perspectiva de cliente final, en este tipo de solución?

Esta pregunta tiene como objetivo identificar la opción óptima que garantice una experiencia de usuario satisfactoria en el contexto del sistema de monitoreo de semáforos. Al tratarse de un

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

software de monitoreo de bajo costo, es importante seleccionar una plataforma de hardware que sea asequible y que pueda ejecutar el software de manera óptima

Los servicios AWS aparecen con frecuencia, lo cual indica que esta plataforma de servicios en la nube se considera relevante en la elección del hardware debido a su despliegue, disponibilidad y flexibilidad en recursos

se puede concluir que en el software de gestión semafórico se valoran opciones de hardware que sean compatibles con la plataforma de servicios en la nube, con capacidad para soportar aplicaciones web y adaptarse a las necesidades de la **operación** de tráfico en la ciudad, ya sea en dispositivos móviles o computadoras.

¿Qué herramientas de integración continua serían necesarias para mantener este tipo de software en funcionamiento continuo teniendo como prioridad la premisa del bajo costo?

Esta pregunta busca identificar las opciones más adecuadas que permitan mantener una entrega continua y un funcionamiento estable del software, sin incurrir en costos excesivos. La elección de herramientas de integración continua eficientes y económicas es crucial para automatizar y agilizar procesos como la construcción, las pruebas y la implementación del software, garantizando la calidad y la estabilidad del sistema en todo momento

La investigación resalta varias herramientas y conceptos relacionados con la integración continua. Entre las herramientas mencionadas se encuentran Jenkins para compilar, probar y entregar software de manera automatizada y continua, Amazon web services de acuerdo con la demanda de consumo de servicio y Gitlab como plataforma de desarrollo colaborativo que proporciona control de versiones y una infraestructura sólida para la gestión y despliegue del código fuente del software de gestión de semáforos.

¿Qué consideraciones de seguridad se deben tener en cuenta al diseñar un sistema de monitoreo semafórico de bajo costo?

El enunciado se plantea con el objetivo de buscar y garantizar la protección y confidencialidad de los datos, así como prevenir posibles amenazas y vulnerabilidades en el sistema. Al considerar el aspecto de bajo costo, es esencial identificar medidas de seguridad efectivas pero económicas, como el uso de protocolos de encriptación para proteger la

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

comunicación de datos sensibles del tráfico, la implementación de mecanismos de autenticación y control de acceso para asegurar que solo usuarios autorizados puedan acceder al sistema.

Durante la investigación, se exploran diferentes tipos de ataques dirigidos a bases de datos, que incluyen la interceptación de información, la denegación de servicios y la inserción de código malicioso mediante formatos como XML o HTML, así como el uso de sentencias de consulta. Por lo tanto, es fundamental resaltar la importancia del cifrado de la comunicación para prevenir estos ataques, así como la implementación de métodos sólidos de autenticación y autorización en el software de gestión de carreteras. Estas medidas ayudan a proteger los datos de los usuarios en la ciudad y evitan posibles vulnerabilidades. Algunos métodos recomendados son OAuth2 y RBAC, que proporcionan un mayor nivel de seguridad y control de acceso en el sistema de monitoreo semafórico.

¿Cómo se puede garantizar la escalabilidad del sistema de monitoreo semafórico de bajo costo a medida que la ciudad crece y se expande desde el ámbito del desarrollo?

Esta pregunta tiene como fin identificar las estrategias y enfoques que permitan adaptar y hacer crecer el sistema de manera eficiente y rentable a medida que las necesidades y el alcance de la ciudad evolucionan.

Cuando se trata del desarrollo del software de monitoreo de semáforos, es crucial tener en cuenta ciertas consideraciones clave, una de las principales es tener un software parametrizable que permita ajustar y personalizar los parámetros del sistema según las necesidades específicas. Además, una base de datos bien estructurada que garantice un almacenamiento eficiente y seguro de la información relacionada los estados operativos de los controladores y sus últimos comandos. Para lograr una escalabilidad adecuada, es necesario tener en cuenta una infraestructura que pueda adaptarse al crecimiento futuro. Esto implica la actualización de los equipos y la capacidad de ajustar las características del sistema para satisfacer la creciente demanda. Una estrategia efectiva es dividir el sistema en subsistemas independientes, lo que proporciona flexibilidad y escalabilidad en el software de gestión de semáforos. Por otro lado, realizar pruebas de escalabilidad, como pruebas de carga, pruebas de estrés y pruebas de concurrencia, es esencial para garantizar que el software pueda manejar eficientemente un aumento en la demanda sin comprometer su rendimiento. Estas medidas aseguran un

funcionamiento óptimo y confiable del sistema de gestión de semáforos en entornos de crecimiento y mayor exigencia

¿Cómo se pueden prevenir y manejar los errores y fallas en este tipo de soluciones?

Esta pregunta se plantea con la finalidad de identificar las estrategias y enfoques que permitan minimizar los errores y abordar eficazmente las posibles fallas que puedan surgir es esencial para asegurar un funcionamiento confiable y estable del software de monitoreo de semáforos.

El concepto más relevante es la realización de pruebas que aseguren la calidad y correcto funcionamiento del software de monitoreo de semáforos. Las pruebas unitarias verifican el funcionamiento de componentes individuales, mientras que las pruebas de integración se enfocan en la interacción entre estos componentes. Las pruebas de sistema evalúan el software en su conjunto, asegurándose de que la comunicación entre el controlador y la base de datos sea precisa y que los cambios se reflejen correctamente en la interfaz gráfica, mientras que las pruebas de aceptación se centran en cumplir los requisitos del cliente y del operador encargado de monitorear y vigilar el tráfico de la ciudad emergente. Las pruebas de rendimiento analizan el desempeño del software, las pruebas de seguridad buscan vulnerabilidades y las pruebas de usabilidad evalúan la experiencia del usuario.

Otras medidas mencionadas incluyen la elaboración de un plan de riesgos riguroso, el uso de sistemas de software con metrología (medición y análisis de datos) y patrones de diseño que garanticen la disponibilidad del servicio, así como la consideración de contingencias en caso de pérdida de comunicación y el mantenimiento continuo del hardware en campo.

7.3 Entrevistas a expertos en control y comunicaciones

Dentro de la serie de preguntas realizadas, en cuanto a los sistemas de control y comunicaciones, se realizaron entrevistas a un tercer grupo de expertos con experiencia en instalación de cruces semafóricos y sus controladores y también sistemas de comunicaciones para su conexión con una central semafórica, se buscó obtener información sobre los siguientes aspectos:

¿Cómo se puede garantizar la comunicación confiable entre el equipo de control de vía y el sistema de monitoreo semafórico de bajo costo?

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Con esta pregunta se pretende explorar y obtener información sobre las posibles soluciones para asegurar una comunicación confiable entre los controladores de tráfico y la central de semaforización. En particular, la pregunta busca conocer cuáles son los medios de comunicación más adecuados, según la opinión de los expertos, que logren un equilibrio óptimo entre el costo y los beneficios. El objetivo es obtener recomendaciones sobre los medios de comunicación que sean eficientes en términos de costos, pero que al mismo tiempo garanticen una comunicación confiable entre los controladores y la central de semaforización.

De acuerdo con las respuestas de los especialistas y el análisis e investigación realizadas, se han identificado aspectos relevantes que deben ser considerados en el diseño del prototipo de la central semafórica y su comunicación confiable con los controladores y cruces semafóricos.

Uno de los primeros aspectos relevantes para garantizar la confiabilidad es implementar protocolos de comunicación estándar, que sean confiables y compatibles con una amplia gama de dispositivos y sistemas de diferentes fabricantes. Por otro lado, se sugiere incorporar en el sistema módulo de monitoreo que permitan supervisar el estado de la comunicación y realizar ajustes o correcciones de forma remota.

Aplicar medidas de seguridad, como el uso de encriptación y autenticación, para proteger la integridad y la confidencialidad de la comunicación y prevenir accesos no autorizados o manipulaciones de datos. Esto aumenta el nivel de confiabilidad de la solución a diseñar.

Como parte de mantener una infraestructura confiable, se requiere un mantenimiento regular de los controladores y los equipos de comunicación, incluyendo actualizaciones de firmware y software, para asegurar su correcto funcionamiento.

Para todos los aspectos mencionados anteriormente para mantener una infraestructura y un sistema confiable, se debe evaluar las opciones disponibles en el mercado en términos de costo y beneficio, considerando el costo de suministros, de implementación y el nivel de confiabilidad necesario.

¿Cuál es la solución más adecuada (menos invasivo, económico, confiable) para comunicar cada controlador de cruce semafórico con el sistema de centralizado de monitoreo?

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

El propósito con esta pregunta consiste en lograr recomendaciones sobre la mejor tecnología para establecer una comunicación confiable entre cada controlador de cruce semafórico y el sistema centralizado de monitoreo. El objetivo es encontrar una solución que cumpla con tres criterios principales:

Menos invasiva: Se busca una solución que requiera la menor intervención o alteración de la infraestructura existente, minimizando el impacto a la sociedad en trabajos y costos.

Económica: Se pretende identificar una solución que sea rentable y no implique costos excesivos en términos de implementación, mantenimiento y operación.

Confiable: La solución debe garantizar una comunicación confiable y estable entre los controladores de cruce semafórico y el sistema centralizado de monitoreo, asegurando la transmisión precisa y oportuna de los datos.

Después de analizar las respuestas obtenidas por los especialistas y de acuerdo con la investigación realizada, se observa que el medio de comunicación que cumple con los tres criterios principales para la comunicación es una conexión a través de red de datos existente, como la red de Internet o la red de telefonía móvil de los ISP (Internet Service Provider). Esta solución inalámbrica puede ser la menos invasiva y confiable.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que se requerirá negociar con un ISP para obtener el servicio de conexión a la red de datos, lo que implicará un costo mensual. Además, para implementar esta solución, se requiere un equipo que cuente con un módulo de comunicación inalámbrica a través de una tarjeta SIM, o bien, un controlador que incluya este módulo.

No obstante, es fundamental evaluar cada escenario considerando las características específicas de cada ciudad. Se debe tener en cuenta las limitaciones, los recursos disponibles, así como el entorno físico, las distancias, entre otros.

En algunos casos, es posible que la ciudad cuente con una infraestructura de cableado preexistente, como fibra óptica. En estas situaciones, se puede aprovechar esta infraestructura para establecer la comunicación. Esta alternativa puede ofrecer ventajas significativas, ya que proporciona una conexión estable y confiable. Además, evita la necesidad de realizar nuevas instalaciones invasivas o costosas.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Por otro lado, si la ciudad desea tener su propia red de comunicación, existen alternativas como el uso de tecnologías de comunicación de banda estrecha, como LoRaWAN o Sigfox, que ofrecen una cobertura de larga distancia y bajo consumo de energía. Estas tecnologías son más económicas en comparación con otras soluciones de comunicación a larga distancia. Estas tecnologías son especialmente adecuadas para casos en los que se requiere una comunicación confiable a larga distancia sin incurrir en costos excesivos de implementación y mantenimiento

¿Cuál sería el equipo de control de vía más adecuado para utilizar en este tipo de solución?

Con esta pregunta, se pretende entender, de acuerdo con la experiencia de los entrevistados, cuáles pueden ser las posibles marcas y/o referencias que podrían ser utilizados en este tipo de soluciones.

