



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

SEDE AZOGUES

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del grado académico de ingeniero
electrónico

TEMA:

**SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE. CASO DE ESTUDIO:
AZOGUES ECUADOR**

Autor:

Patricia Verónica González Pinos

Dirigido por:

Ing. Juan Carlos Ortega Castro. Mg

Azogues – Ecuador

2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

SEDE AZOGUES

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del grado académico de ingeniero
electrónico

TEMA:

**SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE. CASO DE ESTUDIO:
AZOGUES ECUADOR**

Autor:

Patricia Verónica González Pinos

Dirigido por:

Ing. Juan Carlos Ortega Castro. Mg

Azogues – Ecuador

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Patricia Verónica González Pinos con documento de identificación N° 0301971057 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Católica de Cuenca la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE. CASO DE ESTUDIO: AZOGUES, ECUADOR”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Católica de Cuenca, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Católica de Cuenca.

Azogues, septiembre de 2019

Patricia Verónica González Pinos.

CI:0301971057

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de grado, presentado por la Srta. Patricia Verónica González Pinos para optar por el título de INGENIERA EN ELECTRÓNICA, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Azogues, a los 04 días del mes de septiembre de 2019.

Firma:

Ing. Juan Carlos Ortega Castro. Mg

C.I.: 030138819-5

CERTIFICADO DE AUTORÍA

El presente trabajo investigativo de proyecto profesional de grado previo a la obtención del título de Ingeniera Electrónica, cuyo tema es “Sistema de semaforización inteligente. Caso de estudio: Azogues Ecuador”, corresponden al trabajo de investigación del autor, además certifico que he cumplido con todas las observaciones realizadas por el tribunal evaluador.

Estudiante:

Patricia Verónica González Pinos

C.I. 0301971057

AGRADECIMIENTO

Manifiesto mi agradecimiento a Dios y a la Virgen Santísima de la Nube por haberme brindado salud, perseverancia y fuerza para culminar mi trayectoria como estudiante, así como también expreso mi agradecimiento a la Universidad Católica de Cuenca Sede Azogues por la oportunidad que me brindo para conseguir mi sueño de superación.

A mi tutor el Ing. Juan Carlos Ortega por brindarme su confianza, paciencia, conocimientos y experiencia para el desarrollo de mi trabajo de titulación, ya que con ayuda de él logre culminar mi trabajo de fin de grado.

A mi mamá y hermanos (a) por estar apoyándome en todo el transcurso de mi vida estudiantil, por ser ellos el motor que me impulsaron a continuar y no rendirme en los momentos difíciles, por todas sus palabras de aliento que me expresaban.

A mis compañeros con quienes compartimos por muchos años la misma aula, en donde pasamos experiencias inolvidables, así como también compartimos momentos de alegrías y tristezas.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi querida mamá por su amor, confianza, por todo el trabajo y sacrificio de todos estos años, a mis hermanos (a) quienes me animaron para continuar con mis estudios universitarios, por el amor y apoyo que me brindan para luchar por mis sueños y hacerlos realidad.

A mi amiga Claudia, por extender su mano en momentos difíciles, por el apoyo moral, los consejos y sus palabras de aliento que me manifestaron en el transcurso de desarrollo de mi trabajo de titulación.

Resumen

Este trabajo de investigación presenta y desarrolla la planificación para un sistema de semaforización inteligente basado en una red de telecomunicaciones que sea capaz de estipular métricas con las cuales se diseñen algoritmos que ayuden a su implementación, en uno de los puntos con más congestión en las horas pico del centro de la ciudad de Azogues, mediante el uso de sensores y dispositivos de hardware y software, de bajo costo, determinando una solución a este problema social.

En el Capítulo I se detalla la fundamentación teórica y el estudio del estado del arte, referente al congestionamiento vehicular, causas, consecuencias, etc., así como también se detallan principios sobre semaforización, semaforización inteligente, sistemas inteligentes y su funcionamiento. En el Capítulo II se desarrolla el diagnóstico situacional, acerca del congestionamiento que existe en el centro de la ciudad, para de esta manera determinar cuál es el punto más crítico, de mayor congestión, utilizando un tipo de investigación de carácter exploratorio y descriptivo, en este capítulo también se detalla todos los elementos a ser utilizados para el desarrollo del proyecto para finalizar en el Capítulo III con la descripción de la propuesta de implementación, la misma que consta de diagramas de bloques, donde se explica los elementos utilizados, así como también se encuentra diagramas físicos de cómo son las conexiones entre dispositivos.

Palabras claves: Semaforización inteligente, arduino, servidor, PHP



CENTRO DE IDIOMAS

ABSTRACT

This research work presents and develops the planning for an intelligent signaling system based on a telecommunication network that is capable of stipulating metrics with which algorithms are designed to help its implementation, in one of the points with the most congestion in the peak hours of the city center in Azogues, through the use of sensors and devices of hardware and software, of low cost, determining a solution to this social problem.

Chapter I details the theoretical foundation and the study of the state of art, referring to traffic congestion, causes, consequences, etc., as well as detailing principles on traffic lights, intelligent traffic lights, intelligent systems and their operation. In Chapter II the situational diagnosis is developed, about the congestion that exists in the city center, in order to determine which is the most critical point, with the greatest congestion, using a type of exploratory and descriptive investigation, this chapter also details all the elements to be used for the development of the project to finish in Chapter III with the description of the implementation proposal, which consists of block diagrams, where the elements used are explained, as well as physical diagrams of how the connections between devices are.

KEYWORDS: INTELLIGENT TRAFFIC LIGHT, ARDUINO, SERVER, PHP

Azogues, 20 de febrero de 2019

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.


LCDA. GABRIELA ESTRELLA G. MST.
COORDINATOR



ÍNDICE DE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	III
CERTIFICADO DE AUTORÍA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA	VI
Resumen.....	VII
ÍNDICE DE GENERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1 Justificación e importancia.....	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. General	4
1.2.2. Específicos	5
CAPÍTULO II	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1. Tránsito vehicular.....	6
2.1.1. Causas.....	6

2.1.2.	Consecuencias	7
2.1.3.	Efecto invernadero.....	8
2.1.4.	Semaforización	8
2.2.	Semáforos.....	9
2.2.1.	Semáforos sincronizados	10
2.2.1.1.	Funcionamiento.....	10
2.2.2.	Semáforos inteligentes.....	10
2.2.2.1.	Funcionamiento.....	10
2.2.2.2.	Características	11
2.2.2.3.	Ventajas y desventajas	12
2.3.	Sistemas.....	12
2.3.1.	Sistemas inteligentes.....	13
2.3.2.	Sistemas de video vigilancia.....	13
2.3.3.	Sistema ECU 911.....	14
2.4.	Sistemas de telecomunicaciones	14
2.4.1.	Comunicaciones por radio frecuencia	14
2.4.2.	Comunicaciones inalámbricas	16
2.5.	Redes de comunicación.....	16
2.5.1.	Definición.....	16
2.5.2.	Funcionamiento o características.....	16

2.5.3.	Arquitectura de red	17
2.5.3.1.	Configuraciones lógicas de redes inalámbricas	17
2.5.3.1.1.	Enlace punto a punto	17
2.5.3.1.2.	Punto a Multipunto.....	18
2.5.3.1.3.	Multipunto a Multipunto	18
2.5.3.2.	Modelos topológicos.....	19
2.5.3.2.1.	Interconexión total y parcial.....	19
2.5.3.2.2.	Interconexión en estrella	20
2.5.3.2.3.	Interconexión en bus	20
2.5.3.2.4.	Interconexión en árbol.....	21
2.5.3.2.5.	Interconexión en anillo.....	21
2.5.3.2.6.	WPAN.....	22
2.5.3.2.7.	WWAN.....	22
2.5.3.2.8.	WMAN.....	22
2.5.3.2.9.	WLAN.....	22
2.5.4.	Modelo fuente/destino	23
2.5.5.	Modelo productor/consumidor	23
2.6.	Redes Inalámbricas	23
2.6.1.	WiFi.....	23
2.6.2.	Wimax	24

2.7. Tarjeta arduino UNO.....	25
2.7.1. Características técnicas.....	26
2.8. Sensores.....	26
2.8.1. Sensor Ultrasónico.....	27
2.9. Servidor Web.....	27
2.9.1. Funcionamiento	28
2.9.2. Tipo de comunicación (Cliente-Servidor)	28
2.9.3. Interfaz.....	28
2.9.3.1. PHP	28
2.9.3.2. XAMPP.....	28
CAPÍTULO III.....	29
DIAGNÓSTICO SITUACIONAL.....	29
3.1. Situación actual	29
3.1.1. Ubicación geográfica.....	29
3.1.2. Horas pico.....	30
3.1.3. Sistema de semaforización	30
3.2. Evaluación puntos críticos	31
3.2.1. Problemática	32
3.2.2. Consecuencias	33
3.3. Análisis comparativo.....	34

3.3.1. Hardware	35
3.3.1.1. Placas de desarrollo.....	35
3.3.1.2. Dispositivo embebido NI myRIO1900	36
3.3.1.3. Conclusión (placas de desarrollo)	37
3.3.2.1. Sensores ultrasónicos	37
3.3.2.2. Módulo WiFi.....	38
3.3.3. Software (Servicio Web)	39
3.3.3.1. Lenguaje de desarrollo PHP.....	39
3.3.3.2. PHP vs Python	39
3.3.3.3. Conclusiones servicios Web	40
CAPÍTULO IV	41
PROPUESTA.....	41
4.1. Esquema general	41
4.2. Implementación hardware	44
4.2.1. Diagrama físico.....	44
4.2.2. Descripción de hardware	45
4.3. Implementación software	46
4.3.1. Diagrama lógico	46
4.3.2. Definición de métricas.....	48
4.3.3. Algoritmo para porcentaje de tráfico.....	51

4.3.4.	Descripción de software	55
4.3.4.1.	Procesamiento de datos.....	55
4.3.4.2.	Comunicación arduino con módulo WiFi.....	57
4.3.4.3.	Comunicación arduino con servidor Web.....	58
4.3.5.	Descripción aplicación Web.....	63
4.4.	Obtención y análisis de resultados	65
4.4.1.	Control de usuarios	65
4.4.1.1.	Análisis.....	65
4.4.2.	Control de semaforización.....	66
4.4.2.1.	Análisis.....	67
4.4.3.	Monitoreo de semaforización	68
4.4.3.1.	Análisis.....	68
4.4.4.	Funcionamiento normal.....	69
4.4.4.1.	Análisis.....	69
4.5.	Costo de materiales	70
	Conclusiones	71
	Recomendaciones.....	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	74
	Glosario	79
	ANEXOS	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Congestionamiento vehicular.....	6
Figura 2. Co2 producido por las industrias.....	8
Figura 3. Semáforo en zona de accidentabilidad.....	9
Figura 4. Semáforo.....	9
Figura 5. Funcionamiento de semáforo inteligente.....	11
Figura 6. Ventajas y desventajas de los semáforos inteligentes.....	12
Figura 7. Ojo de Águila.....	13
Figura 8. Transmisión radioeléctrica.....	16
Figura 9. Enlace punto a punto.....	17
Figura 10. Enlace punto a multipunto.....	18
Figura 11. Enlace Multipunto a Multipunto.....	19
Figura 12. Interconexión total y parcial.....	20
Figura 13. Interconexión estrella.....	20
Figura 14. Interconexión en bus.....	21
Figura 15. Interconexión en árbol.....	21
Figura 16. Interconexión en anillo.....	22
Figura 17. Evolución de estándar 802.11.....	24
Figura 18. Sensor Ultrasónico UCM-R40K1.....	27
Figura 19. Sensor ultrasónico para arduino.....	38
Figura 20. Diagrama de bloques general de semaforización inteligente.....	41
Figura 21. Diagrama de bloques de dispositivos para semaforización inteligente....	42
Figura 22. Esquema general para semaforización inteligente (un PC).....	43
Figura 23. Esquema general semaforización inteligente (varios PC).....	43
Figura 24. Diagrama de conexiones hardware semaforización.....	44
Figura 25. Esquema lógico para semaforización inteligente.....	47
Figura 26. Encaminamiento de datos adquiridos por sensores.....	48
Figura 27. Diagrama de flujo adquisición de datos desde sensor.....	49
Figura 28 Tráfico vehicular durante una semana.....	54

Figura 29. Diagrama de flujo para procesamiento de datos.....	56
Figura 30. Diagrama de flujo para arduino como cliente-servidor.....	59
Figura 31. Diagrama de flujo para Tx como cliente.....	60
Figura 32. Diagrama de flujo arduino funcionamiento normal de semáforos	61
Figura 33. Diagrama de flujo arduino Rx como servidor	62
Figura 34. Diagrama de flujo sub-procesos para semaforización inteligente	62
Figura 35. Control y logIn de usuarios	65
Figura 36. Página de control de semaforización (estado en verde)	66
Figura 37. Página de control de semaforización (estados diferentes)	66
Figura 38. Monitoreo de control de tráfico en tiempo real	68
Figura 39. Funcionamiento normal de sistema de semaforización	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Consecuencias del tráfico vehicular	7
Tabla 2	Asignación de las bandas en función de su frecuencia y longitud de onda.	15
Tabla 3	Atributos de una red.	17
Tabla 4	Estándares 802.16	25
Tabla 5	Distribución de semáforos en la ciudad de Azogues.....	31
Tabla 6	Consecuencias del congestionamiento en el centro de Azogues	33
Tabla 7	Descripción de pines conector MXP A y B	36
Tabla 8	Características técnicas del sensor ultrasónico	38
Tabla 9	Experimentos para determinación de tráfico	52
Tabla 10	Datos del tráfico vehicular	53
Tabla 11	Detalle tabla semáforos en MySQL.....	63
Tabla 12	Control de usuarios	64
Tabla 13	Costos de implementación	70

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

A partir de la evaluación de los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) realizado en la ciudad de Azogues el 25 de noviembre del año 2001, se conoció que el número de habitantes hasta dicho año fue de 64.910 personas (INEC, 2001), mismo que al ser comparado con el último censo realizado en el año 2010, muestra un aumento considerable en la población, indicando que el número de habitantes para esa fecha es de 70.064 personas (David, 2010).

Con los datos bien conocidos en cuanto al crecimiento de personas en esta localidad, se determina que la ciudad ha aumentado no solamente en población, sino también en el aspecto económico, de infraestructura y educación, por ello es necesario mantener un acceso adecuado a las diferentes zonas de la misma; dicho acceso se lo realiza con diversos medios de transporte, entre ellos: buses, automóviles, etc.

Al tener como base los datos estadísticos la población, el crecimiento que en la última década que ha sufrido la ciudad de Azogues y el sistema poco eficiente de semaforización, ha generado una principal problemática la cual específicamente trata de la congestión vehicular en algunos puntos, el mismo que causa malestar en conductores y peatones de la urbe.

La principal razón para el congestionamiento vehicular es la desincronización de tiempos en los semáforos, consecuencia de esta también se consigue largos tiempos de espera para poder desplazarse de un lugar a otro. Uno de los puntos con más congestionamiento se encuentra ubicado en el centro del cantón, ocasionando gastos innecesarios de combustible que conllevan a un aumento en la contaminación con la emanación de gases altamente perjudiciales para la salud de la población.

Dicha contaminación provoca aumentos en los índices permitidos para la emanación de ciertos gases que como se conoce causan el efecto invernadero, “se refiere a un mecanismo por el cual la atmósfera de la Tierra se calienta, y es un mecanismo que ha

existido desde que la Tierra tiene atmósfera (hace unos 4,000 millones de años)” (Caballero, Socorro, & Beatriz, 2007)

Efecto invernadero es la retención de calor en la atmósfera debido a la absorción de algunos gases, esto hace que la temperatura media de la superficie sea más caliente. En la atmósfera gran parte de las radiaciones son absorbidas o reflejadas en la superficie de la tierra y en las nubes. Cuanto mayor sea la cantidad de gases retenidos en la atmósfera, mayor es la energía retenida, lo que impide la salida de las radiaciones que equilibraría la temperatura del planeta. (Pérez & Sebastián, 2015)

La congestión vehicular en las horas pico aumenta considerablemente, lo que desemboca en conflictos, impaciencia, agresiones, estrés y aumento en los índices de tolerancia de ruido, problemas que además en algunos de los casos están considerados como contravenciones tipificadas en la ley. Es por ello la necesidad de diseñar un sistema de semaforización inteligente el cual permita a la ciudad evitar congestionamientos vehiculares en las horas picos en los puntos críticos con más índice de tráfico, y esencialmente en el centro de la ciudad de azogues.

CAPÍTULO I

1.1 Justificación e importancia

La tendencia actual en el mundo, para convertir las diferentes ciudades en “inteligentes” requiere de la participación de todas las empresas públicas que se encuentran en el cantón, cada una de ellas en su ámbito detallando “la tecnología que se implementará”. Se trata pues no solo de trabajar sobre aspectos concretos relativos a tecnología, servicios o proyectos sino de abarcar también todo lo que impacta en la sociedad y la economía desde las herramientas digitales tecnológicas.

Por lo cual, el primer paso es contar con una red de telecomunicaciones robusta, inteligente que permita evolucionar en base a los requerimientos que existan a futuro. Muchas de las empresas públicas cuentan ya con estrategias y tendencias a desarrollar para la optimización de los recursos, mejoras de la atención y percepción de los ciudadanos.

La ciudad de Azogues se encuentra ubicada al sur de la provincia del Cañar, está cruzada por varias calles que corren de norte a sur y que se llaman longitudinales o preferenciales, y, también por otras que van de oriente a occidente y que se llaman transversales o secundarias”, la ciudad de Azogues tiene una extensión de 1.550 kilómetros cuadrados, dentro de la misma se encuentra la iglesia Catedral que está ubicada en la Plaza Central, otra iglesia es la de San Francisco ahí es donde se venera a la Virgen de la Nube. (Silvia, 2007), dentro de ella existe un sistema vehicular, que usa los semáforos sin ningún estudio previo, como demanda, número de vehículos, estadísticas, etc., debido a que existe una gran cantidad de vehículos dentro de la misma se observa gran congestión vehicular; es por esto que al desarrollar este proyecto de tesis se pretende eliminar el atascamiento existente y mejorar la imagen de la ciudad a nivel social y económico.

Socialmente, además, se contribuye a la disminución en la contaminación ambiental, aspecto de suma importancia ya que es tendencia a nivel mundial el cuidado del

ambiente en el que vivimos, más aún cuando la ciudad de Azogues todavía cuenta con espacios verdes, su contaminación es baja comparada con otras ciudades a nivel regional, nacional y mundial; es por esto que cuidar su medio ambiente aporta directamente a la prevención de riesgos y el mejoramiento en la salud de la población. Desde el punto de vista profesional se puede decir que un sistema de semaforización inteligente y el estudio de la red de telecomunicaciones que lo integre, permite tender a llegar poco a poco y con diversas aplicaciones a considerar a la ciudad de Azogues como una “inteligente”, incentivando en los profesionales de la zona la intención de presentar proyectos que permita cumplir estos objetivos con la automatización de diversos procesos y el mejoramiento en aspectos fundamentales de las actividades cotidianas de la población del cantón.

En el aspecto económico al realizar el estudio de los semáforos inteligentes en la ciudad de Azogues, permitirá el descongestionamiento vehicular, lo cual permitirá a los conductores tener un gasto menor de combustible.

Desde el punto de vista académico se aplican los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación en Ingeniería Electrónica, además de perfeccionar los mismos mediante la investigación en un aspecto específico de formación y la practica en el área de telecomunicaciones, automatización de procesos y confort.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Planificar la red de telecomunicaciones que permita la implementación de un sistema de semaforización inteligente, con el análisis de los elementos necesarios para su correcto funcionamiento y la disminución del congestionamiento vehicular, en las principales calles del centro de la ciudad de Azogues.

1.2.2. Específicos

- Desarrollar el proyecto, mediante el estudio del estado del arte de ciudades inteligentes.
- Diagnosticar la situación actual del sistema de semaforización de la ciudad para poder proponer una alternativa de solución.
- Proponer la red de telecomunicaciones que permita interactuar al sistema de semáforos inteligentes en el centro de la ciudad de Azogues.
- Validar la propuesta mediante el análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Tránsito vehicular

Frecuentemente conocido como tráfico o congestión vehicular (Figura 1. Congestionamiento vehicular) que se produce en zonas interurbanas o urbanas como consecuencia del flujo de vehículos al tener exceso de demanda en vías principales, calles o avenidas. Este fenómeno se produce en las conocidas horas pico, en las cuales, transitar a velocidades promedio, optimizando tiempos, no es posible, además, resultado de la aglomeración del tránsito, en varias ocasiones, se producen accidentes y exceso de consumo de combustible (Morales & González, 2013).



Figura 1. Congestionamiento vehicular

Fuente: (Cañar TV, 2017)

2.1.1. Causas

El volumen de tráfico es la causa principal para el congestionamiento vehicular, además, esta crea una alta demanda de espacio, mucho mayor a las disponibles en calles, carreteras o avenidas. También es importante recalcar que no solo ésta es la única causa

ya que existen otra serie de circunstancias específicas que agravan el congestionamiento, una de ellas está relacionada con la reducción de calles en puntos determinados, y, la segunda es el aumento de número de automotores (Morales & González, 2013).

Es importante recalcar que en muchas ciudades altamente pobladas la congestión vehicular es recurrente y se atribuye a la gran demanda de tráfico, lo demás se acusa a incidentes, obras viales o eventos climáticos. (López, 2014).

2.1.2. Consecuencias

Las consecuencias que produce el congestionamiento vehicular, se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 1. *Consecuencias del tráfico vehicular*

Tipo de efecto	Consecuencia
Desaprovechamiento de combustible.	Incremento de contaminación en el aire provocado por las emisiones de dióxido de carbono.
Coste de oportunidad.	Pérdida de tiempo de dueños de automóviles y pasajeros de bus urbano.
Retrasos.	Llegada tarde a trabajos, reuniones, centros escolares, etc.
Incapacidad de medir el tiempo.	Perdida de predicción exacta de tiempo de viaje de un lugar a otro.
Desgaste Vehicular.	Producto de la aceleración y frenado.
Conductores frustrados.	Fomento de ira, estrés y problemas de salud en los conductores.

Fuente: (Morales & González, 2013)

2.1.3. Efecto invernadero

Es un fenómeno que se ha desarrollado en la Tierra, su nombre se debe a que el planeta se desempeña por funcionar de forma similar a un invernadero. Como consecuencia del llamado efecto invernadero se producen los GEI (Gases de Efecto Invernadero) cuya presencia en la atmósfera favorece a dicho efecto, los más importantes o determinantes están presentes en la atmosfera de forma natural, aunque esta concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también existen gases producidos por las industrias como el que se visualiza en la Figura 2. Co₂ producido por las industrias (Rojas, 2014).



Figura 2. Co₂ producido por las industrias

Fuente: (El país, 2011)

2.1.4. Semáforización

El proceso de semáforización de una intersección inicia recopilando datos sobre la misma, datos como la cantidad de vehículos que circulan por la intersección, el número de peatones que cruzan, las veces que el tránsito se ve interrumpido por la dificultad de paso, posterior a obtener los datos necesarios y evidenciando que efectivamente se debe colocar un semáforo se procede a hacerlo (López, 2014).

El control vehicular por medio del semáforo es una ayuda para evitar los accidentes de tránsito, de tal manera que cuando la autoridad competente se percata que en algún lugar están ocurriendo varios accidentes automovilísticos, la medida a la cual recurrirá es colocar un semáforo (Figura 3. Semáforo en zona de accidentabilidad en dicho sitio para así proteger la seguridad de los ciudadanos.



Figura 3. Semáforo en zona de accidentabilidad

Fuente: (El Mundo , 2018).