Aunque algunos entrevistados si dieron referencias exactas como el controlador Siemens St 950 o tarjeta Raspberry, todos coinciden en que esta elección dependerá de varios factores, como las necesidades de la ciudad, la ubicación en particular, cuantos cruces semafóricos controlará, entre otros.

Por otro lado, existen soluciones de código abierto como el “Arduino Traffic Light Controller”. Este tipo de solución es especialmente adecuada para proyectos de pequeña escala o prototipos, ya que ofrece una alternativa económica y versátil. Estos controladores son programables utilizando software libre, lo que proporciona flexibilidad para configurarlos según los requisitos específicos en cada ubicación.

Otro aspecto importante que se evidenció en las respuestas de los expertos es que el equipo debe cumplir con los estándares y regulación aplicables en materia de funcionalidad y seguridad. Esto aportará confiabilidad a la solución propuesta.

¿Cuál sería la arquitectura física y equipos necesarios para esta solución?

Con esta pregunta, se pretende obtener información y conocimientos especializados de los expertos, de acuerdo con su experiencia en campo. Entender cuál es la mejor alternativa desde una visión holística de una arquitectura física, en términos de rendimiento, costo, mantenimiento,

seguridad y confiabilidad para el diseño completo de la central de monitoreo comunicada con los controladores.

De las respuestas encontradas se pudo determinar que hay una perspectiva compartida que, articulada con las respuestas anteriores comprende los siguientes niveles o capas:

En la primera capa, que consiste en los controladores semafóricos, los cuales deben estar equipados con un módulo de comunicación, ya sea por cable o inalámbrico. En caso de que no tengan integrado este módulo, se conectan a un equipo de comunicación que permita la conectividad con la central de monitoreo. La comunicación entre cada punto y la central se establece en una topología en estrella, es decir, que cada controlador se comunica directa e independientemente con la central.

En la segunda capa se encuentra el medio de transmisión. En este nivel, es importante considerar las necesidades, requisitos y la infraestructura disponible en cada ciudad en particular. De acuerdo con las preguntas anteriores, la comunicación puede establecerse utilizando la red de datos de Internet o de telefonía móvil de los ISP. Otra opción es mediante el uso de tecnologías de comunicación de banda estrecha, como LoRaWAN o Sigfox. O finalmente se puede aprovechar la infraestructura de fibra óptica ya existente en la ciudad. Todas estas, bajo la topología en estrella.

Por último, en la capa superior o tercera capa se encuentran los equipos utilizados en el lugar donde se encuentra la central semafórica. Esto incluye los equipos de comunicación y seguridad de borde de la central, así como los equipos de distribución como switches. También se consideran las estaciones de operación de la central y servidores, ya sea en las instalaciones locales (on-premise) o en la nube (Cloud), según la opción elegida como la mejor alternativa.

8. DISCUSIÓN

8.1 Requerimientos del sistema

Luego de realizar el análisis de las respuestas dadas por los expertos en ciudades emergentes y sistemas de monitoreo semafórico se toma como punto de partida para la selección de los requerimientos funcionales y no funcionales con los que debe contar el diseño del sistema.

8.1.1 Requerimientos no funcionales

Teniendo en cuenta que Los requerimientos no funcionales de un sistema de monitoreo semafórico son los criterios que definen aspectos importantes del sistema que no están relacionados directamente con su funcionalidad principal. Para el objeto de la presente investigación y con base en las respuestas dadas por los entrevistados se destacan los siguientes requerimientos:

- **Rendimiento:** El sistema debe ser capaz de procesar y responder rápidamente a los cambios en los semáforos, garantizando tiempos de respuesta mínimos con el fin de tener unos tiempos de respuesta y atención minimos.
- **Disponibilidad:** El sistema debe estar disponible en todo momento, ya que cualquier interrupción en el monitoreo semafórico podría tener un impacto significativo en la gestión del tráfico y en la seguridad vial.
- **Fiabilidad:** El sistema debe ser confiable y robusto, asegurando que los datos de los semáforos sean precisos y consistentes en todo momento.
- **Seguridad:** El sistema debe implementar medidas de seguridad para proteger los datos del monitoreo semafórico y evitar accesos no autorizados o manipulaciones indebidas ya que, si este sistema es vulnerable a un ataque, los ciberdelincuentes podrían llegar a tener el control de la red semafórica.
- **Interoperabilidad:** El sistema debe ser capaz de comunicarse e integrarse con otros sistemas relacionados, como sistemas de gestión de tráfico o sistemas de control de semáforos, para lograr una operación coordinada y sin restricción de marcas o proveedores de los controladores semafóricos.
- **Usabilidad:** El sistema debe contar con una interfaz intuitiva y fácil de usar para los operadores encargados de monitorear los semáforos, facilitando su comprensión y uso.

8.1.2 Requerimientos funcionales

Ahora bien, en cuanto a los requerimientos funcionales se entiende que son funciones detalladas que describen las operaciones y características que debe tener el sistema de monitoreo semafórico. Estos requerimientos se centran en los objetivos principales que el sistema debe ser capaz de realizar.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

- El sistema deberá tener un mapa de ubicación de equipos, en donde se pueda visualizar el estado operativo de cada una de las intersecciones conectadas al sistema.
- Panel de alarmas y eventos, en donde se muestren las alarmas activas de todos los controladores, lo que permitirá que los operadores realicen un seguimiento de estos problemas y den solución temprana
- Detectar el estado de los semáforos en tiempo real, tales como la detección de las luces verdes, amarillas y rojas de cada semáforo y los estados de operación del controlador semafórico.
- Permitir la activación y gestión de los ciclos de luz de los semáforos, incluyendo la duración de cada fase (verde, amarillo y rojo), los tiempos de transición y los tiempos de espera.
- Registrar eventos y generar alarmas en caso de fallos o situaciones anormales en los semáforos, como luces que no funcionan correctamente o cambios inesperados en los patrones de luz.
- El sistema debe permitir la programación y configuración de los ciclos de luz de los semáforos, considerando los patrones de tráfico y los horarios de mayor demanda en las ciudades emergentes.
- Sincronizar de los cruces semaforizados en horas pico para generar fase de ola verde en los principales corredores.
- Generar informes y análisis periódicos sobre el rendimiento y la eficacia de los semáforos, incluyendo métricas como tiempos de espera, duración de ciclos y eficiencia de la coordinación, para facilitar la toma de decisiones y la optimización del sistema.
- Debe ser capaz de generar alertas y notificaciones en tiempo real para los operadores y conductores en caso de eventos inesperados, fallas o cambios en el funcionamiento de los semáforos.
- Tener control remoto de los semáforos, lo que incluye la capacidad de cambiar manualmente las luces o ajustar los tiempos de los ciclos de luz según las necesidades del tráfico.
- Configurar y gestionar los horarios de funcionamiento de los semáforos, incluyendo los períodos de alta demanda y los horarios especiales, como los días festivos o eventos especiales.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

- El sistema debe contar con medidas de seguridad para proteger la integridad de los datos y garantizar que solo personal autorizado pueda acceder y modificar la configuración de los semáforos.
- El sistema debe proporcionar una API que permita la integración con otros sistemas externos, como sistemas de gestión de tráfico o aplicaciones móviles, para compartir datos y facilitar la automatización de tareas.
- Interfaz que permita visualizar la información del estado actual de los semáforos, ya sea en forma de diagramas, mapas o tablas.
- Registrar y almacenar los datos históricos del monitoreo semafórico, incluyendo los cambios de estado, tiempos de espera y cualquier otro evento relevante.

8.2 Diseño de software

La aplicación diseñada para el sistema de monitoreo de tráfico realizada con base a la investigación realizada y los aportes recibidos por cada uno de los entrevistados se compone de dos partes principales: el frontend y el backend.

El frontend se encarga de la interfaz gráfica de la aplicación a través de la cual los usuarios interactúan con el sistema. Aquí se presentan los datos de los controladores y sus estados operativos de manera comprensible y fácil de usar. Para desarrollar esta parte del software de gestión, se han identificado tres posibles soluciones: Angular, React y Bootstrap. Los dos primeros son herramientas basadas en lenguaje JavaScript y el último, es enfocado al desarrollo de sitios web responsivos y con diseño moderno. Estas fueron elegidas debido a su versatilidad y mantenibilidad gracias a la existencia de una amplia comunidad de desarrolladores lo también fue objeto de conversación en las entrevistas realizadas con los especialistas en desarrollo Frontend.

Por otro lado, el backend se refiere a la parte del sistema que no es visible para los usuarios (caja negra). Aquí se encuentra toda la lógica de negocio, el procesamiento de datos, la gestión de los datos y la comunicación con otros sistemas. El backend recibe las solicitudes del frontend, las procesa, interactúa con la base de datos y devuelve una respuesta al frontend

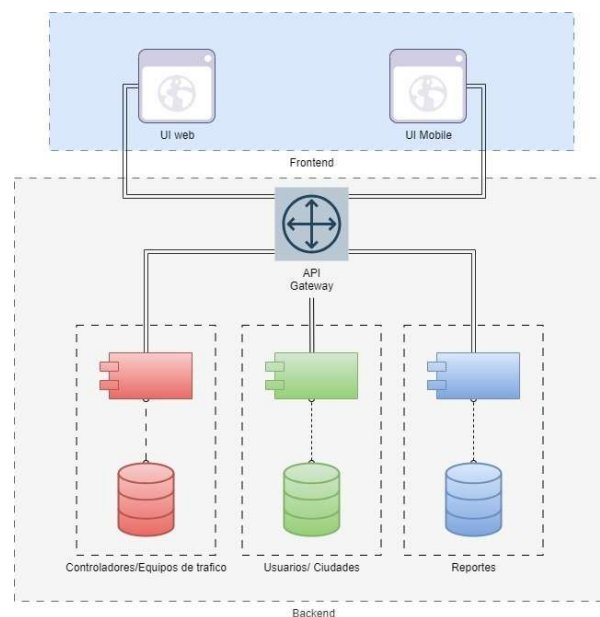
8.2.1 Arquitectura del sistema

Para esta solución, se propone el uso de servicios web que facilitarán el intercambio de datos entre diferentes módulos o sistemas. Teniendo en cuenta los diferentes estándares y protocolos disponibles, se destaca la opción de utilizar API REST. Esta elección se basa en su simplicidad de uso, flexibilidad y amplia adopción por parte de la comunidad de desarrolladores.

Además, se ha decidido utilizar una arquitectura de microservicios compuesta por tres módulos principales:

- Controladores: se encarga de la gestión de la información relacionada con los semáforos y controladores en la vía, incluyendo sus datos operativos y los comandos necesarios para su funcionamiento
- Usuarios/Ciudades: se ocupa de la gestión de los usuarios que utilizarán el software de gestión, incluyendo consultas, modificaciones, eliminaciones, actualizaciones y asignación de permisos.
- Reportes: Se ocupa de la gestión de la información histórica de los equipos, permitiendo generar diferentes tipos de reportes que permiten al usuario realizar análisis para toma de decisiones.

Figura 9 Arquitectura de Microservicios



Tomado de: Fuente propia

Es importante destacar que gracias a uno de los entrevistados que cuenta con experiencia en arquitectura de software, sugirió que. Cada microservicio deberá tener su propia base de datos, lo cual brinda mayor robustez y evita que los fallos en un módulo afecten toda la información. Esta arquitectura garantiza una gestión eficiente de la información y permite abordar de manera ágil y modular posibles fallos o problemas que puedan surgir.