2.2. Semáforos

Como citaron (Morales & González, 2013). Un semáforo es una señal de tránsito luminosa Figura 4. Semáforo, manejado mediante un controlador o automáticamente, diseñada con el fin de regular el paso de vehículos y personas por las calles, controlar y aligerar el tránsito, evitar accidentes de tránsito como atropellamientos o choques en cruces de gran afluencia.



Figura 4. Semáforo

Fuente: (Municipio F, 2018)

Un semáforo cuenta con tres colores, cada uno cuenta con su propia indicación, es decir, cuando se enciende la luz verde, quiere decir que se puede avanzar, la luz amarilla indica precaución y por último la luz roja, cuando esta se prende se procede a detenerse por completo el vehículo.

2.2.1. Semáforos sincronizados

2.2.1.1. Funcionamiento

La sincronización de los semáforos ayuda en la movilidad de los vehículos, ya que se los hace de tal manera que minimice el tiempo de recorrido por cierta ruta, se puede hacer máximo en grupos de 8 semáforos que se les llamara una ola, la cual, por poner un ejemplo, funcionará con la emisión de una señal, el primer semáforo se activará a los 0 segundos de enviada la señal, el segundo a los 2 segundos después de enviada la señal, así sucesivamente, el cálculo de los tiempos se realizará acorde a la calle, su tipografía, longitud y suponiendo que exista un movimiento uniforme de parte del tránsito (Ortiz, 1994).

2.2.2. Semáforos inteligentes

Como cita (López, 2014) un semáforo inteligente es aquel que determina la cantidad de movimiento automovilístico, de determinado sitio, mediante sensores, para según eso dar el tiempo necesario de paso que se requiera, con el fin de aligerar la carga vehicular de la zona en donde se encuentra.

2.2.2.1. Funcionamiento

Los semáforos inteligentes están integrados por tres elementos: los semáforos, los sensores o cámaras Figura 5. Funcionamiento de semáforo inteligente y la central de control. Los sensores son los que se encargan de receptar la situación del tránsito de la vía de interés, para después enviarlas a la central de control, la cual analizará estos datos para colocar el tiempo óptimo de circulación, ayudando a disminuir el tránsito, ahorrar combustible y reducir la contaminación. (Camarena, Contreras, Moreno, Rodriguez, & Salazar Claudio, 2018).

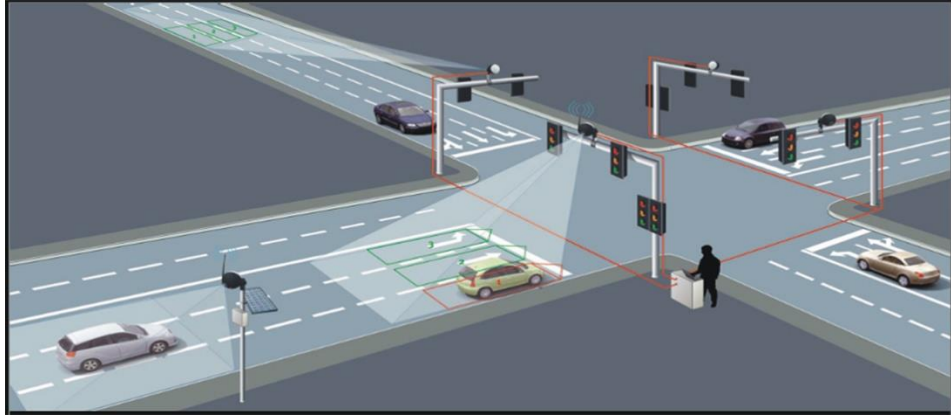


Figura 5. Funcionamiento de semáforo inteligente

Fuente: (Nexu, 2017)

El controlador es completamente independiente, este se basará en las lecturas tomadas por los sensores, para realizar una rápida lectura, tomar una resolución de forma veloz, en beneficio de los conductores, para que estos a su vez logren llegar a su destino en el menor tiempo posible (Rushil, 2015).

2.2.2.2. Características

Algunas características de estos semáforos inteligentes son:

- La base de operaciones matriz se encuentra en la región
- Agilitan la movilidad en la ciudad
- Su accionar se lo puede supervisar por medio de internet
- Lo opera el municipio directamente
- El software es actualizado sin necesidad de cambiar los materiales

2.2.2.3. Ventajas y desventajas

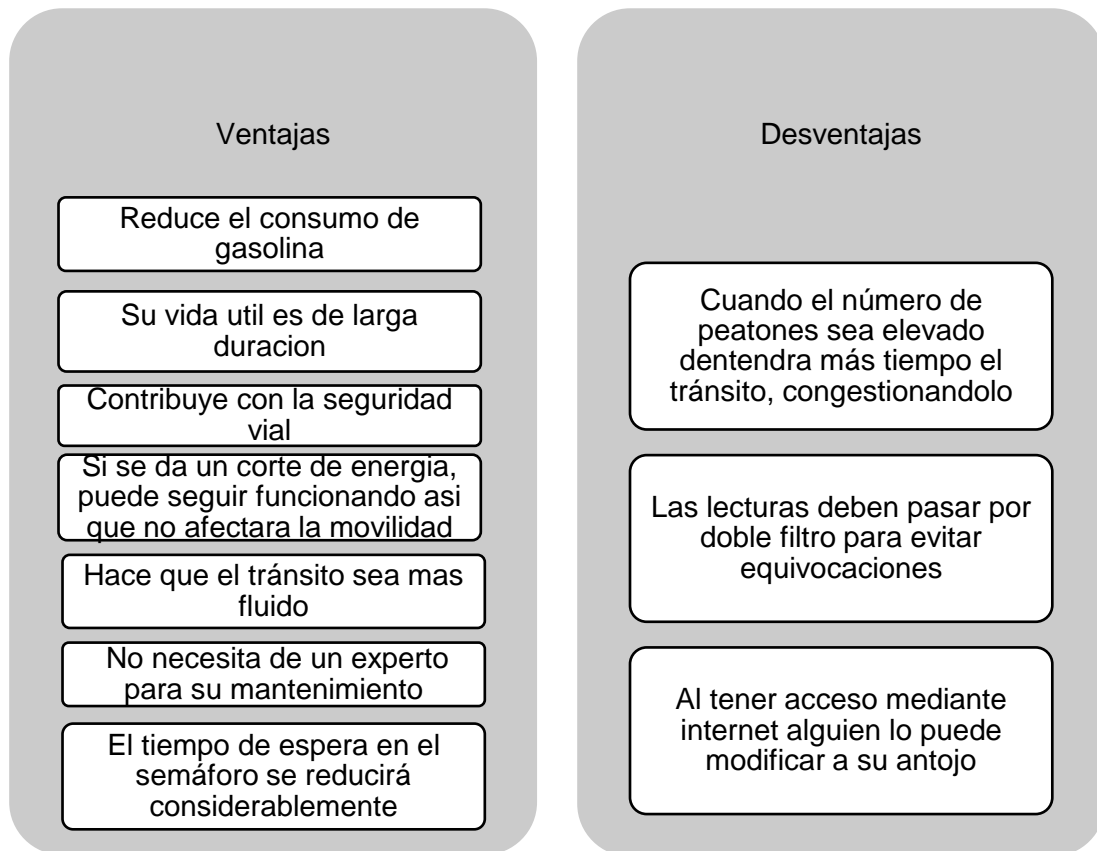


Figura 6. Ventajas y desventajas de los semáforos inteligentes

Fuente: (Rushil, 2015)

Como se observa en la figura anterior, las ventajas que provee un semáforo inteligente superan por mucho a las desventajas que este pueda presentar, por lo cual puede ser parte de la solución para agilizar el tránsito, cuidando de los peatones y los automóviles al mismo tiempo.

2.3. Sistemas

Los sistemas son conjuntos de instrumentos que tienen la finalidad de incrementar enlaces entre componentes de software con un grupo de redes para agilizar el trabajo de las partes que actúan en él (Morales & González, 2013).

2.3.1. Sistemas inteligentes

Los sistemas inteligentes son programas de computación que tienen la capacidad de reflejar acciones humanas, de allí viene la parte de “inteligentes”, los sistemas más completos son aquellos que a su vez puede recibir comunicación con su entorno para mejorar su funcionamiento, con la finalidad de optimizar su rendimiento y eficacia, también aprenden de cada experiencia con la que tienen que lidiar (Morales & González, 2013).

2.3.2. Sistemas de video vigilancia

El sistema de video vigilancia más utilizado es el CCTV (circuito cerrado de televisión) este sistema actualmente se lo utiliza en varios lugares, tales como: casas, bancos, centros comerciales, edificios. Esto facilita tener controlados estos lugares, monitoreando accidentes que se puedan dar o incluso vigilando la delincuencia (Pavón, 2016).

En el Ecuador se ha implementado un sistema de video vigilancia con recursos públicos llamado “ojos de águila” (Figura 7. Ojo de Águila) en distintos puntos estratégicos a nivel nacional con el objetivo principal de evitar la delincuencia, también es utilizada para monitorear la situación del tránsito, para precautelar la tranquilidad de la ciudad (Löfberg, 2008).



Figura 7. Ojo de Águila

Fuente: (El Diario, 2013)

2.3.3. Sistema ECU 911

Es un sistema que está integrado por: Los Cuerpos de Bomberos de todo el País, Policía Nacional, Cruz Roja, Fuerzas Armadas, Comisión de Tránsito, Ministerio de Salud Pública, entre otros organismos, a través de un único número el 9-1-1, en donde la central se encarga de coordinar una respuesta rápida y eficaz ante cualquier eventualidad que se pueda presentar, esto con el fin de cuidar a la ciudadanía con mejores respuestas ante catástrofes (Sánchez , 2015).

2.4. Sistemas de telecomunicaciones

Los sistemas de comunicaciones actualmente se han enfocado a la transmisión de datos multimedia, para esto se han ayudado de cosas como la capacidad de almacenamiento o el sistema operativo requerido, ya que este sistema de telecomunicación se basa en transmitir señales hacia un receptor que va a interpretar dichas señales para transmitir el mensaje deseado, en lo que más se enfoca es en la transmisión, conmutación y señalización como parte del mensaje enviado, para que después en otro punto, otro servidor pueda interpretar las señales que ha recibido (E.T.S. Ingenieros de telecomunicación, 2003).

2.4.1. Comunicaciones por radio frecuencia

La comunicación por radio frecuencia, también es conocida como espectro de radio frecuencia, se realiza a través de ondas que pueden ser de radio o hertzianas, son las ondas más bajas (establecidas en la Tabla 2. Asignación de las bandas en función de su frecuencia y longitud de onda.) del espectro electromagnético que se ubican entre los 3 Khz (Kilohercios) y 300 Ghz (gigahercios) (Ancalla, 2017).

Tabla 2. Asignación de las bandas en función de su frecuencia y longitud de onda.

Nombre	Abreviatura inglesa	Banda ITU	Frecuencia	Longitud de onda
			Inferior a 3 Hz	>100.000 Km
Extra baja frecuencia	ELF	1	3-30 HZ	100.000- 10.000 Km
Súper baja frecuencia	SLF	2	30-300 Hz	10.000- 1.000 Km
Ultra baja frecuencia	ULF	3	300-3000 Hz	1.000- 100 Km
Muy baja frecuencia	VLF	4	3-30 KHZ	100- 10 Km
Baja frecuencia	LF	5	30-300 KHz	10- 1 Km
Media frecuencia	MF	6	300-3000 KHz	1 km- 100 m
Alta frecuencia	HF	7	3-30 MHZ	100- 10 m
Extra alta frecuencia	VHF	8	30-300 MHz	10- 1 m
Súper alta frecuencia	UHF	9	300-3000 MHz	1 m- 100 mm
Ultra alta frecuencia	SHF	10	3-30 GHZ	100- 10 mm
Muy alta frecuencia	EHF	11	30-300 GHz	10- 1 mm

Fuente: (Canga, 2011)

La comunicación se da por el movimiento de los campos eléctricos y electromagnéticos, como se sabe, el objetivo es trasladar información de un punto a otro, para esto, se pueden utilizar intermediarios como: cables eléctricos, ondas electromagnéticas y señales óptimas, que son las más utilizadas, para tener una idea de cómo funciona la transición de la información se puede observar en la Figura 8. Transmisión radioeléctrica (Ancalla, 2017).

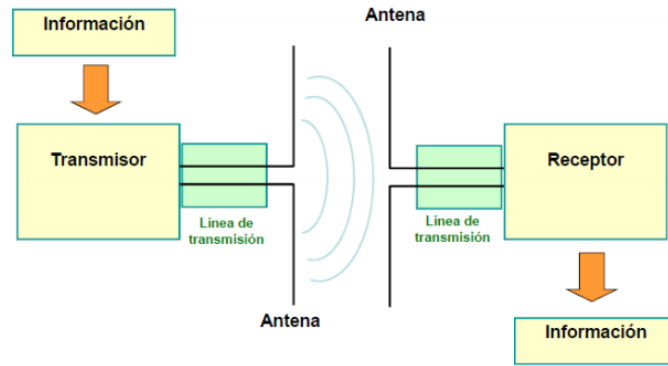


Figura 8. Transmisión radioeléctrica

Fuente: (Ancalla, 2017)

2.4.2. Comunicaciones inalámbricas

La comunicación inalámbrica se da cuando el medio de unión entre dos o más sistemas conectados, no sea por medio de cables, lo que proporciona ciertas ventajas, por ejemplo, para reubicar uno de ellos no se necesitará mover, ni cambiar los cables de comunicación de éste, lo que más se utiliza en estas comunicaciones son las técnicas del infrarrojo y la radio frecuencia (Mayné, 2005).

2.5. Redes de comunicación

2.5.1. Definición

Una red de comunicación se la define como: “Conjunto de nodos y enlaces que proporcionan conexiones entre dos o más puntos definidos para realizar un servicio de telecomunicación entre ellos. En los nodos y enlaces se instalan sistemas y medios correspondientes desarrollados y fabricados por creadores de equipos de telecomunicación.” Como lo menciona (Hackbarth, 2012).

2.5.2. Funcionamiento o características

Como cualquier tipo de comunicación su finalidad será transmitir un mensaje emitido por un emisor y recibido por un receptor, en este caso su fuente de comunicación serán los nodos, existen atributos que clasifican a las redes, mismos que detallaremos en la siguiente tabla.

Tabla 3. Atributos de una red.

Nombre del atributo	Valores típicos
Funcional	Conmutación, transmisión
Estructural	Acceso del usuario, local, regional, nacional
Tecnológico	Análogo, digital- eléctrico, óptico
Movilidad	Termina fijo o móvil
Económico	Propio, alquilado

Fuente: (Hackbarth, 2012).

2.5.3. Arquitectura de red

2.5.3.1. Configuraciones lógicas de redes inalámbricas

2.5.3.1.1. Enlace punto a punto

En este tipo de enlaces, se utiliza un canal de datos para conectar solamente a un par de nodos como se observa en la Figura 9. Enlace punto a punto, al existir solo dos terminales cada uno puede tomar la función de esclavo o maestro, ambos nodos actúan como iguales entre ellos (Jiménez & Leño, 2011).

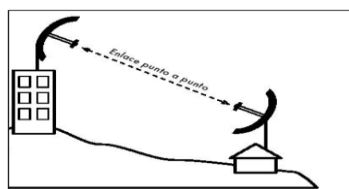


Figura 9. Enlace punto a punto

Fuente: (Jiménez & Leño, 2011).

Estos enlaces tienen un único origen y único destino, como ejemplo para estos enlaces se puede mencionar a la telefonía convencional que opera con este tipo de enlace (E.T.S. Ingenieros de telecomunicación, 2003).

2.5.3.1.2. Punto a Multipunto

Los enlaces punto a multipunto son aquellos en los que existes varios nodos que están conectados a un acceso central como se puede observar en la Figura 10. Enlace punto a multipunto, lo cual sirve a universidades, por ejemplo, para conectar a todo el campus; las empresas de telecomunicaciones utilizan frecuentemente este tipo de enlaces para distribuir fibra óptica; conexiones topológicas punto a multipunto son: estrella, en bus y anillo (Jiménez & Leño, 2011).

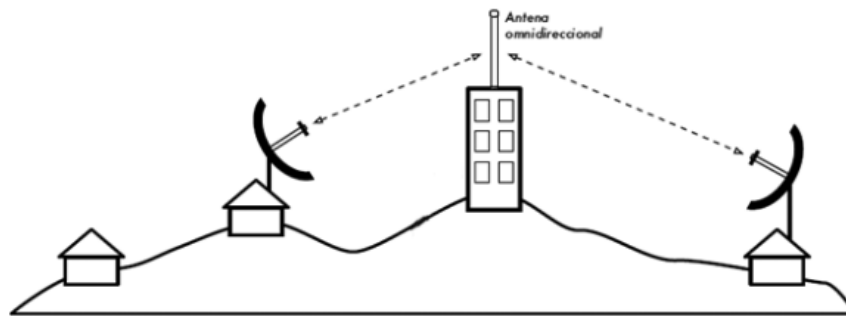


Figura 10. Enlace punto a multipunto

Fuente: (Jiménez & Leño, 2011).

Para estos enlaces existen varios orígenes, pero solo un destino, por este motivo, la mayoría de conexiones son unidireccionales con respecto a la transmisión de información (E.T.S. Ingenieros de telecomunicación, 2003).

2.5.3.1.3. Multipunto a Multipunto

A este tipo de enlaces también se lo conoce como red malla, básicamente son varios nodos conectados, por lo que puede llevar la información que sea necesaria a cualquier otro, la facilidad que presenta este enlace es que para agrandar la red simplemente se colocan más nodos, aunque mientras más grande sea la red, mayor tráfico tendrá, por ende la comunicación se volverá más lenta, aparte al estar todos conectados entre sí la seguridad se verá expuesta (Jiménez & Leño, 2011).

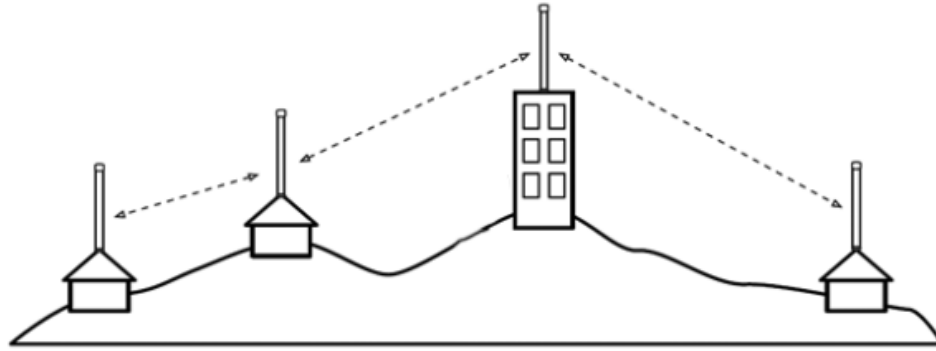


Figura 11. Enlace Multipunto a Multipunto

Fuente: (Jiménez & Leaña, 2011).

Los enlaces multipunto a multipunto se basan en la comunicación con diversas fuentes y así mismo diversos destinos, por lo que fácilmente se lo podría adaptar como una forma de comunicación bidireccional con el hecho de invertir el origen y el destino (E.T.S. Ingenieros de telecomunicación, 2003).

2.5.3.2. Modelos topológicos

Los modelos topológicos de las redes son estructuras de comunicación entre los dispositivos que necesitamos conectar, cada conexión lleva una topología física y una lógica, las distintas topologías físicas como las detallaremos más adelante, las topologías físicas se asocian a cómo deben estar conectados los cables, las topologías lógicas se asocian a las físicas pero estas imponen las reglas de interconexión; cada tipología interviene en cómo se envía y recepta la información (Rosado, 2002).

2.5.3.2.1. Interconexión total y parcial

En este tipo de interconexión se encuentran varias conexiones físicas entre nodos, teniendo diversos canales de comunicación entre dos nodos; la interconexión total es cuando todos los nodos están conectados entre sí con conexión punto a punto; mientras que la interconexión parcial se da cuando no todos los nodos tienen la comunicación punto a punto con los otros nodos que pertenecen a la misma red, como se indica a continuación (Rosado, 2002).

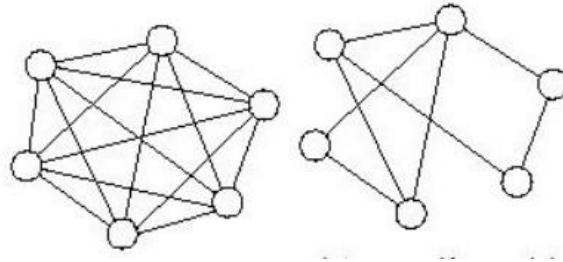


Figura 12. Interconexión total y parcial

Fuente: (Rosado, 2002)

2.5.3.2.2. Interconexión en estrella

Se conoce como interconexión en estrella cuando todos los nodos se encuentran conectados a un nodo central como se detalla en la Figura 13. Interconexión estrella, el cual controlará el acceso a la red y tomará vital importancia ya que, si esta falla hará fallar a toda la red, para este tipo de interconexión se recomienda que los nodos estén cerca del nodo central para facilitar el cableado (Rosado, 2002).

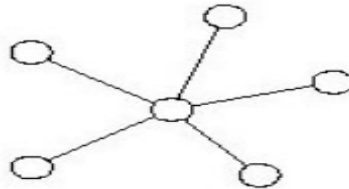


Figura 13. Interconexión estrella

Fuente: (Rosado, 2002)

2.5.3.2.3. Interconexión en bus

Para este tipo de interconexión se utilizan un solo medio de transmisión para la información que se traslada, todos los nodos están conectados a este como indica la Figura 14. Interconexión en bus, por lo tanto la señal la reciben todos los nodos, pero únicamente el nodo para el que va enviada la información es quien acepta la transmisión, esta es la conexión que más se utiliza redes de poco tráfico ya que da buena respuesta de transmisión, aunque un fallo en el medio de transmisión como la rotura del cable, puede dejar inhabilitada a toda la red, sin embargo facilita el anexo y separación de un nodo, simplemente se debe conectar con un segmento pequeño a la línea principal del bus ayudando con la rápida transmisión de datos (Rosado, 2002).

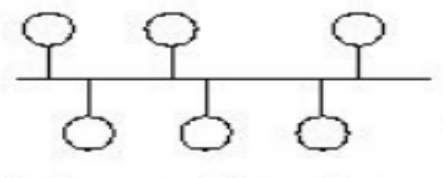


Figura 14. Interconexión en bus

Fuente: (Rosado, 2002)

2.5.3.2.4. Interconexión en árbol

Para esta estructura se unen varios segmentos ramificados tal y como se observa en la Figura 15. Interconexión en árbol., cada ramificación tendrá su característica específica, en esta estructura los componentes que se encargan de unir las ramificaciones toman la importancia del nodo central en la interconexión en estrella, ya que serán los que se encarguen del funcionamiento de su sección (Rosado, 2002).

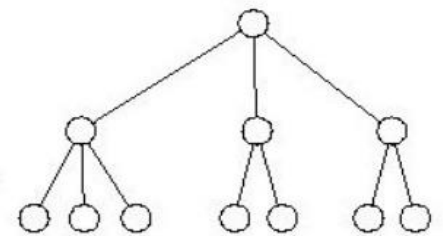


Figura 15. Interconexión en árbol.

Fuente: (Rosado, 2002)

2.5.3.2.5. Interconexión en anillo

En este tipo de estructuras los nodos están conectados en serie, formando en muchas ocasiones un círculo, es de ahí que viene su el nombre de anillo, en esta estructura no existe algún nodo principal, sino que todos están a cargo del buen funcionamiento de red, al estar conectados de esa manera la información tiene que pasar por los demás nodos hasta llegar a su destino, originalmente la transmisión era unidireccional aunque actualmente ya se ha desarrollado un modelo que ayude para que la información pueda ser transportada bidireccionalmente haciendo más veloz el envío de los datos (Rosado, 2002).