8.2.2 Lenguaje de programación

La elección del lenguaje de programación para el Backend es flexible en el contexto de la arquitectura de microservicios. Esto se debe a que este tipo de diseño permite ser independientes y autónomos, lo que significa que cada microservicio puede estar escrito en un lenguaje de programación diferente según las necesidades y preferencias del equipo de desarrollo. Lo importante es optar por un lenguaje que se ajuste las habilidades, experiencia del equipo de desarrollo y los requisitos específicos de escalabilidad, rendimiento y seguridad.

De acuerdo con las entrevistas realizadas y la investigación de los lenguajes de programación, se concluye que los lenguajes de programación que más se ajustan a este tipo de solución y que permiten dar cumplimiento a los requerimientos funcionales y no funcionales identificados en la investigación son:

- Python: Cuenta con una amplia gama de bibliotecas y frameworks que facilitan el desarrollo rápido de aplicaciones Backend. Python es conocido por su legibilidad y su enfoque en la simplicidad del código. Es ampliamente utilizado en el desarrollo web y cuenta con frameworks populares como Django y Flask.
- Java: Java es un lenguaje de programación maduro y ampliamente adoptado en el desarrollo empresarial. Ofrece un alto rendimiento y escalabilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones Backend que requieren manejo de grandes volúmenes de datos y alta concurrencia. Java cuenta con frameworks populares como Spring y Java EE, que brindan una amplia gama de funcionalidades para el desarrollo web.
- C#: es un lenguaje de programación desarrollado por Microsoft y está diseñado específicamente para el desarrollo de aplicaciones en el entorno .NET. C# ofrece una sintaxis similar a Java y tiene un enfoque en la seguridad y el rendimiento. Es

especialmente popular para el desarrollo de aplicaciones Windows y servicios web utilizando el framework ASP.NET.

C++: Es ampliamente utilizado en el desarrollo de sistemas complejos que requieren un control de bajo nivel y una alta eficiencia. C++ es una elección común para el desarrollo de software que necesita un rendimiento óptimo, como aplicaciones de servidor o sistemas embebidos.

8.2.3 Mockup

El diseño es uno de los elementos clave para asegurar el éxito de un proyecto, la creación de un mockup es una representación visual estática o interactiva de un sitio web, que permite mostrar de manera simulada su apariencia, estructura y funcionalidad antes de que se realice la programación y el desarrollo completo.

El mockup es una herramienta valiosa para realizar el diseño del prototipo, ya que permite tener una visión anticipada y concreta de cómo será la plataforma web finalizada. Esto brinda la posibilidad de revisar y dar retroalimentación sobre el diseño, la usabilidad y la experiencia del usuario antes de que se realice cualquier inversión significativa en la programación y el desarrollo.

La importancia de un mockup radica en su capacidad para ahorrar tiempo y recursos al identificar posibles problemas o mejoras en una etapa temprana del proceso. Al brindar una representación visual realista de la plataforma web, se pueden detectar errores de diseño, problemas de usabilidad o aspectos que no cumplen con las expectativas del cliente, lo que permite realizar ajustes antes de entrar en la fase de implementación.

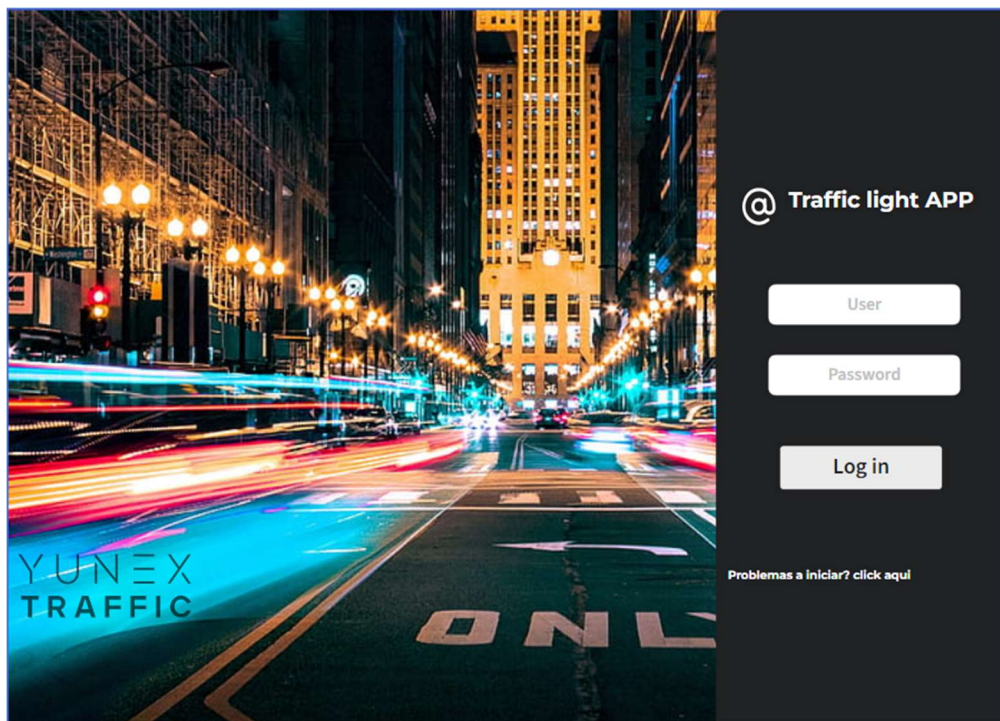
Este mockup del sistema de gestión semafórico se divide en la sección del inicio de sesión y la sección de operación del sistema.

8.2.3.1 Acceso al Sistema

La pantalla de inicio de sesión es la puerta de entrada al sistema, donde los usuarios pueden autenticarse y acceder a las funcionalidades y datos correspondientes a sus roles específicos.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Figura 10 Acceso al sistema



Tomado de: Fuente propia

- **Formulario de Inicio de Sesión:**

El inicio de sesión consta de dos campos principales: "User" y "Password". Estos campos permiten a los usuarios ingresar sus credenciales de autenticación correspondientes, asegurando que solo las personas autorizadas puedan acceder al sistema. Teniendo en cuenta que el registro a la plataforma es una funcionalidad que no se habita, ya que solo personal autorizado tendrá acceso a la plataforma y esto se controlará por parte del administrador del sistema quien será el encargado de la creación de nuevas cuentas de usuario, esto alineado con las necesidades de las ciudades en donde se instale el sistema.

- **Botón de Inicio de Sesión:**

Bajo el formulario, se encuentra un botón de "Log in" que permite a los usuarios enviar sus credenciales para autenticarse en el sistema. Al hacer clic en este botón, el sistema verificará la información ingresada y concederá el acceso si las credenciales son válidas y corresponden a un

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

usuario autorizado determinando que tipo de perfil es y que Dashboard se mostrara al ingresar al sistema.

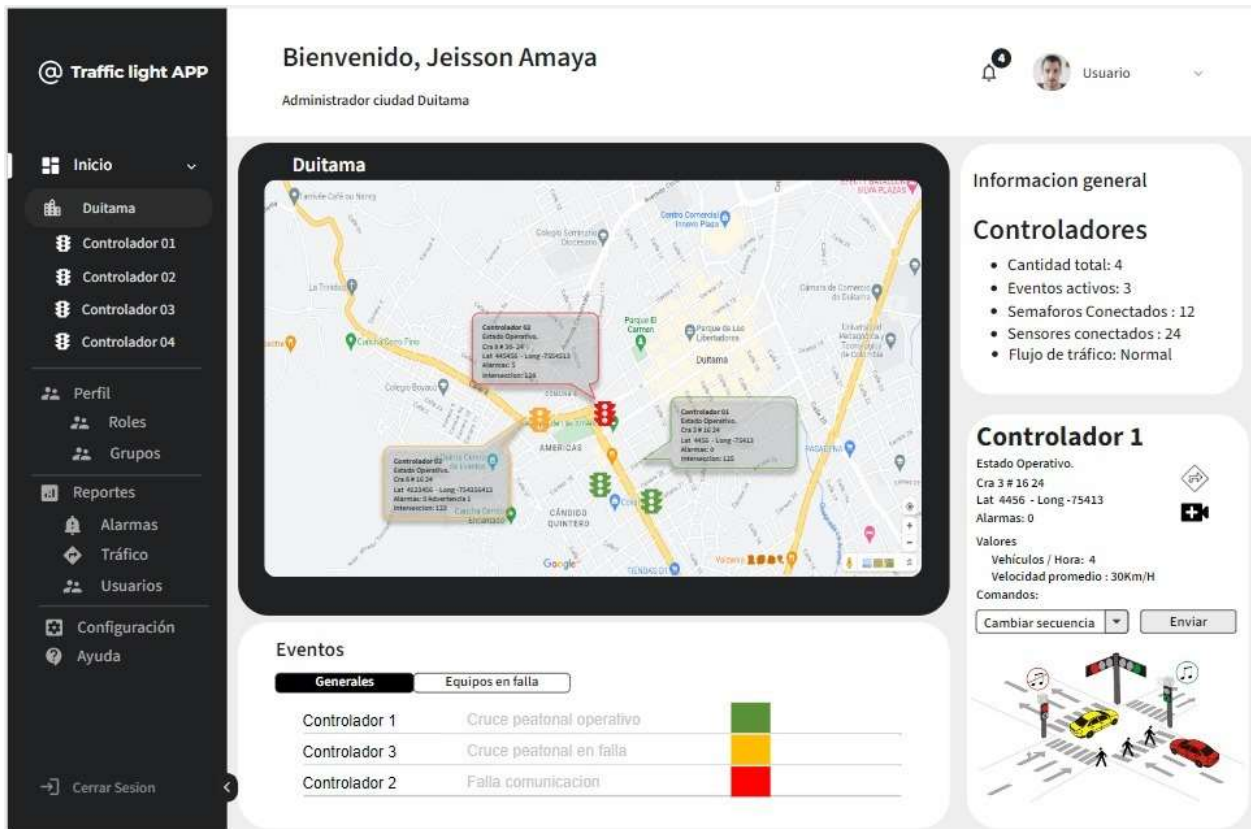
- Opciones de Restablecimiento:

Bajo el formulario de inicio de sesión, se encuentra la opción de restablecimiento de contraseña, esta proporciona un enlace o botón que permite a los usuarios restablecer su contraseña en caso de olvido o necesidad de cambiarla.

8.2.3.2 Operación del sistema

La pantalla de operación principal del sistema se divide en cuatro secciones, diseñadas para facilitar la navegación y el acceso a la información relevante. Cada sección cumple un propósito específico y contribuye a que la experiencia de usuario final sea fluida y eficiente.

Figura 11 Pantalla de Operación



Tomado de: Fuente propia

8.2.4 Menú de Opciones y Equipos:

En esta sección, se tiene el árbol de navegación de los equipos y controladores integrados al sistema, los cuales son gestionados, lo que permite un acceso rápido a la información específica de cada uno.

Adicional, se pueden encontrar opciones de configuración a los usuarios, para lo perfiles de administración del sistema permite la creación y gestión de los roles y usuarios, y para los usuarios estándar permite la opción de administrar la información de su perfil.

Como requerimiento del sistema se debe tener la capacidad de generar reportes de diferentes tipos, en esta sección se brinda la posibilidad de acceder al módulo de generación de reportes de alarmas de tráfico y de gestión de usuarios.