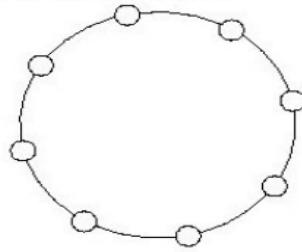


Figura 16. Interconexión en anillo

Fuente: (Rosado, 2002)

2.5.3.2.6. WPAN

Las redes WPAN (red de área personal); estas redes fueron diseñadas para interconectar dispositivos domésticos como el ratón de la computadora, su alcance no sobrepasa los 10 metros, el Bluetooth e infrarrojo pertenecen a estas redes (Quitiaquez & De La Torre, 2014).

2.5.3.2.7. WWAN

Las redes WWAN (red de área amplia); este tipo de redes están enfocadas en abarcar una región o país por completo como las comunicaciones de voz por telefonía las cuales han representado un gran avance comunicacional (Quitiaquez & De La Torre, 2014).

2.5.3.2.8. WMAN

Las redes WAN (red de área metropolitana); en estas redes encontramos al WiMAX, con estas redes podemos abarcar ciudades enteras ya que su alcance llega a los 50 Km y a una velocidad de 75 Mbps que es muy alta, por lo que se espera más avances con estas redes (Quitiaquez & De La Torre, 2014).

2.5.3.2.9. WLAN

Las redes WLAN (red de área local); en esta red opera el Wifi con los estándares 802.11. (Quitiaquez & De La Torre, 2014).

2.5.4. Modelo fuente/destino

Este tipo de modelo funciona emitiendo un mensaje por un nodo, la transmisión sigue repitiéndose llegando a todos los que se les indique, para esto, en la transmisión se debe especificar cuál es el nodo que da origen y al que se quiere llegar, para evitar que se mantenga transmitiendo por tiempo indefinido, el número de nodos a los que se quiera llegar será proporcional al tiempo que se demore, entre más nodos más tiempo tardará, protocolos como: Ethernet, Profibus, Interbus-S, Seriplex y Modbus utilizan este tipo de modelo (Rosado, 2002).

2.5.5. Modelo productor/consumidor

En este modelo, la información enviada es recibida por absolutamente todos los nodos, sin necesidad de repetir la transmisión, pero ya es decisión de cada nodo el aceptar el mensaje o no, ya que cada transmisión cuenta con un identificador mediante el cual se sabrá si deben aceptar el mensaje, al recibir todos la señal, lo hacen simultáneamente así que el tiempo de transmisión de los mensajes siempre será constante, este modelo se lo utiliza para mensajes de difusión completa y semidifusión (Rosado, 2002).

2.6. Redes Inalámbricas

Si bien las redes inalámbricas no necesitan de un cable, requieren de otro medio para poder comunicarse, cosas como el aire, éter o alguna sustancia portadora, la conexión se da con una línea imaginaria trazada entre estos dos sistemas que se requieren conectar, a pesar de que la comunicación es bidireccional, existen casos como el monitoreo que son pasivos y no existe esta condición (Jiménez & Leño, 2011).

2.6.1. WiFi

La Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos para el año 1995 comenzó a permitir que se operen bandas de 5 GHz sin la obligación de contar con las licencias de operación, entonces el IEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) en el año de 1997 presentaron el estándar 802.11 para la regulación de radio digital; en el año 1999 se presentó la expansión de dicho estándar para poder trabajar en redes

inalámbricas de área local, con un alcance de 100 metros y velocidad de 11 Mbits/s dando los primeros avances para todo lo que conocemos hoy en día (Quitiaquez & De La Torre, 2014).

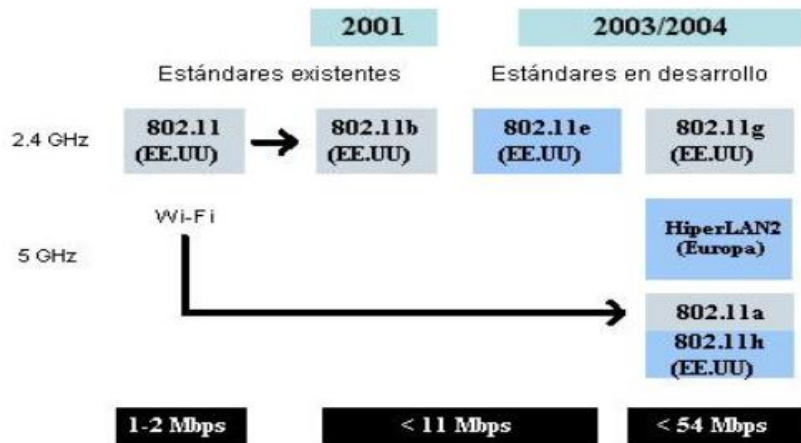


Figura 17. Evolución de estándar 802.11

Fuente: (Quitiaquez & De La Torre, 2014).

La seguridad en las redes es algo importante ya que con el equipo adecuado se pueden infiltrar en la red que se utiliza normalmente para obtener información, hay redes abiertas y redes cerradas, las abiertas no necesitan clave para conectarse, mientras que las cerradas si, esto ayuda en parte a controlar la seguridad, la clave de Wifi por lo general consta de entre 64 y 128 bits, mientras más bits tenga será más segura (Quitiaquez & De La Torre, 2014).

2.6.2. Wimax

Se denomina WiMAX (interoperabilidad mundial para acceso por microondas) el cual opera con gran cobertura, lo que significa que viene a reinventar el mundo de las telecomunicaciones, por ejemplo, al ser una red de cobertura metropolitana puede llegar a lugares de difícil acceso, lo que se traduce en que lugares donde antes no llegaba el servicio de banda ancha ahora lo podrá hacer y con costos más bajos ya que al ser una red inalámbrica no necesitará cables para su conexión. (Quitiaquez & De La Torre, 2014).

Tabla 4. Estándares 802.16

	802.16	802.16a	802.16e	802.16d
Espectro	10-66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz	2-11 GHz
Propagación	Con línea de vista (LOS)	Sin línea de vista (NLOS)	Sin línea de vista (NLOS)	LOS y NLOS
Velocidad	32-134 Mbps con canales de 28 MHz	Hasta 74 Mbps con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbps con canales de 5 MHz	70-100 Mbps con canales de 20 MHz
Modulación	QSPK, 16QAM Y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QSPK, 16QAM Y 64 QAM	SOFDMA	OFDM, OFDMA QSPK, 16QAM Y 64 QAM
Movilidad	Fijo	Fijo	Móvil	Fijo
Ancho de banda	20, 25 y MHz	Seleccionables entre 1,25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia	1,5 a 20 MHz
Radio celda	2-5 Km aproximado	5-10 Km aproximado (alcance máximo 50 Km)	2-5 Km aproximado	

Fuente: (Quitiaquez & De La Torre, 2014)

2.7. Tarjeta arduino UNO

Un arduino es una tarjeta con un microcontrolador que consta de un hardware que es la parte tangible, es decir la tarjeta de circuitos, y un software que implementa lenguajes de programación para controlar los procedimientos (Morales & González, 2013).

2.7.1. Características técnicas

- Posee un microprocesador ATmega328
- Tiene 32 kbytes de memoria Flash
- Dispone de 1 kbyte de memoria RAM
- Frecuencia de 16 MHz
- Posee 13 pins para entradas/salidas digitales las cuales con programables
- Tiene 5 pins para entradas analógicas
- Contiene 6 pins para salidas analógicas de salidas PWM
- Es Completamente autónomo: ya programado no necesita estar conectado al PC
- Chip Microcontrolador ATmega328
- Tiene Voltaje de operación 5V
- Voltaje de entrada (recomendado) 7-12 V
- Voltaje de entrada (limite) 6-20 V
- Digital I/O Pins 14 (con 6 salidas PWM)
- Entradas analógicas Pins 6
- Corriente continua (DC en inglés) corriente I/O Pin 40 mA
- Corriente continua (DC en inglés) corriente 3.3V Pin 50 mA
- Posee Memoria Flash 32 KB (2 KB para el bootloader)
- Memoria estática - SRAM 1 KB
- Memoria ROM - EEPROM 512 byte
- Con una Velocidad de reloj 16 MHz

2.8. Sensores

Los sensores son dispositivos que tienen la capacidad de receptar variables de instrumentación, tales como, la humedad la temperatura, aceleración, movimiento, intensidad lumínica, entre otros, y las convierte en variables eléctricas que posteriormente serán enviadas para su lectura e interpretación (Morales & González, 2013).

La diferencia entre un sensor y un transductor radica en que el sensor estará en permanente con la variable que lo activará, aprovechando las propiedades de la variable que mide para que después otra herramienta tome su correcta interpretación (Morales & González, 2013).

2.8.1. Sensor Ultrasónico

Ultrasónico hace referencia a frecuencias sobre los 20 KHz, las cuales no se pueden percibir, pero al ser frecuencias de onda corta van a tener un rebote mediante el cual se podrá medir la distancia de los objetos, un sensor ultrasónico se compone de dos piezas, la una se encarga de emitir frecuencias muy altas para que después en el rebote, la segunda pieza pueda determinar la distancia que tienen con el otro objeto; usualmente se las utiliza en sensores de movimiento y medidores de distancias (A. G. Electrónica, 2008).



Figura 18. Sensor Ultrasónico UCM-R40K1

Fuente: (A. G. Electrónica, 2008)

2.9. Servidor Web

Es la herramienta en donde se localizan las paginas, un servidor guarda las páginas y controla el acceso a ellas según se lo haya programado, por ejemplo, el buscador Google emplea un clúster con 4000 servidores para su funcionamiento (Rucci, 2015)

2.9.1. Funcionamiento

Básicamente cuando alguien quiere entrar en un sitio web, deberá introducir una URL en su dispositivo, el cual llegará al servidor que este encargado de administrar el acceso a la página, esa será la petición para poder ingresar al sitio web, el servidor lo analizará y lo enviará a la página que se haya deseado (Filippi, 2009).

2.9.2. Tipo de comunicación (Cliente-Servidor)

La comunicación entre cliente/servidor se dará a partir del protocolo HTTP (Hyper Text Transfer Protocol), entonces un servidor HTTP enviará la petición del cliente, al sistema que administre la página web para habilitar el ingreso a la misma, a través de un protocolo TCP, entonces la comunicación se basará en la petición y la respuesta de la misma, por medio de redes como LANs o WANs (Filippi, 2009).

2.9.3. Interfaz

Una Interfaz es el conjunto de medios gráficos que permiten a los clientes el acceso a un sitio web, la interfaz ayuda al usuario durante su navegación por el sitio web ya que se ayuda del material visual para guiarse en su navegación, a continuación, se detallan diferentes tipos de interfaz (Barberá, 2016).

2.9.3.1. PHP

PHP (*Hypertext Preprocessor*) es un lenguaje de programación utilizado para crear contenido HTML, es un lenguaje muy usado en la actualidad, una página HTML funciona con códigos PHP introducidos en ella, los cuales la página web los procesará y tendrá salida visualizada de dichos códigos (Arce, 2018)

2.9.3.2. XAMPP

XAMPP ayuda con la instalación de Software libre el cual principalmente radica en la gestión de datos MySQL, servidor Apache e intérpretes de lenguaje script, opera bajo licencia GNU, es un programa que actúa como servidor web, tiene una gran facilidad de uso (Sanchez & Parra, 2017).

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

En el presente capítulo se realiza el análisis del diagnóstico situacional del congestionamiento vehicular en el centro de la ciudad de Azogues, mismo que se detalla y especifica con la finalidad de plantear la propuesta de solución para la implementación de sistemas de semaforización inteligente, en uno de los puntos de mayor congestionamiento de la ciudad. Para ello se evalúa una serie de características y parámetros actuales que permiten definir un punto de estudio y con el cuál se plantea un proyecto para una posible implementación del sistema.

3.1. Situación actual

3.1.1. Ubicación geográfica

La provincia del Cañar con su capital el cantón Azogues, limita al norte con la provincia de Chimborazo, al sur con la provincia del Azuay, al este con Azuay y Morona Santiago y al Oeste con la provincia de Guayas (Gad Municipal de Azogues, 2015). La extensión del cantón Azogues se encuentra dividida en doce parroquias urbanas y rurales, mismas que se detallan a continuación:

- Urbanas: San Francisco, Borrero, Bayas y Azogues.
- Rurales: Luis Cordero, Guapán, Javier Loyola, Cojitambo, San Miguel, Taday, Pindilig y Rivera son las parroquias rurales

Si bien cada una de las parroquias son importantes para el desarrollo de un sistema eficiente de semaforización, en el presente proyecto se realiza el estudio del centro de la ciudad ya que esta es una de las zonas más concurridas por turistas y personas de la localidad, por su gran riqueza tradicional, por sus viejas casas con balcones de madera tallada y por la Catedral, ubicada en la Plaza Central, con su imponente fachada de piedra, así mismo la afluencia de automóviles por las calles del centro provoca que en las horas pico el congestionamiento vehicular se torne complejo para la libre circulación

y por ende se generen inconvenientes entre transeúntes, conductores del transporte público, etc (ViajandoX, 2018).

3.1.2. Horas pico

Son denominadas “horas pico” a las horas en las cuales se eleva en gran magnitud la afluencia de transeúntes, vehículos particulares, urbanos, escolares y de transporte público; provocando congestión y caos vehicular en calles (primarias, secundarias y transversales), avenidas, etc. Estos embotellamientos se dan exclusivamente en horas de la mañana (7:00 a 9:30), medio día (11:30 a 14:00) y noche (16:00 a 19:30) ya que a estas determinadas horas se producen ingresos y salidas a entidades educativas y empresariales (privadas y públicas), los horarios se establecen al tener como referencia el horario de pico y placa de la ciudad de Quito, con la leve diferencia que en el medio día también se observa congestionamiento especialmente por la salida y entrada de los estudiantes de secciones matutina y vespertina respectivamente (Agencia Metropolitana de Tránsito, 2018).

El centro de la parroquia de Azogues no es la excepción en el caso de congestionamiento vehicular, es más, en ésta el tráfico es bastante caótico, ya que al ser lugar turístico presenta un inconveniente adicional.

Por tales razones el proyecto hace énfasis en el análisis y estudio de diseño de una red de telecomunicaciones para la implementación de sistemas de semaforización inteligente en esta zona.

3.1.3. Sistema de semaforización

El sistema de semaforización en el centro de la parroquia de Azogues en la actualidad sigue siendo ambiguo ya que está basado en la sincronización de semáforos, es decir, cada semáforo es dependiente uno del otro en un determinado perímetro. Sin embargo, para realizar un estudio más específico se han adquirido datos de la distribución de semáforos de la ciudad en las cuales también se entrega las calles con mayor congestionamiento, un resumen de los datos obtenidos más importantes se visualizan en la Tabla 5. Distribución de semáforos en la ciudad de Azogues y la tabla general se

observa en el Anexo 1, cabe recalcar que los datos han sido proporcionados por el GAD de la ciudad de Azogues.

Tabla 5. *Distribución de semáforos en la ciudad de Azogues*

#	Nombre de la calle	Calle de mayor congestión
1	24 de Mayo y Trajano Carrasco	Rivera y Serrano (Malo y Serrano)
2	24 de Mayo y Juan Bautista Cordero	Emilio Abad y Sucre
3	24 de Mayo y Sucre	Sucre y Rivera
4	24 de Mayo y 3 de Noviembre	Sucre y Matovelle
5	24 de Mayo y 10 de Agosto	Bolívar y Azuay
6	24 de Mayo y General Enríquez	Matovelle y Veintimilla
7	24 de Mayo y Aurelio Jaramillo	Azuay y Matovelle

Elaborado por: El autor

En base a los datos de la Tabla 5. Distribución de semáforos en la ciudad de Azogues se verifica que las calles con mayor afluencia de vehículos y que provocan congestión vehicular en horas pico son 7, las mismas que están ordenadas de mayor a menor en base a su prioridad y complejidad, es decir, el nombre de la calle con el #1 es en la cual el caos vehicular es insoportable.

3.2. Evaluación puntos críticos

La evaluación de puntos críticos se realiza para seleccionar solamente una de las calles en la cual se diseña la red de telecomunicaciones para minimizar el índice de congestión vehicular. Para desarrollar dicha selección se debe evaluar factores e índices que por el tráfico hacen que la ciudadanía ponga énfasis y exija para mejorar el sistema de

semaforización y evitar incidentes, accidentes y molestias (provocados por las consecuencias del tráfico). La evaluación, factores y análisis de puntos críticos se detallan en los ítems 2.2.1, 2.2.2.

3.2.1. Problemática

Las preguntas que a diario se escucha en las calles siendo estas expuestas por la ciudadanía son: ¿Cuáles son las consecuencias del tráfico? y ¿Cuándo los GAD harán algo para mejorar el congestionamiento de la ciudad?, este tipo de incógnitas han sido por varios años debatidos, pero sin tener respuesta alguna de los gobiernos de turno, sin embargo, la ciudadanía en los últimos años ha empezado a formular quejas diariamente.

Estas quejas están basadas ya que en la ciudad de Cuenca desde el año 2012 y estando a cargo la Empresa de Movilidad (EMOV), se dio inicio con la implementación de semáforos inteligentes, los mismos que fueron implementados en 128 intersecciones del centro histórico con un promedio de 4 semáforos en cada una de estas. El sistema está compuesto por cuatro pantallas que permiten alertar a los conductores sobre el tránsito en diferentes zonas de la urbe, en ellas que se escriben mensajes informativos para la ciudadanía; por ejemplo, opciones de desvíos cuando las calles se cierran por trabajos en las vías, desfiles o protestas (El tiempo, 2012).

Entonces, con los antecedentes que se mencionan la ciudadanía se encuentra desesperada para que sobre todo el centro de la ciudad, que es un lugar turístico, esté libre de congestión a toda hora del día, y si se tiene presente que la EMOV en el centro de Cuenca implementó ya un sistema de semaforización inteligente la presión que recibe el gobierno de turno es alta, por ello la necesidad de implementar este tipo de sistemas y solventar de una vez por todas el problema de congestión, ya que este no afecta solo a la movilidad sino también a la salud.

3.2.2. Consecuencias

A lo largo de este capítulo se ha presentado información para determinar que un sistema de semaforización inteligente es imprescindible para minimizar el congestionamiento en la calle Malo y Serrano, sin embargo, también se ha visualizado que el tráfico y el tiempo de llegada a los lugares de destino más tarde de lo normal no es la única razón por la que es necesaria la implementación de un nuevo sistema de semáforos, ya que en la última década con el crecimiento de autos particulares las consecuencias del congestionamiento ha provocado que transeúntes, dueños de locales comerciales, etc.; se quejen de otras secuelas, como se observa en la Tabla 6. Consecuencias del congestionamiento en el centro de Azogues

Tabla 6. *Consecuencias del congestionamiento en el centro de Azogues*

Problemática	Consecuencia
Locales comerciales y restaurantes	Pérdida de clientes y por ende económica
Garajes	Inconvenientes e incidentes de usuarios para ingreso y salida de vehículos a garaje
Domicilios	Manchas en fachadas a consecuencia del Co2 que producen los automóviles en calles congestionadas.
Problemas de salud	Las emisiones de Co2 son la causa principal para que residentes del centro de la ciudad presenten inconvenientes con problemas respiratorios. Otro problema que se presenta en la salud se da a nivel de la piel ya que en los últimos 5 años los índices de radiación a medio día son muy altos y

	perjudican a los conductores que se encuentran en embotellamientos a esa hora que es una de las más críticas.
Incidentes vehiculares	A causa del congestionamiento se producen incidentes entre conductores (ira de carrete) y también choques en el centro.
Problemas con turismo	Poca afluencia de turistas a causa del tráfico y las emisiones de Co2.

Elaborado por: El autor

En la Tabla 6. Consecuencias del congestionamiento en el centro de Azogues se resumen algunas consecuencias por las cuales, mejorar el tránsito vehicular de una manera mucha más eficiente es indispensable, sin embargo, estas no son las únicas pero si las más importantes para exigir que los gobiernos locales piensen en plantear alguna solución a corto plazo.

3.3. Análisis comparativo

El presente análisis comparativo se realiza con la finalidad de justificar elementos, dispositivos y herramientas que se utilizan para cumplir con el objetivo de diseño de una red de telecomunicaciones para un sistema de semaforización inteligente, este análisis va a permitir obtener un rendimiento aceptable del sistema que es propuesto en el Capítulo III, a un costo no tan elevado. Cabe recalcar que todo el análisis comparativo se realiza de forma secuencial, es decir, se parte de la selección de placa de desarrollo y a partir de esta se seleccionan las demás herramientas y dispositivos que a su vez van en congruencia con el fundamento teórico detallado en el Capítulo I.

3.3.1. Hardware

3.3.1.1. Placas de desarrollo

En la última década las placas de desarrollo han tomado fuerza y ya de lado han quedado los microcontroladores para desarrollo de cualquier tipo de aplicación de gran magnitud, tal es el impacto que ahora placas como arduino, NI myRIO 1900, raspberry, FPGA, etc; son las más utilizadas por estudiantes de secundaria, universitarios e investigadores para desarrollo de aplicaciones de gran potencial e impacto. Sin embargo, al tener una gama alta de placas se presenta un gran inconveniente, este viene ligado por no saber que placa seleccionar al momento de desarrollar cualquier tipo de aplicación.

Bien, la respuesta a la gran incógnita de selección de placas de desarrollo quizás es sencilla, ya que la gran mayoría de estudiantes van a seleccionar la más sencilla de programar y con un costo bajo, por otro lado, los investigadores van a preferir placas que presenten mucha más complejidad de programación y que sean un aporte a sus investigaciones ya que por lo general estas a nivel lógico presentan muchas más ventajas, pero con un costo más elevado.

Por lo tanto, no solo el costo que sería la respuesta más sencilla a la incógnita de selección de placas, sino la respuesta sería que depende la aplicación y quien sea el usuario que desarrolle la misma para con estas consideraciones poder seleccionar la placa más adecuada. El detallar una comparación de todas las placas de desarrollo consumiría mucho tiempo por las características técnicas, beneficios, ventajas y desventajas que están presentan.

Entonces, para el presente proyecto de investigación se realiza una comparación de dos placas específicamente (arduino y NI myRIO1900), estas se seleccionan ya que son de las más utilizadas para adquisición de señales, monitoreo y control mediante servicios web y como el objetivo del presente proyecto es realizar el diseño de una red de telecomunicaciones para una posible implementación de semaforización inteligente y en la cual se maneja adquisición, monitoreo y control de señales mediante aplicaciones web se compara estas dos placas que a su vez son tarjetas de control. Para comparar estos

dispositivos se presenta un breve detalle del dispositivo NI myRIO 1900 para luego este ser comparado con el apartado 1.7 en el cual se detalla la placa arduino.

3.3.1.2. Dispositivo embebido NI myRIO1900

El NI myRIO1900 es una herramienta que permite efectuar múltiples conceptos de diseño mediante la utilización de entradas, salidas reconfigurables, además este dispositivo está compuesto con E/S en ambos lados del dispositivo en forma de conectores, 10 entradas analógicas, 6 salidas analógicas, 40 líneas de E/S digitales, WiFi, leds, un push-button, acelerómetro interno, un FPGA Xilinx Z-710 y un procesador *dual-core* ARM Cortex-A9 de 667MHz (National Instruments, 2017). En la Tabla 7 se detalla la descripción de los pines del uno de los conectores de la placa en mención.

Tabla 7. Descripción de pines conector MXP A y B

Señal	Referencia	Dirección	Descripción
+15V/-15V	DGND	Salida	+15V/-15V Fuente de poder de salida.
AI0+/AI0-; AI1+/AIA-	AGND	Entrada	±10 V, Diferencial entrada del canal análogo.
AO<0..1>	AGND	Salida	±10 V, referencia, salida análoga.
AGND	N/A	N/A	Referencia para señal análoga entrada y salida y +15 V/ -15 V poder salida.
+5V	DGND	Salida	+5V Fuente de poder de salida
DIO <0..7>	DGND	Entrada o salida	Líneas digitales de 3.3 V salida, 3.3 V/5 V-entrada.
UART.RX	DGND	Entrada	UART recibir de entrada. Las líneas UART son

			eléctricamente idéntica a las líneas DIO.
DGND	N/A	N/A	Referencias para señales digitales +5V y poder de salida.