En la sección de configuración se puede realizar la parametrización de la interfaz de usuario tales como cambio de idioma, cambio de ambiente (oscuro /claro) y en la sección de ayuda se dirige al usuario al manual de ayuda de la plataforma en donde encontrará toda la información relacionada con la operación del sistema.

Y por último se tiene el botón de salir del sistema.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Figura 12 Menú del sistema



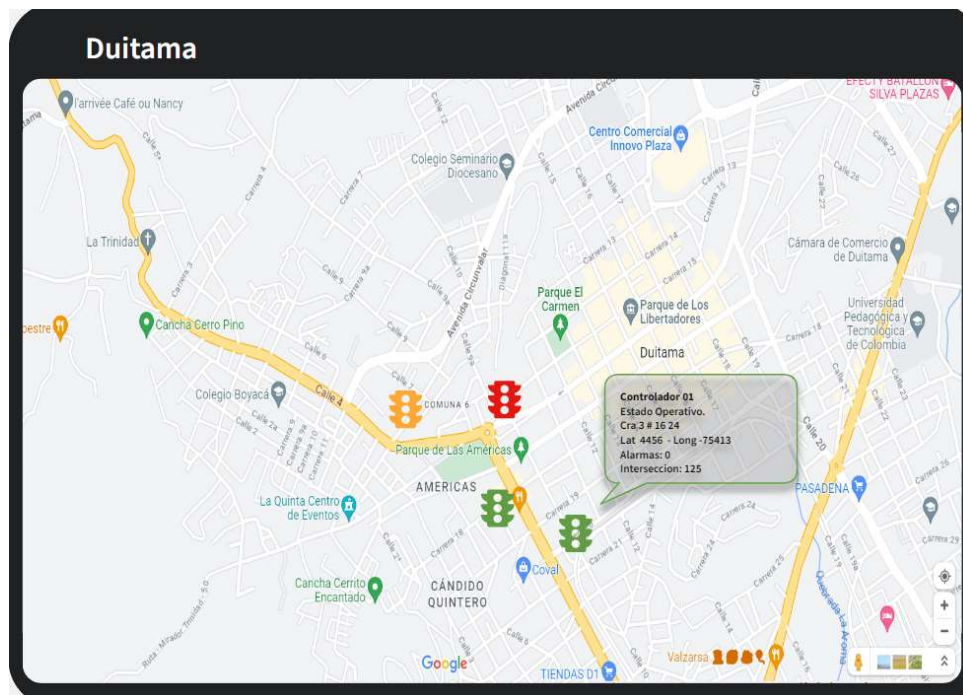
Tomado de: Fuente propia

8.2.5 Navegación en mapa

En el área del mapa, se muestra la ubicación geográfica de los equipos de control semafórico en tiempo real. Esta representación visual en el mapa permite tener una visión general de la distribución de los semáforos y controladores en diferentes áreas de la ciudad. Además, se pueden mostrar información adicional de diferentes incidencias o eventos, lo que ayuda a identificar rápidamente áreas problemáticas y tomar acciones correctivas de manera oportuna.

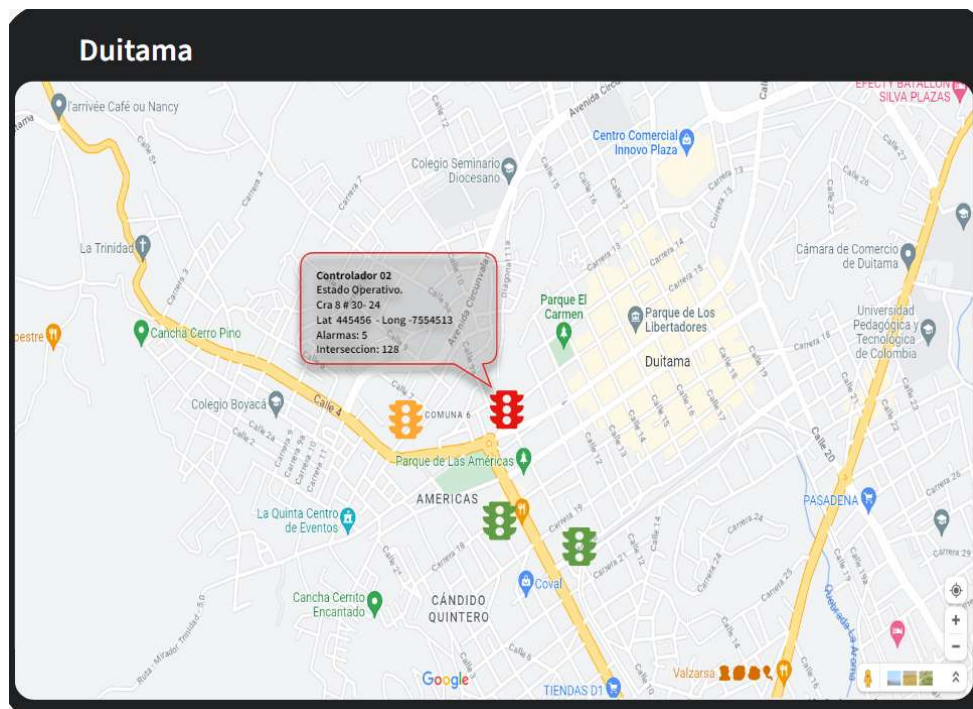
Figura 13 Navegación en Mapa – Equipo sin falla

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic



Tomado de: Fuente propia

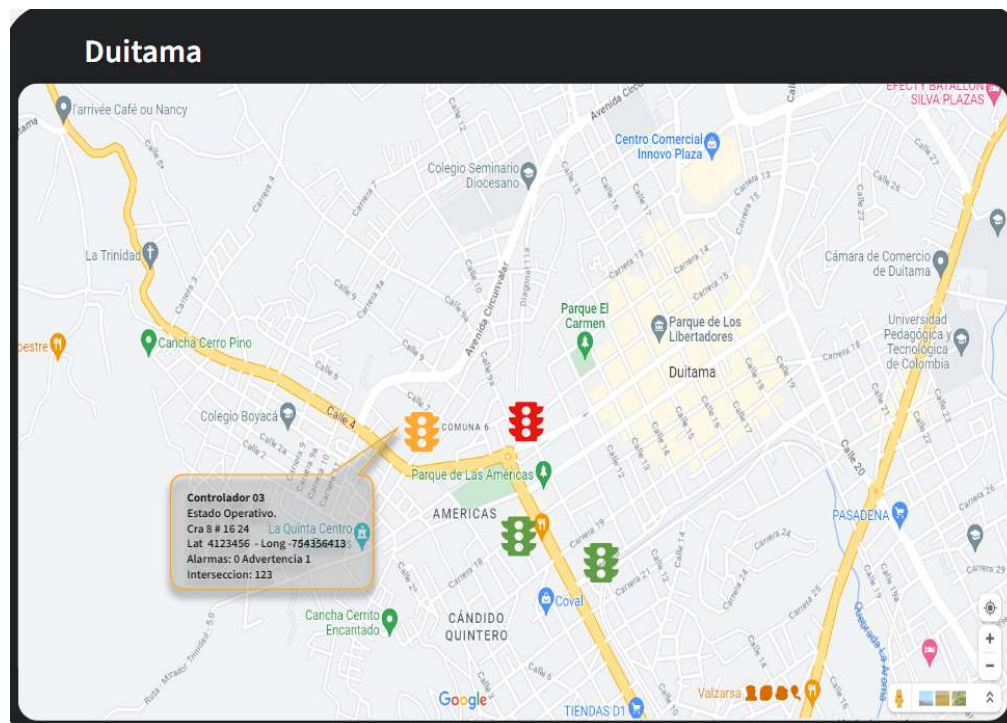
Figura 14 Navegación en Mapa – Equipo con falla



Tomado de: Fuente propia

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Figura 15 Navegación en Mapa – Equipo con advertencia



Tomado de: Fuente propia

Como se muestra en las anteriores imágenes, la sección del mapa brinda una fácil identificación de equipos que presentan problemas de operación o fallas en sus componentes, indicando el estado operacional de cada controlador según sus componentes y estado de funcionamiento.

Adicionalmente cuando el usuario quiere verificar la información de estos controladores puede ubicarse sobre el icono del controlador y este le mostrara información relevante sobre este equipo, cuantas alarmas o advertencias tiene, en donde está ubicado, latitud longitud y nombre de controlador.

8.2.6 Área de Eventos:

La sección de eventos muestra las diferentes incidencias o eventos registrados por los controladores de tráfico instalados. Estas incidencias pueden incluir fallos en los semáforos, interrupciones en la alimentación eléctrica o cualquier otra situación que requiera atención por parte del personal encargado.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Esta sección cuenta con dos pestañas que diferencia el tipo de alarmas que podemos ver, en la primera pestaña se ven los eventos y alarmas generales del sistema.

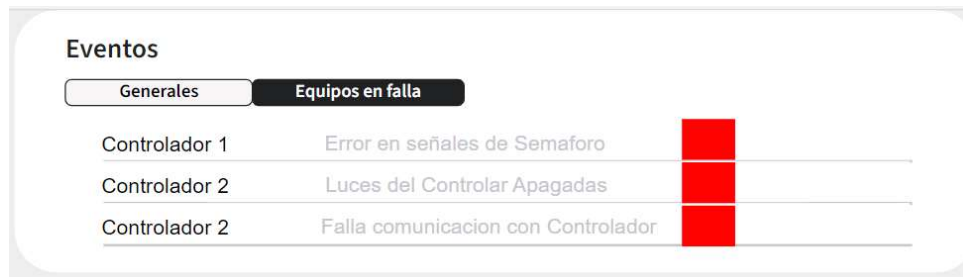
Figura 16 Eventos – Generales



Tomado de: Fuente propia

En la segunda pestaña se ven los equipos en falla, en la lista de estos controladores se muestra la falla e indica la descripción que lo tiene en falla como se muestra a continuación.

Figura 17 Eventos – Equipos en Falla



Tomado de: Fuente propia

8.2.7 Área de Información General:

En esta área, se muestra información general sobre los equipos conectados al sistema. Esto incluye la cantidad de controladores, así como datos en tiempo real sobre el flujo de tráfico, tiempos de cambio de señal y cualquier información relevante.

Figura 18 Información general – Controladores



Tomado de: Fuente propia

8.2.8 Área de gestión del controlador:

En esta área, se muestra información detallada sobre un controlador de tráfico específico seleccionado. Esto incluye el estado operacional del controlador, así los comandos disponibles para ejecutar acciones específicas en él, adicionalmente se cuenta con un esquemático en tiempo real que representará el ciclo de operación de los semáforos, de igual manera se cuenta con el acceso a la cámara que este instalada en la intersección, con el fin de validar el estado de operación de los equipos y la movilidad.

Figura 19 Información Especifica – Administración



Tomado de: Fuente propia

8.2.9 Barra de Usuario

La barra de usuario en la plataforma de sistema de monitoreo semafórico es una herramienta diseñada para proporcionar acceso rápido y conveniente a las funcionalidades y características más importantes de la plataforma. Se encuentra ubicada en la parte superior de la interfaz y ofrece una experiencia de usuario intuitiva y eficiente.

Figura 20 Información Especifica – Administración

Bienvenido, Jeisson Amaya
Administrador ciudad Duitama



Tomado de: Fuente propia

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

La barra del usuario permite identificar el usuario logueado, el perfil al cual corresponde adicionalmente cuenta con el icono de notificaciones en donde el usuario podrá ver las tareas programadas y los eventos que deberá atender en su horario laboral.

8.2.10 Reportes

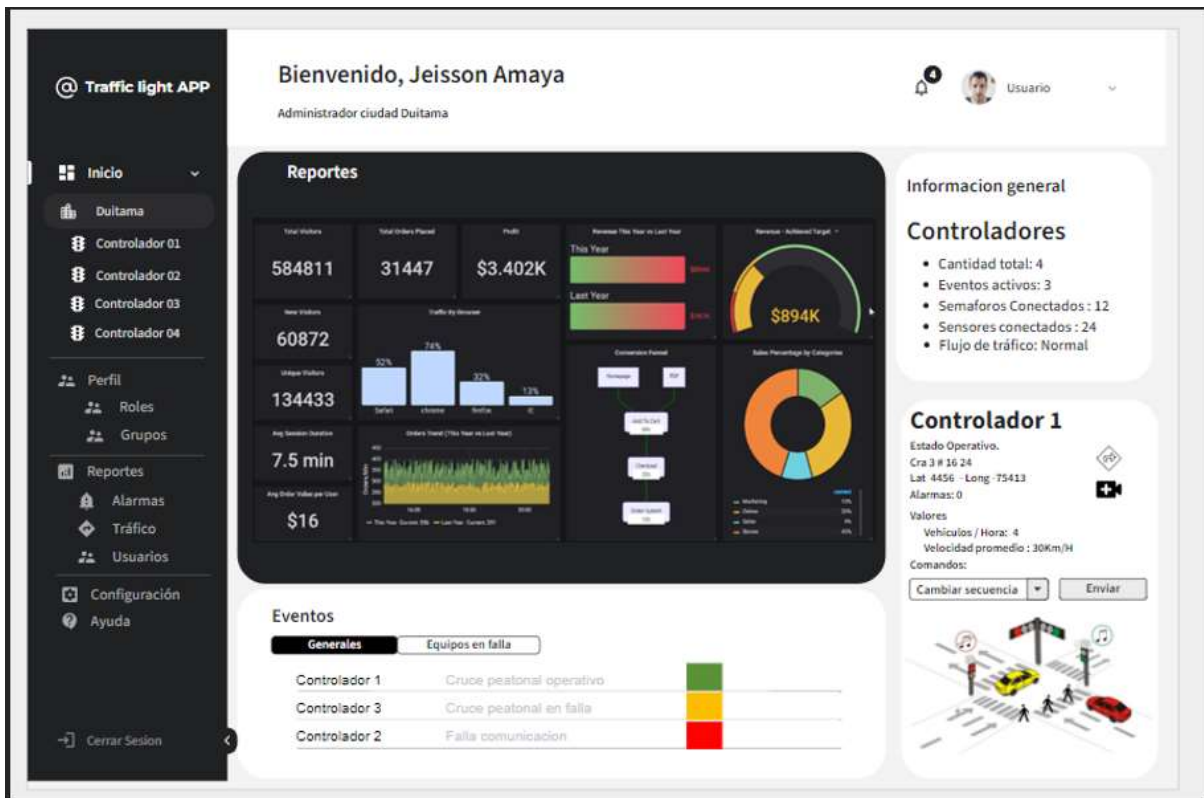
Los reportes en la plataforma son una herramienta fundamental para analizar y evaluar el rendimiento del sistema. Estos informes brindan una visión detallada de los datos recopilados y permiten a los usuarios obtener información clave sobre el funcionamiento de los semáforos, el flujo vehicular y la eficiencia del sistema en general.

La plataforma de monitoreo semafórico genera reportes personalizados y completos que presentan datos relevantes de manera clara y concisa. Estos informes incluyen estadísticas vitales, como los tiempos de espera promedio en cada intersección, la duración de los ciclos de los semáforos, el volumen de tráfico en diferentes momentos del día y las tendencias a lo largo del tiempo.

Además de los informes en tiempo real, la plataforma ofrece la posibilidad de generar informes históricos, permitiendo realizar análisis comparativos e identificar patrones a largo plazo. Estos informes son valiosos para la planificación y toma de decisiones estratégicas, ya que ofrecen una visión integral del rendimiento del sistema.

Figura 21 Reportes del Sistema

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic



Tomado de: Fuente propia

8.3 Diagramas UML

UML (Unified Modeling Language) es un lenguaje estándar utilizado en ingeniería de software para diseñar, modelar, visualizar, especificar y documentar sistemas complejos. Proporciona una notación gráfica para representar diferentes aspectos de un sistema, como su estructura, comportamiento, interacciones y relaciones entre sus componentes.

El objetivo principal de los UML es facilitar la comunicación y comprensión entre los actores involucrados en el desarrollo de software, como analistas, diseñadores, desarrolladores y clientes.

Existen varios tipos de diagramas UML, cada uno de ellos se enfoca en un aspecto específico del sistema. A continuación, se muestran los 3 usados para el diseño del sistema de monitoreo semafórico:

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

8.3.1 Diagrama De Clases

El diagrama de clases representa la estructura estática y las relaciones entre las clases de un sistema. Proporciona una visión general de las entidades, sus atributos y métodos, cómo están relacionadas entre sí.

Figura 22 Diagrama de clases



Tomado de: Fuente propia

Se pueden identificar las siguientes clases:

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

1. Controlador: Representa el equipo controlador de tráfico que contiene atributos como identificador, modelo, tipo de controlador, nombre, latitud y longitud, entre otros. Esta clase también tiene métodos para acceder y modificar atributos.
2. EventosControlador: Representa los eventos ocurridos en un controlador. Contiene atributos como fecha de inicio del evento, descripción del evento y una referencia del objeto controlador asociado. Esta clase tiene métodos para acceder y modificar los atributos, así como un método para generar reportes.
3. Ciudad: Representa una ciudad y tiene atributos como nombre ciudad, latitud, longitud y población. Esta clase también cuenta con métodos para acceder y modificar estos atributos.
4. Usuario: Representa un usuario del sistema y tiene atributos como identificador del usuario, nombre y contraseña. La clase Usuario también tiene métodos para acceder y modificar atributos, así como métodos para iniciar sesión, cerrar sesión, obtener controladores pertenecientes al operador y enviar comandos a un controlador.

En la figura Diagrama de Clases se muestra las relaciones entre estas, mediante líneas y multiplicidades. Se resalta que un “Controlador” puede tener muchos “EventosControlador” (relación de composición), y un “Controlador” está asociado a una “Ciudad” y a un “Usuario” (relaciones de asociación), también que un “Usuario” puede estar asociado a muchos “Controladores” (relación de agregación).

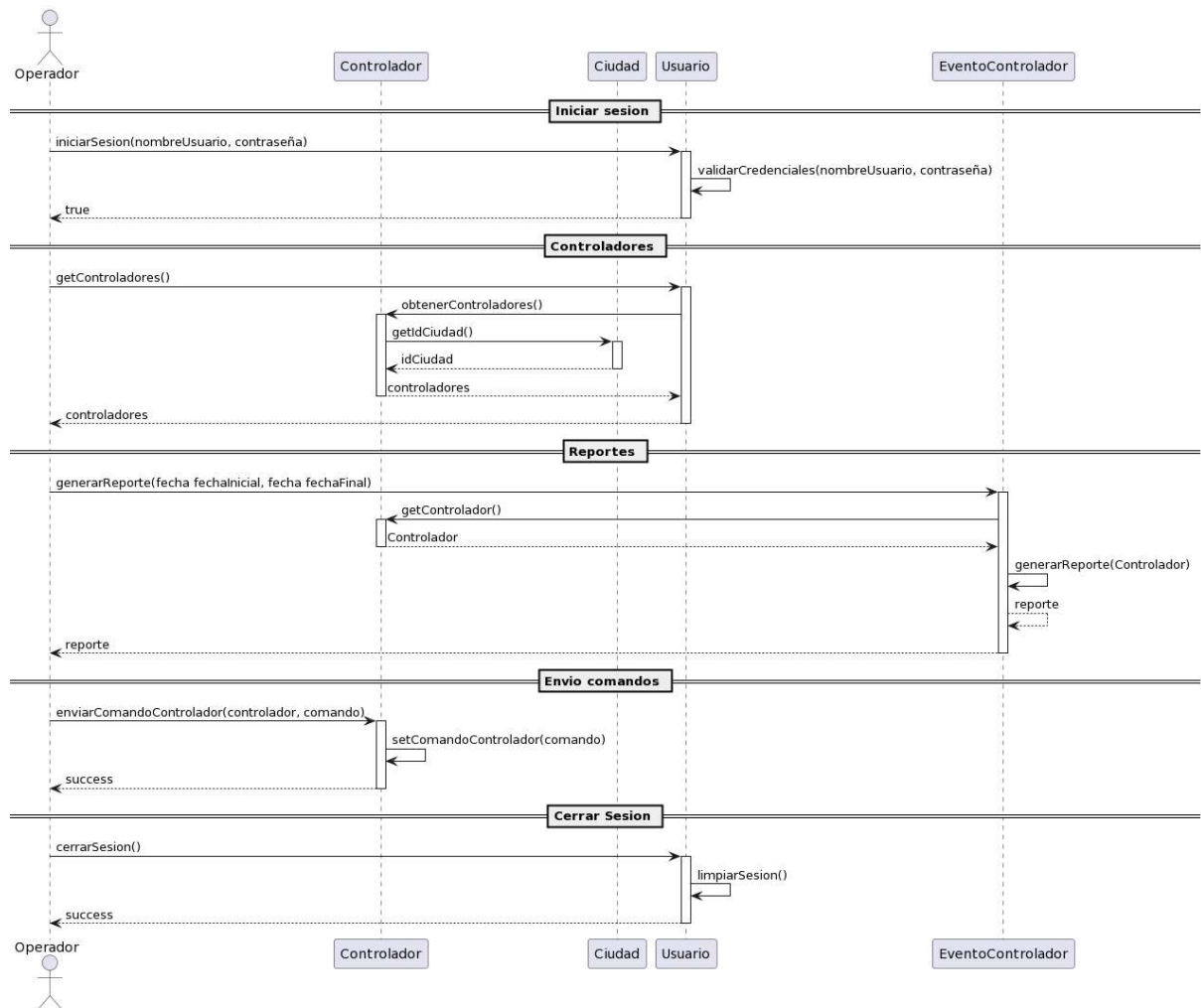
8.3.1 Diagrama De Secuencias

Otro de los diagramas que se utilizó para diseñar el prototipo de un sistema de monitoreo semafórico es el diagrama de secuencias, el cual es una representación gráfica que muestra la interacción entre los objetos o participantes en un sistema a lo largo del tiempo. Este diagrama se utiliza para ilustrar el flujo de mensajes y las relaciones entre los diferentes elementos, proporcionando una visión detallada de cómo se comunican e interactúan durante la ejecución de una funcionalidad específica.

El actor principal es el "Operador" que interactúa con el sistema.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Figura 23 Diagrama de secuencias



Tomado de: Fuente propia

8.3.1.1 Secuencia de inicio de sesión

1. La primera instancia se presenta cuando el operador inicia sesión proporcionando sus credenciales de acceso.
2. Se activa el participante “Usuario” y se realiza una validación de las credenciales ingresadas por el operador.
3. Una vez validadas las credenciales, “Usuario” devuelve una respuesta al operador indicando que las credenciales son correctas o que los datos ingresados son erróneos.
4. Luego, el operador solicita obtener los controladores del sistema.