Fuente: (National Instruments, 2016)

3.3.1.3. Conclusión (placas de desarrollo)

En conclusión al comparar las dos placas de desarrollo mencionadas y al tener como base a la descripción que hace referencia a la placa NI myRIO 1900 y el detalle de arduino en el apartado 1.7, se decide ocupar la tarjeta última mencionada ya que si bien esta necesita de un módulo adicional para poder para poder trabajar con tecnología inalámbrica es mucho más sencilla y familiar al ocupar lenguaje C para programar, mientras que NI myRIO1900 ocupa un lenguaje gráfico que a nivel universitario es muy poco utilizado, por lo tanto, se decide trabajar con la placa que sea mucho más familiar para la implementación de la presente aplicación. Adicional se toma en cuenta que la placa arduino tiene un costo bajo en comparación con la placa NI myRio 1900 que su costo es elevado.

3.3.2.1. Sensores ultrasónicos

Al tener como objetivo principal el diseño para un sistema de semaforización inteligente y conocer que una de las hipótesis que se plantea es “medir” la velocidad de los autos para saber si estos están detenidos o en movimiento y conocer un porcentaje de tráfico basado en la cantidad de autos que pasan el semáforo cuando cambia de un color a otro. En el presente proyecto se toma la decisión de utilizar sensores ultrasónicos (HC-SR04) y no de velocidad ya que estos tienen un costo alto y simplificarían el trabajo de ingenio para determinar métricas que permitan evaluar y determinar un porcentaje de tráfico. Por tal motivo los sensores que se utilizan son ultrasónicos (ver Figura 19. Sensor ultrasónico para arduino) con los cuales se creará un algoritmo ingenioso para estipular métricas que permitan diseñar el sistema de semaforización inteligente. La forma de crear el algoritmo mencionado y la evaluación del mismo se detalla en el capítulo siguiente.

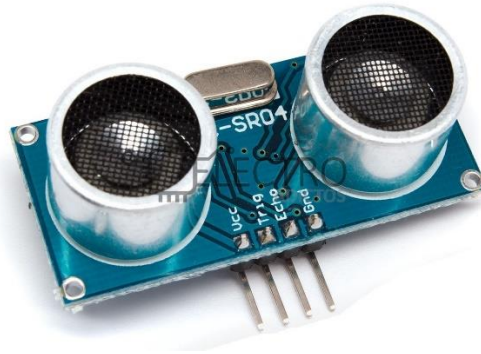


Figura 19. Sensor ultrasónico para arduino

Fuente: (A. G. Electrónica, 2008)

Tabla 8. Características técnicas del sensor ultrasónico

Característica	Descripción
Voltaje de alimentación	+5 VDC
Corriente en espera	< 2mA
Corriente de trabajo	15 mA
Ángulo eficaz	< 15°
Rangos de distancia	2cm a 400cm
Resolución	0.3cm
Ángulo de medida	30°
Ancho del pulso de disparo (Trigger)	10µs
Eco (Echo)	Salida del sensor
Frecuencia de ultrasonido	40 KHz

Fuente: (Galvis, 2013)

3.3.2.2. Módulo WiFi

La selección del módulo WiFi va de la mano con la placa de desarrollo que se utilizará, es por ello que los módulos WiFi disponibles para arduino tienen una gran variedad y al tener en cuenta que en este proyecto no se quiere simplificar o hacerlo de forma sencilla se decide ocupar el módulo ESP-8266, mismo que ayuda para trabajar como servidor y cliente a la vez. En el mercado existen dos módulos de la familia ESP: ESP-8266 y ESP32, cada uno de estos diseñados para aplicaciones totalmente diferentes. El primero permite desarrollar aplicaciones que sean para redes cliente-servidor y el otro orientado completamente al IoT (Internet de las cosas), por lo tanto como el presente proyecto de titulación no se encuentra orientado para IoT se ocupa el módulo ESP-8266, que además

no presente un costo elevado (Gonzalez, 2017). Las características técnicas que presenta este módulo son extensas para ser analizadas detalladamente, por lo tanto se recomienda visualizar el anexo 3, ya que en este se encuentran todas las características del módulo en mención.

3.3.3. Software (Servicio Web)

Para desarrollo de aplicaciones Web existen múltiples lenguajes unos mucho más complejos que otros, sin embargo, en la última década las aplicaciones creadas con lenguaje PHP han sido de gran utilidad. La selección de lenguajes para estas aplicaciones (java script, PHP, java, etc) están netamente ligadas con su grado de complejidad, por tal razón en el presente proyecto se trabaja con PHP ya que es un lenguaje que presenta varias ventajas que se detallan en el siguiente ítem.

3.3.3.1. Lenguaje de desarrollo PHP

PHP es un lenguaje opensource que presenta las siguientes características y ventajas:

- Tiene una curva de aprendizaje muy baja
- Su sintaxis es simple y cumple estándares básicos de la programación
- Dispone de programación orientada a objetos.
- No son necesarios complejos entornos de desarrollo.
- Se puede programar con ayuda de un bloc de notas
- Todos los IDEs disponibles son gratuitos y los entornos de desarrollo son de rápida y fácil configuración.
- Manejo e integración con bases de datos como MySQL.

3.3.3.2. PHP vs Python

Para desarrollo Web en la actualidad compiten varios lenguajes, pero PHP es el que lleva la delantera con respecto a los otros, ya que este maneja como estándares ser los cimientos de sitios muy visitados a diario (Guíadev, 2018).

A continuación, los lenguajes mencionados son comparados.

- Ambos lenguajes tienen expositores en las plataformas más usadas (Windows, Linux y Mac) y su código se puede ejecutar en cualquiera de estas indistintamente siempre obteniendo el mismo resultado.
- En PHP la curva de aprendizaje es corta mientras que en Python se alarga un poco más en desarrollo web, ya que este no fue desarrollado para ello, pero con el transcurrir de los años se adaptó mediante el uso de frameworks.
- Una de las principales ventajas de PHP es la gran cantidad de frameworks tanto de propósito general como específicos para cierto tipo de proyectos que facilitan enormemente el desarrollo, en Python existen pero presentan una menor variabilidad.
- PHP nació para ser usado en aplicaciones Web y de esta forma generar contenido dinámico, a diferencia de Python que es un lenguaje de propósito general que fue adaptado al desarrollo web.
- La documentación oficial de PHP es una de las mejores tanto por cantidad como por calidad, disponibles en muchos idiomas y con una navegabilidad muy buena.
- Es mucho más fácil y barato encontrar servicios de hosting compartidos para alojar proyectos PHP que para hospedar proyectos realizados en Python.

3.3.3.3. Conclusiones servicios Web

Por todas las ventajas y características mencionadas y teniendo en cuenta que la base del proyecto de investigación se basa en el diseño de la red y la obtención de métricas para semaforización inteligente se decide trabajar con PHP ya que es necesaria desarrollar una aplicación Web que permita monitorear y controlar el sistema de semaforización. Además, este lenguaje es opensource y por lo tanto no es necesario obtener algún tipo de licencia para desarrollar la programación, cabe recalcar que esta aplicación puede ser montada sin ningún inconveniente en un servidor Web que también es la base del presente proyecto de investigación y que se detalla en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

A lo largo del presente documento se han detallado varios aspectos que permiten cumplir con el objetivo principal, sin embargo, la propuesta para el diseño de la red de telecomunicaciones para un sistema de semaforización inteligente es lo que se trata en el presente capítulo.

Con el propósito de obtener información real y certera sobre la problemática y la mayor congestión vehicular que se presenta en la ciudad de Azogues, se envió un oficio dirigido a la movilidad de la ciudad de Azogues que se adjunta en el anexo 1, esto con el fin de seleccionar el punto crítico en el cual se va a realizar el presente estudio, al obtener una respuesta de la institución mencionada, se procede a elegir la intersección que corresponde a las calles Benigno Malo y Bartolomé Serrano, debido a que la información corresponde en su gran mayoría a cruces de vías que no poseen semáforos, siendo el factor más importante a considerar debido a la temática de estudio del presente proyecto.

4.1. Esquema general

Para iniciar con la propuesta y el diseño se plantea un esquema general de la implementación a nivel físico (Figura 20. Diagrama de bloques general de semaforización inteligente, Figura 21. Diagrama de bloques de dispositivos para semaforización inteligente, Figura 22. Esquema general para semaforización inteligente (un PC)) en ítems posteriores se detallará específicamente el funcionamiento y modo de operación.

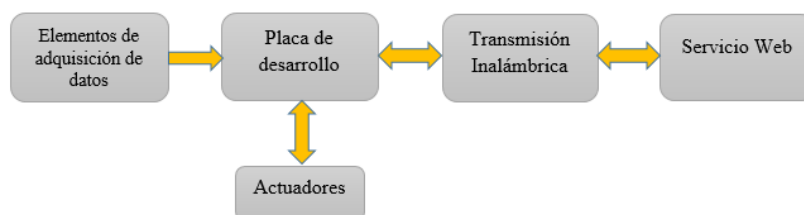


Figura 20. Diagrama de bloques general de semaforización inteligente

Elaborado por: El autor

El esquema que se visualiza en la Figura 20. Diagrama de bloques general de semaforización inteligente describe a través de bloques el procedimiento que se lleva a cabo para conseguir la semaforización inteligente, cada uno de ellos para su correcto funcionamiento poseen dispositivos electrónicos que se interconectan a nivel de hardware (Figura 21. Diagrama de bloques de dispositivos para semaforización inteligente) y lógico (descrito en el ítem 3.4).

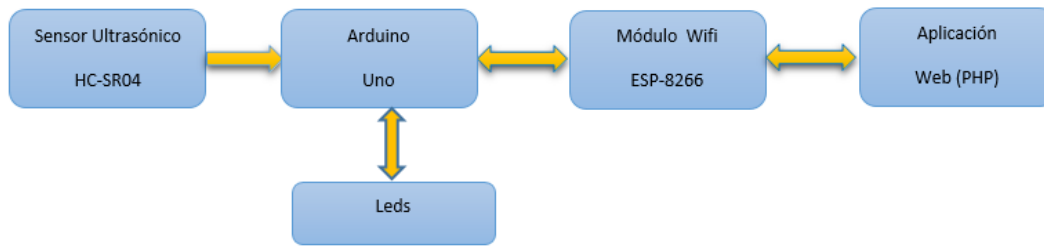


Figura 21. Diagrama de bloques de dispositivos para semaforización inteligente

Elaborado por: El autor

En la Figura 21. Diagrama de bloques de dispositivos para semaforización inteligente se observa cada uno de los elementos electrónicos y de software que caracterizan a los bloques. Es importante mencionar que cada uno de los componentes que se visualizan son descritos en el fundamento teórico y justificado su uso en el CAPÍTULO III DIAGNÓSTICO SITUACIONAL, de igual manera y para un mejor entendimiento en las Figura 22. Esquema general para semaforización inteligente (un PC), Figura 23. Esquema general semaforización inteligente (varios PC) se realiza un esquema global de la solución con la tecnología en la cual el sistema de telecomunicaciones es propuesto para semaforización inteligente en la calle Malo y Serrano.