5. Se activa nuevamente “Usuario” y se envía una solicitud a “Controlador” para obtener la lista de controladores asociados a su perfil. A su vez, “Controlador” se comunica con el participante “Ciudad” para obtener el identificador de la ciudad asociada al controlador.
6. Finalmente, “Controlador” devuelve la lista de controladores a “Usuario”, quien a su vez la devuelve al operador.

8.3.1.2 *Secuencia de generación de reporte*

El operador tiene la capacidad de generar un reporte de eventos de controlador en un período de tiempo específico. Para ello:

1. el operador envía una solicitud al participante “EventoControlador” para generar el reporte, proporcionando las fechas de inicio y fin.
2. Se activa “EventoControlador”, y este envía una solicitud al “Controlador” para obtener los detalles del controlador asociado al evento.
3. “Controlador” devuelve la información del controlador al “EventoControlador”, quien procede a generar el reporte.
4. Finalmente, “EventoControlador” devuelve el reporte al operador.

8.3.1.3 *Secuencia envió comandos*

Además, el Operador puede enviar comandos a un controlador específico.

1. El operador envía una solicitud a “Controlador” para enviar un comando al controlador deseado.
2. Este se activa cuando recibe el comando y lo procesa.
3. Luego, “Controlador” devuelve una respuesta de ejecución satisfactoria al operador indicando que el comando ha sido enviado correctamente.

8.3.1.4 *Secuencia de cierre de sesión*

Por último, el Operador puede cerrar la sesión.

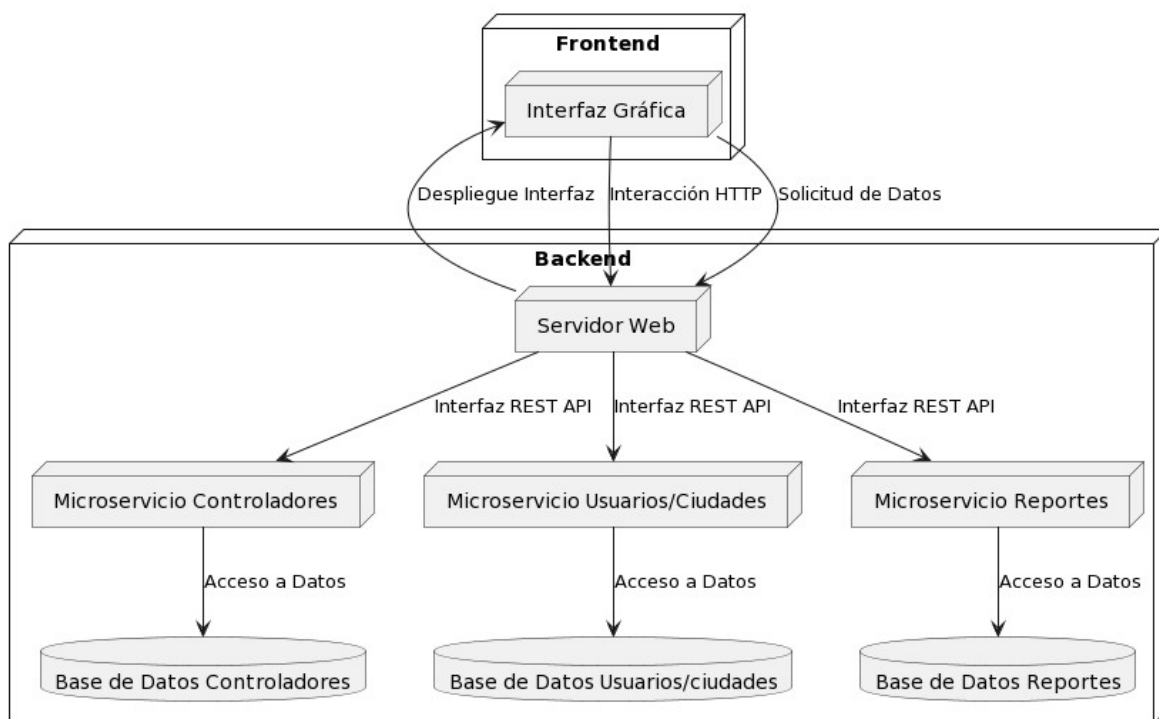
1. El operador envía una solicitud a “Usuario” para limpiar la sesión activa.
2. “Usuario” realiza la limpieza de la sesión.

Luego, “Usuario” devuelve una respuesta de éxito al operador indicando que la sesión se ha cerrado correctamente

8.3.2 Diagrama de despliegue

El diagrama de despliegue es una representación visual de la arquitectura física de un sistema de software, mostrando la configuración y distribución de los componentes en el entorno de despliegue. Este diagrama permite comprender cómo se implementa y organiza el sistema en términos de nodos y las conexiones entre ellos. Además, muestra cómo se distribuyen los artefactos del software y cómo se comunican entre sí.

Figura 24 Diagrama de despliegue



Tomado de: Fuente propia

En el backend, se encuentra el "Servidor Web" que actúa como intermediario entre el frontend y los microservicios. Es responsable de recibir las solicitudes HTTP del frontend y enviar las respuestas correspondientes. Además, el servidor despliega la interfaz gráfica en el frontend para que los usuarios puedan interactuar con ella.

Dentro del backend, hay tres microservicios: "Controladores", "Usuarios/Ciudades" y "Reportes". Estos microservicios están diseñados para manejar funciones específicas del sistema y se comunican con las respectivas bases de datos para acceder a los datos necesarios.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

El "Microservicio Controladores" se encarga de gestionar la información relacionada con los controladores de tráfico. A través de una interfaz REST API, que recibe solicitudes del servidor y realiza operaciones en la base de datos "Base de Datos Controladores" para obtener o actualizar información sobre los controladores y sus componentes.

El "Microservicio Usuarios/Ciudades" es responsable de la gestión de usuarios y ciudades. Proporciona una interfaz REST API para que el servidor pueda realizar operaciones relacionadas con la autenticación de usuarios, asignación de permisos y consultas sobre información de ciudades. Este microservicio se comunica con la base de datos "Base de Datos Usuarios/Ciudades" para acceder y modificar los datos pertinentes.

El "Microservicio Reportes" se ocupa de la generación y almacenamiento de informes relacionados con el sistema de monitoreo de tráfico. A través de su interfaz REST API, el servidor puede enviar solicitudes para generar informes específicos. Este microservicio interactúa con la base de datos "Base de Datos Reportes" para almacenar y recuperar los informes generados.

En cuanto al frontend, se encuentra la "Interfaz Gráfica" que es desplegada por el servidor web. Los usuarios interactúan con esta interfaz a través de sus navegadores web, ya sea desde un PC o un smartphone mediante la interacción HTTP/HTTPS. Realizando solicitudes al servidor para obtener datos o realizar acciones específicas.

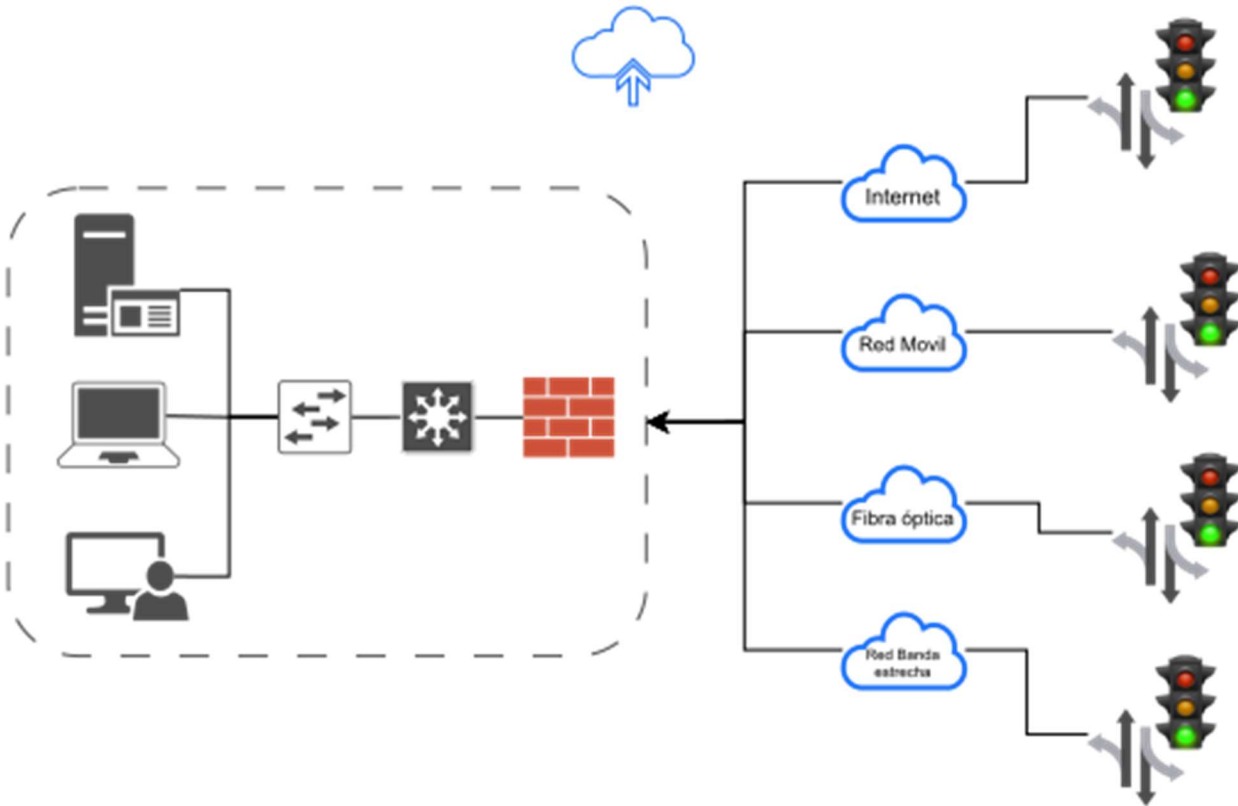
8.4 Infraestructura de comunicación

Después de realizar el estudio de las entrevistas realizadas a los especialistas, de acuerdo con el análisis documental realizado y los principales aspectos relevantes para la toma de decisiones, se ha evidenciado que no es suficiente escoger solo un sistema de comunicaciones o componentes. En cambio, es necesario realizar un análisis detallado de acuerdo con cada escenario considerando las características específicas de cada ciudad. Es necesario considerar aspectos como las necesidades particulares, los recursos e infraestructura existentes, las limitaciones, presupuesto, entorno físico, distancias, entre otros. Cada ciudad y situación requerirá una evaluación individualizada para determinar la mejor solución

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

En la Figura 9 se muestra la arquitectura básica de la red de comunicaciones y componentes, como se explicó en el análisis de los resultados con los métodos de recolección de datos, la red de comunicaciones se puede clasificar en tres capas:

Figura 25 Arquitectura Física



Tomado de: Fuente propia

La primera capa es la de los controladores semafóricos. Estos controladores desempeñan un papel fundamental en la regulación del tráfico en las intersecciones.

Para establecer la comunicación entre los controladores y la central de monitoreo, es necesario que los controladores estén equipados con un módulo de comunicación. Este módulo puede ser de tipo cableado o inalámbrico.

En caso de que los controladores no cuenten con un módulo de comunicación incorporado, se requiere conectarlo a un equipo de comunicación externo que facilita la conectividad con la central de monitoreo.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Existen varios equipos de controladores y comunicaciones disponibles en el mercado que son adecuados para esta implementación. Algunos de estos equipos de bajo costo que podrían considerarse para esta solución en esta primera capa son:

Tabla 3. Precios Infraestructura de comunicaciones

EQUIPO	MARCA	REFERENCIA	PRECIO
Controlador	Siemens	ST-950	\$ 6.950.672
Controlador	Arduino	Tarjeta controladora Arduino.	\$ 111.165
Modem	Phoenix Contact	PSI-GPRS/GSM-MODEM/RS232-	\$ 1.975.905
Modem	Inhand Networks	Inrouter302 Comp Industrial 4g Lte	\$ 1.655.990

En la segunda capa del sistema de comunicaciones, se encuentra el medio de transmisión. En este nivel, es crucial considerar las necesidades específicas, requisitos y la infraestructura disponible en cada ciudad.

Existen varias opciones para establecer la comunicación entre la central de monitoreo y los controladores semafóricos. Una de ellas es utilizar la red de datos de Internet proporcionada por los proveedores de servicios de Internet (ISP) o su red de telefonía. Esta opción aprovecha la infraestructura de conectividad existente y permite una comunicación rápida y confiable. Para esta se debe realizar.

Además, se pueden emplear tecnologías de comunicación de banda estrecha, como LoRaWAN o Sigfox. Estas tecnologías son ideales para aplicaciones de Internet de las cosas (IoT) y ofrecen una comunicación de largo alcance y bajo consumo de energía, lo que resulta beneficioso en el contexto de una red de comunicaciones para una central semafórica en una ciudad emergente.

Finalmente, una opción adicional es aprovechar la infraestructura de fibra óptica existente en la ciudad. La fibra óptica proporciona una velocidad de transmisión extremadamente alta y una gran capacidad de ancho de banda, lo que garantiza una comunicación rápida y confiable entre la central y los controladores semafóricos.

Todas estas opciones de comunicación, ya sea utilizando la red de datos de Internet, la red de telefonía móvil, tecnologías de banda estrecha o la infraestructura de fibra óptica, siguen una

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

topología en estrella, donde la central de monitoreo actúa como el punto central de comunicación con todos los controladores semafóricos distribuidos en la ciudad.

La elección del medio de transmisión dependerá de factores como la disponibilidad de infraestructura, el alcance necesario, ubicaciones y el costo. Para cada ciudad emergente se debe evaluar estas opciones y seleccionar la más adecuada para su contexto específico. De igual forma, a continuación, se muestran posibles opciones de medio de transmisión como referencia, entendiendo la premisa mencionada anteriormente de las particularidades de cada ciudad.

Tabla 4; Precios canales de comunicación

EQUIPO	MARCA	REFERENCIA	PRECIO APROX (COP)	Pago
SIM CARD	Claro	30 GB con conexión a APN de Claro	\$ 120.000	Mensual
Canal MPLS	Mediacommerce	4 Mbps	\$ 478.000	Mensual
LoraWan	Laird Connectivity	PA9-12 (LP) Outdoor RFID (FCC)	\$ 10.287.000	Único

En la capa superior o tercera capa del sistema de comunicaciones para una central semafórica, se encuentran los equipos utilizados en el lugar físico donde se encuentra la central. Esta capa abarca una serie de componentes esenciales para el funcionamiento y la gestión eficiente del sistema.

En primer lugar, se encuentran los equipos de comunicación y seguridad de borde de la central. Esto incluye dispositivos como routers y firewalls, que aseguran la transmisión segura de datos y la protección de la red contra posibles amenazas externas.

Además, se consideran los equipos de distribución, como los switches. Estos dispositivos permiten la interconexión de los diferentes componentes de la red interna de la central semafórica, asegurando una comunicación fluida y confiable entre los diversos elementos del sistema.

En esta capa también se incluyen las estaciones de operación de la central, que son los puntos de control y monitoreo desde donde se supervisan los semáforos. Estas estaciones pueden estar compuestas por computadores, pantallas de visualización y otros dispositivos necesarios para el control.

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

Además, se debe tener en cuenta la infraestructura de servidores utilizada en la central semafórica. Esto puede incluir servidores locales (on-premise), ubicados en las instalaciones de la central, o servidores en la nube (Cloud).

La selección de la mejor alternativa ya sea servidores locales o en la nube, dependerá de factores como los requerimientos de capacidad, seguridad, costos y preferencias específicas de cada implementación.

De acuerdo con el análisis realizado a continuación se muestra una tabla con los posibles equipos que se podrían utilizar en esta capa. Se buscaron en el mercado marcas y referencias reconocidas de bajo costo y funcionales para este tipo de soluciones:

Tabla 5; Tabla de precios infraestructura de implementación

Equipo	Marca	Referencia	Precio aprox.	Pago
Firewall	Fortinet	FG-60F	\$ 3.295.456	Anual
Firewall	Planet	VR-300F	\$ 1.540.000	Único
Router	Planet	SGS-6341-48T4X	\$ 1.998.000	Único
Router	Allied Telesis	AT-X900-24XS	\$ 3.553.400	Único
Switch	Linksys	PC22224 ProConnect	\$ 742.500	Único
Switch	Dlink	DGS-1100-24V2 24 Port Gigabit Smart Switch	\$ 913.500	Único
Servidor	HPE	DL360	\$ 53.590.500	Único
Servidor	DELL	R750XSCLQ4v2	\$ 45.472.500	Único
Servicios Cloud	AWS	Servidores de microservicios Bases de datos microservicios Soporte Dev web server	\$ 21.078.000	Anual
Workstation	HP	Z2 SFF G9	\$ 10.386.000	Único

Al realizar este y la investigación, se ha observado que, en términos de costos a largo plazo, la opción más favorable, es optar por una instalación y configuración de servidores en sitio. Esto

implica tener una infraestructura on-premise. Al comparar los servicios requeridos y cotizados con una empresa en la nube como AWS, se ha concluido que el uso de servicios en la nube resultará considerablemente más costoso a lo largo del tiempo en comparación con mantener una infraestructura física local.

En todos los escenarios de equipos y soluciones de referencia, es importante tener en cuenta que son precios presentados se refieren al suministro del equipo o componente específico. Otros costos y servicios relacionados como instalación, configuración, puesta en marcha, administración, consumibles, soportes y obras civiles no están incluidos en los precios mencionados, entendiendo que el enfoque principal de la solución y del diseño del prototipo a presentar se centra sobre la central semafórica y no sobre los demás elementos que hacen parte de la arquitectura de red de toda la solución.

9. CONCLUSIONES

- Se ha logrado desarrollar un diseño base del sistema de monitoreo que cumple con los requerimientos de flexibilidad, escalabilidad y disponibilidad. Según el análisis realizado, este diseño no exige grandes recursos económicos para su implementación en ciudades emergentes las cuales tienen limitaciones presupuestales para esta área. Sin embargo, es fundamental conocer las particularidades de cada ciudad para adaptar la solución de manera precisa a cada ciudad.
- Comprender el contexto general permite encontrar ciertas similitudes entre las ciudades emergentes, lo que conlleva a desarrollar una solución base, estándar y de bajo costo. Sin embargo, es necesario realizar un análisis individual y específico de cada ciudad, para adaptar la solución a las necesidades y características únicas de cada lugar, asegurando una implementación exitosa y efectiva del sistema de monitoreo semafórico.
- Se ha confirmado que las variables independientes seleccionadas como la arquitectura de software, el lenguaje de programación, la plataforma de ejecución de la solución, junto con los métodos e instrumentos como las entrevistas, revisión de documentos y focus group. fueron adecuados para el proyecto, debido a que proporcionaron información valiosa para poder identificar y examinar los requerimientos técnicos del diseño. Gracias a este proceso de evaluación fue posible descartar herramientas que resultaban inadecuadas

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

especialmente en términos económicos. Asimismo, esto permitió explorar y seleccionar tecnologías, componentes y equipos de última generación disponibles en el mercado para seleccionar soluciones de vanguardia.

- Se ha diseñado el prototipo del sistema de monitoreo semafórico con una arquitectura de software basada en microservicios, lo que garantiza una comunicación estandarizada a través de API REST y la flexibilidad de implementar diferentes lenguajes de programación según los requisitos específicos. Esta solución se destaca por su capacidad de escalabilidad, lo que la hace adecuada para adaptarse a las necesidades cambiantes de las ciudades emergentes. Además, al ser un entorno web, ofrece accesibilidad desde cualquier lugar con conexión a Internet. Como resultado, esta solución innovadora cubre un segmento de mercado desatendido por las empresas que brindan soluciones de sistemas de tráfico
- Tras un análisis de costos de los componentes que constituyen el sistema de monitoreo semafórico, se ha identificado que la elección entre utilizar una infraestructura física o contratar servicios en la nube es el parámetro más relevante que impacta el valor económico del proyecto. Teniendo en cuenta los requerimientos técnicos para desplegar esta solución, la infraestructura física requiere una inversión inicial alta, pero el contratar servicios en la nube será considerablemente más costoso a largo plazo.

10.REFERENCIAS

Alcaldia de Popayan. (2020-2023). *Plan de Desarrollo Municipal*. Popayan: Creo en Popayan.

Recuperado el 06 de 03 de 2023, de

<https://www.popayan.gov.co/NuestraAlcaldia/PublishingImages/Paginas/Plan-de-Desarrollo-Municipal-2020-%E2%80%932023/Plan%20de%20Desarrollo%202020%20-%202023.pdf>

Alcaldia Mayor de Tunja. (2023). *Plan Desarrollo de Tunja*. Tunja: Alcaldia Mayor de Tunja.

Recuperado el 21 de Febrero de 2023, de https://www.asocapitales.co/nueva/wp-content/uploads/2020/11/Tunja_Plan-de-Desarrollo-Municipal_2020-2023.pdf#page=93&zoom=100,109,114

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

- Arevalo Sanchez, P., Cruz Cardenas, J., Guevara Maldonado, C., Palacio Fierro , A., Bonilla Bedoya, S., Estrella Bastidas, A., . . . Ramos Galarza, C. (2020). *ACTUALIZACION EN METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. QUITO, ECUADOR.
- Asociacion Colombiana de Ciudades Capitales. (2021). *Historia de Pereira*. Recuperado el 06 de 03 de 2023, de <https://www.asocapitales.co/nueva/pereira/>
- Asociación Colombiana de Ciudades Capitales. (2021). *Historia Tunja*. Recuperado el 08 de 03 de 2023, de <https://www.asocapitales.co/nueva/tunja/>
- Asociacion Colombiana de Ciudades Capitales. (2022). *Historia Montería*. Recuperado el 04 de 03 de 2023, de <https://www.asocapitales.co/nueva/monteria/>
- Asociacion Colombiana de Ciudades Capitales. (2022). *Historia Popayán*. Recuperado el 08 de 03 de 2023, de <https://www.asocapitales.co/nueva/popayan/>
- Banco Mundial. (2021). *Datos Poblacion Urbana (% del total) Colombia*. Recuperado el 08 de 03 de 2023, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2021&locations=C O-1W&start=1960&view=chart>
- BID Mejorando Vidas. (2022). *BID*. Recuperado el 21 de Febrero de 2023, de Banco Interamericano de Desarrollo: <https://www.iadb.org/es/desarrollo-urbano-y-vivienda/programa-ciudades-emergentes-y-sostenibles>
- Careaga, L. C. (01 de 2015). *ARQUITECTURA DE SOFTWARE*. Recuperado el 05 de 03 de 2023, de Conceptos y ciclo de desarrollo: https://www.researchgate.net/profile/Perla-Velasco-Elizondo/publication/281137715_Arquitectura_de_Software_Conceptos_y_Ciclo_de_De_sarrollo/links/57144e1408aebe07c0641ab/Arquitectura-de-Software-Conceptos-y-Ciclo-de-Desarrollo.pdf
- Concejo Municipal de Montería. (2020-2023). *Plan de Desarrollo Alcaldia de Montería*. Montería. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

<https://www.monteria.gov.co/publicaciones/1069/plan-de-desarrollo-alcaldia-de-monteria/>

DANE, Información para Todos. (2021). *Informes de Estadística Sociodemográfica Aplicada*.

Recuperado el 21 de Febrero de 2023, de

<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/informes-estadisticas-sociodemograficas/2021-10-28-patrones-tendencias-de-transicion-urbana-en-colombia.pdf>

DevExperto - Formación Android & Kotlin. (20 de 08 de 2020). Patrones de diseño software:

Repaso completo en 10 minutos [Video]. Youtube. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de

<https://www.youtube.com/watch?v=6BHOeDL8vls>

Dobulbekova, C. (13 de 12 de 2021). *SDLC ► Why Do You Need Software Prototyping and*

Mockups? Recuperado el 06 de 03 de 2023, de <https://maddevs.io/customer-university/software-prototyping-and-mockups/>

Harris, C. (2020). *Arquitectura de microservicios*. Recuperado el 07 de 03 de 2023

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Coyado , C., & Baptista Lucio, P. (2014). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN* (Sexta ed.). Mexico: Mc Graw Hill.

huaman, W. C. (07 de 09 de 2018). *medium.com*. Recuperado el 05 de 03 de 2023, de Los 10 patrones comunes de arquitectura de software:

<https://medium.com/@maniakhitoccori/los-10-patrones-comunes-de-arquitectura-de-software-d8b9047edf0b>

INFOBAE. (24 de 10 de 2017). *infobae*. Recuperado el 05 de 03 de 2023, de Quién creó el semáforo y cuándo se usó por primera vez:

[https://www.infobae.com/tecno/2017/10/24/quien-creo-el-semaforo-y-cuando-se-uso-por-primera-](https://www.infobae.com/tecno/2017/10/24/quien-creo-el-semaforo-y-cuando-se-uso-por-primera-vez/#:~:text=Fue%20colocado%20en%20las%20afueras,utilizadas%20para%20controlar%20los%20trenes)

[vez/#:~:text=Fue%20colocado%20en%20las%20afueras,utilizadas%20para%20controlar%20los%20trenes](https://www.infobae.com/tecno/2017/10/24/quien-creo-el-semaforo-y-cuando-se-uso-por-primera-vez/#:~:text=Fue%20colocado%20en%20las%20afueras,utilizadas%20para%20controlar%20los%20trenes)

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

- Javier, B. (2020). *Metodología de la Investigación en Arte*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA: IESMBA.
- Jones, E. (18 de 1 de 2023). *AWS vs Azure: Comparación de los gigantes de la computación en la nube*. Obtenido de <https://kinsta.com/es/blog/aws-vs-azure/>
- Las 5 Metodologías de desarrollo de software*. (27 de 10 de 2022). Recuperado el 07 de 03 de 2023, de <https://gooapps.es/2022/10/27/las-5-mejores-metodologias-de-desarrollo-de-software/>
- Leiva, A. (06 de 06 de 2016). *Patrones de diseño de software*. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de <https://devexperto.com/patrones-de-diseno-software/>
- López., J. S. (2021). *Sistema Operativo*. Recuperado el 05 de 03 de 2023, de Software de Aplicación.: <https://proyectocirculos.files.wordpress.com/2013/11/software.pdf>
- Lynch, K. (2008). *The Image of the City*. (E. L. Revol, Trad.) Recuperado el 02 de 03 de 2023
- MarvelApp. (2023). *Rapid prototyping, testing and handoff for modern design teams*. Obtenido de <https://marvelapp.com/>
- McKinsey, G. I. (17 de Octubre de 2012). *BID Mejorando Vidas*. Recuperado el 22 de Febrero de 2023, de Ciudades Sostenibles: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/que-es-una-ciudad-emergente-cuantas-hay-en-america-latina/>
- National Geographic. (2022). *Smart Cities Smart*. Recuperado el 06 de 03 de 2023, de Cities promise that with increasing connectedness, city services and quality of life can be improved.: <https://education.nationalgeographic.org/resource/smart-cities/>
- NicolasWebDev. (07 de 11 de 2017). *Beneficios y costos de la arquitectura de microservicios y en qué casos usarla*. Obtenido de <http://blog.nicolaswebdev.com/2017/11/07/when-to-use-microservices.html>
- NOATEC. (24 de 01 de 2022). *Conoce cómo ha evolucionado el semáforo vehicular y las soluciones innovadoras para ti*. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de Smart Traffic:

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

<https://noatec.co/conoce-como-ha-evolucionado-el-semaforo-vehicular-y-las-soluciones-innovadoras-para-ti/>

O'Sullivan, A. (2012). *Urban Economics*. Recuperado el 04 de 03 de 2023

Pereira Gobierno de la Ciudad Capital del EJE. (2022). *Plan de desarrollo 2020-2023*. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de <https://www.pereira.gov.co/publicaciones/37/plan-de-desarrollo-2020-2023/>

Presta, M. (8 de 12 de 2020). *Los 10 mejores lenguajes de programación* . Obtenido de https://blog.back4app.com/es/los-10-mejores-lenguajes-de-programacion/#Los_10_mejores_lenguajes_de_programacionnbs

Prieto, P. B. (2021). *Los 20 tipos de ciudades (y sus características)*. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de <https://medicoplus.com/ciencia/tipos-ciudades>

Redacción vehiculos. (13 de MARZO de 2020). *EL TIEMPO*. Obtenido de ¿En qué va el sistema de semáforos inteligente de Bogotá?: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/en-que-va-el-sistema-de-semaforos-inteligente-472584>

Ritchie, H., & Max, R. (2018). *Our World in Data*. Recuperado el 21 de Febrero de 2023, de Urbanization: <https://ourworldindata.org/urbanization>

Sánchez Castellanos, M., & Mejía Corredor, C. (2021). *Instructivo para la Elaboración del Segundo Informe de Avance del Proyecto de Investigación*. Bogotá.

Scaler Academy. (31 de 05 de 2022). *What are the Characteristics of Software in Software Engineering?* Obtenido de <https://www.interviewbit.com/blog/what-are-the-characteristics-of-software/>

Shvets, A. (2022). *Clasificación de los patrones*. Recuperado el 28 de 02 de 2023, de <https://refactoring.guru/es/design-patterns/classification>

SICE. (2022). *Tráfico Urbano*. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de <https://www.sice.com/lineas-de-negocio/sistemas-inteligentes-de-trafico/trafico-urbano>

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

- Simões, C. (29 de 12 de 2022). *Resumen de 12 patrones de diseño de software vistos en 2022*. Recuperado el 06 de 03 de 2023, de <https://www.itdo.com/blog/12-patrones-de-diseno-de-software/>
- Soãres de Lima, S., Joséte Luzia , L., Erdmann, A., Giacomelli Prochnow, A., Conceição Stipp, M., & Lima García, V. (18 de 12 de 2009). *La Teoría Fundamentada en Datos. Un camino a la investigación en enfermería*. pág. 5.
- SoluTraffic. (2022). *Brochure soluttraffic*. Cali-Colombia. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de https://soluttraffic.co/wp-content/uploads/2020/11/Brochure_soluttraffic.pdf
- Sosa Ramirez, C. A., & Monterrey Cañas, A. M. (2020). *Diseño de un sistema de semaforización inteligente para controlar flujo vehicular a partir de procesamiento de imagenes*. Bogotá, Bogotá, Colombia. Recuperado el 05 de 03 de 2023
- SWARCO. (2023). *Quienes Somos Swarco*. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de La mejor manera. Todos los días.: <https://www.swarco.com/es#:~:text=SWARCO%20trabaja%20diariamente%20para%20facilitar,en%20segmentos%20de%20mercado%20vinculados.>
- SWARCO. (2023). *SWARCDO X-LINE*. Obtenido de Traffic Light Controllers: <https://www.swarco.com/es/products/traffic-light-controllers/swarco-x-line>
- TÁPANES, Y. (18 de 06 de 2022). *Los 8 mejores framework backend*. Obtenido de <https://saasradar.net/mejores-framework-backend/>
- TecnoTrans. (2022). *¿QUIÉNES SOMOS?* Obtenido de <http://tecnotrans.com.ar/>
- Tipos.co. (s.f.). *Tipos de ciudades*. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de ¿Qué es una «ciudad»? : <https://www.tipos.co/tipos-de-ciudades/>
- Tunja la capital que nos UNE. (2022). *Plan de Desarrollo de Tunja*. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de https://www.asocapitales.co/nueva/wp-content/uploads/2020/11/Tunja_Plan-de-Desarrollo-Municipal_2020-2023.pdf#page=93&zoom=100,109,114

Diseño De Un Sistema De Monitoreo Semafórico Lowcost Para Ciudades Emergentes De Colombia Como Producto De Yunextraffic

- U. del Rosario, & El Consejo Privado de Competitividad CPC. (2022). *Índice de Competitividad de Ciudades (ICC) 2022*. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de <https://urosario.edu.co/static/periodico-nova-et-vetera/nuestra-u/indice-de-competitividad-de-ciudades/index.html>
- wiki Seobility. (s.f.). *Mockup*. Recuperado el 06 de 03 de 2023, de <https://www.seobility.net/en/wiki/Mockup>
- Yunex Traffic. (2021). *Yunex Traffic in Colombia*. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de More than 40 years developing ITS infrastructure solutions in Colombia: <https://www.yunextraffic.com/worldwide/colombia/>
- Yunex Traffic. (2022). *Yunex Traffic mision and vision*. Obtenido de Yunex Traffic: <https://www.yunextraffic.com/mission-vision-and-purpose/#:~:text=We%20develop%20intelligent%20traffic%20solutions,citizens%20who%20live%20in%20them.>
- Yunex Traffic UK. (2020). *Yunex Traffic UK* . Obtenido de Purpose: <https://uk.yunextraffic.com/>
- YunexTraffic. (2022). *Adaptive Traffic Control*. Recuperado el 04 de 03 de 2023, de <https://www.yunextraffic.com/portfolio/smart-intersection/adaptive-traffic-control/>
- YunexTraffic. (2022). *Mission, Vision and Purpose*. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de <https://www.yunextraffic.com/mission-vision-and-purpose/>
- Zabala, S. (27 de Febrero de 2018). *Informando*. Recuperado el 21 de 02 de 2023, de <https://informando.com.co/es/noticias/moderna-central-semaforica-en-villavicencio>
- Zúñiga, F. G. (02 de 03 de 2020). *Arquitectura del software*:. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de concepto, bases e importancia: <https://www.arsys.es/blog/arquitectura-software>