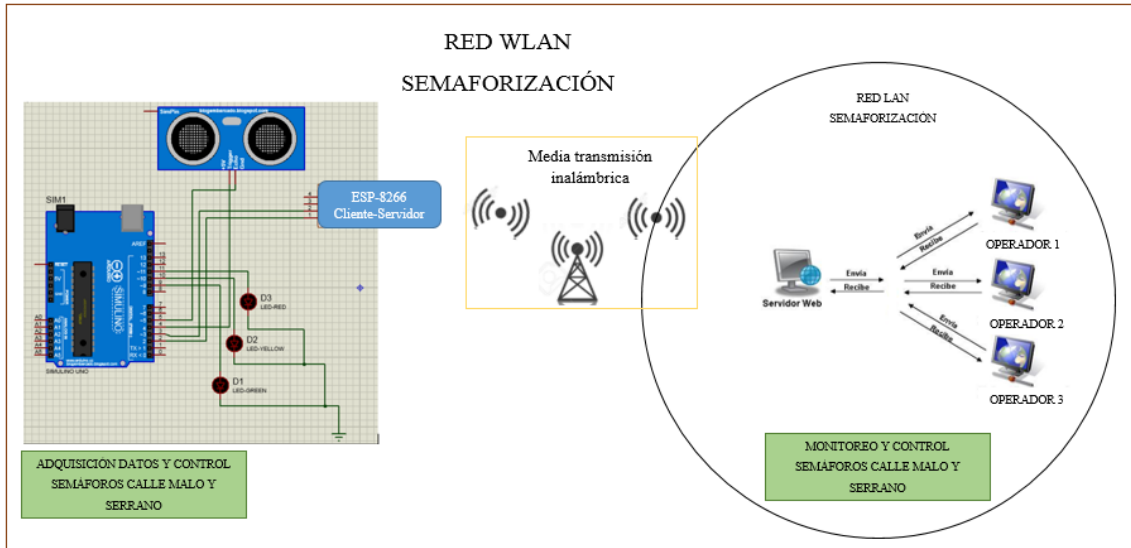


Figura 22. Esquema general para semaforización inteligente (un PC)

Elaborado por: El autor

La solución propuesta que se observa en la en la Figura 22. Esquema general para semaforización inteligente (un PC) permite obtener datos mediante el sensor ultrasónico, procesarlos a través de la placa de desarrollo arduino y enviarlos para que, según estos, se controle la semaforización mediante una aplicación Web desarrollada en PHP. En la siguiente figura se observa el esquema de gestión y control de semaforización inteligente.

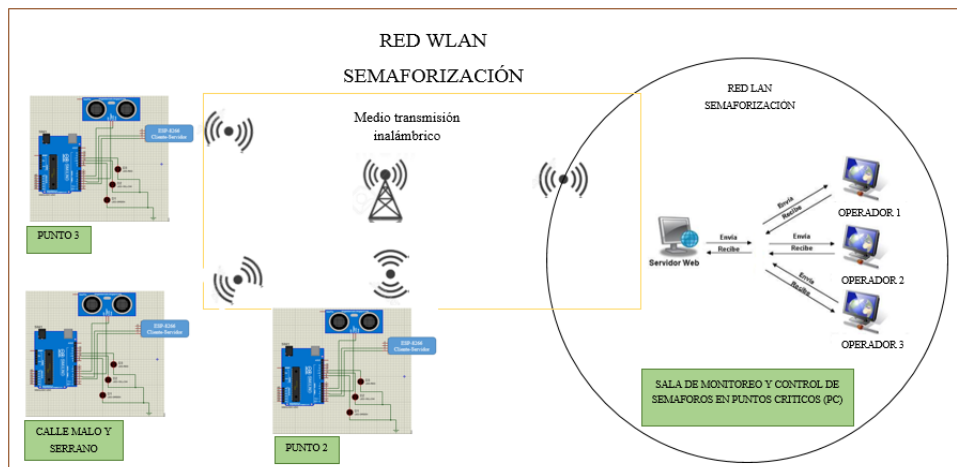


Figura 23. Esquema general semaforización inteligente (varios PC)

Elaborado por: El autor

4.2. Implementación hardware

Con los diagramas y esquemas detallados anteriormente se inicia con el diseño de hardware necesario poder obtener datos, posteriormente estos ser procesados y enviados mediante programación en arduino, para luego ser configurado en el módulo ESP 8266 (arquitectura cliente-servidor).

4.2.1. Diagrama físico

El diagrama físico con elementos y dispositivos necesarios para semaforización inteligente se visualizan en la Figura 24. Diagrama de conexiones hardware semaforización

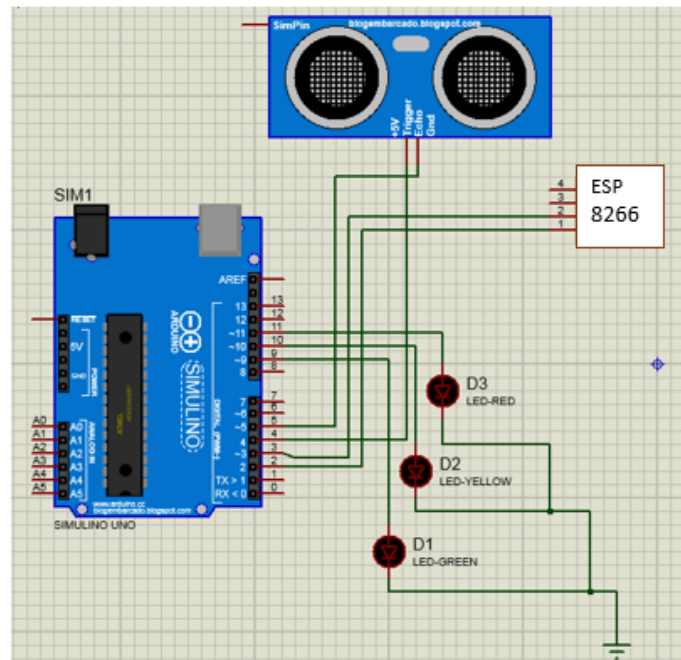


Figura 24. Diagrama de conexiones hardware semaforización

Elaborado por: El autor

En la gráfica se observa que el sensor ultrasónico se conecta a la placa de desarrollo a través de los pines 4 y 5, que a su vez se conecta a los pines 2 y 3 para el uso del módulo WiFi ESP-8266, adicional se tiene 3 leds en los que se visualiza los colores del semáforo (pines 9, 10, 11) a ser controlados (led a controlar verde y rojo, amarillo no necesario) por la aplicación web. Cabe recalcar que el diagrama físico de conexiones es para el

punto crítico seleccionado (calle Malo y Serrano) y por ende se tiene solamente 3 leds ya que son los que mediante semaforización inteligente serán controlados.

4.2.2. Descripción de hardware

El hardware ha sido diseñado con la finalidad de obtener datos que permitan determinar métricas y factores con los cuales se desarrollen algoritmos para determinar el porcentaje de tráfico en el punto crítico antes especificado, además estas conexiones están determinadas para que también los datos una vez que sean procesados puedan ser enviados a una aplicación Web mediante tecnología WLAN y arquitectura de red cliente-servidor.

Es importante mencionar que las conexiones especificadas a nivel de hardware son las más adecuadas para que los elementos y dispositivos electrónicos puedan interactuar entre si una vez que se implementen los algoritmos con lenguaje de programación C, el cual utiliza la placa de desarrollo arduino. De igual manera, cada uno de los datos que sean adquiridos serán primordiales para que los flujogramas que se detallan a continuación sean los más adecuados para determinar el porcentaje de tráfico de autos y de esta forma se obtengan los resultados esperados para semaforización inteligente.

Finalmente, lo que se desea lograr con la implementación de hardware, es tratar de utilizar sensores de bajo costo pero que ayudan a que la propuesta sea mucho más ingeniosa, ya que al no contar con sensores de velocidad se crean algoritmos a partir de los datos que proporciona los sensores ultrasónicos y con estos poder monitorear mediante una aplicación Web el congestionamiento vehicular, por tal razón se pone énfasis en la implementación de software que mediante los datos adquiridos los procesa a través de programación en arduino con código fuente netamente estipulado para la placa de desarrollo mencionada.

4.3. Implementación software

Desde el inicio del presente capítulo se ha hecho énfasis en la parte de software, esto se debe a que la implementación del presente proyecto al usar un hardware de bajo costo económico tiene que ser compensado con un alto costo a nivel de programación para procesamiento de datos adquiridos, transmisión (Tx) y recepción (Rx) de datos haciendo uso de la arquitectura cliente-servidor para el diseño de la red de telecomunicaciones.

Es importante mencionar que todo lo que se desarrolla en el presente capítulo, se lo realiza a nivel de programación en arduino para: adquisición de datos, procesamiento, configuración de módulo WiFi para manejar arquitectura cliente-servidor, control de semáforos; y PHP para monitoreo, control de semaforización y diseño de aplicación Web (manejo de base de datos MySQL y Querys).

4.3.1. Diagrama lógico

En la Figura 22. Esquema general para semaforización inteligente (un PC) se visualizó el diagrama esquemático general para semaforización inteligente, en este no se hace énfasis a la parte lógica, es decir, aún no se conoce específicamente los lenguajes de programación y donde son implementados para cumplir con el objetivo principal. Por tal razón el diagrama que se propone para obtener resultados eficientes y eficaces se visualiza en la siguiente Figura 25. Esquema lógico para semaforización inteligente, misma que se desarrolla a partir de la Figura 22. Esquema general para semaforización inteligente (un PC).

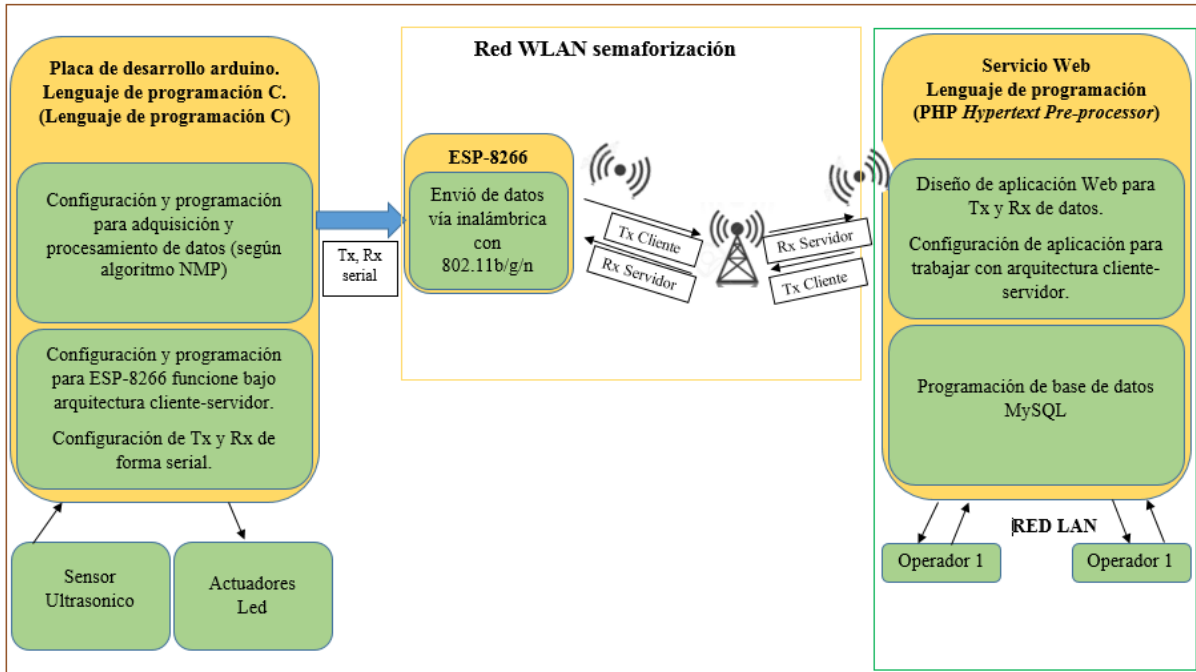


Figura 25. Esquema lógico para semafización inteligente

Elaborado por: El autor

En la gráfica se puede visualizar bloques en los cuales se especifican cada uno de los requerimientos que debe cumplir el software para trabajar a la par con hardware y se pueda cumplir con la semafización inteligente. En resumen, lo que la gráfica muestra es el detalle de la programación que debe encontrarse embebida en la placa de desarrollo arduino para poder ésta enviar los datos hacia la aplicación Web. Los datos desde que son adquiridos por el sensor ultrasónico cumplen el recorrido que se detalla en las Figura 26. Encaminamiento de datos adquiridos por sensores, Figura 27. Diagrama de flujo adquisición de datos desde sensor

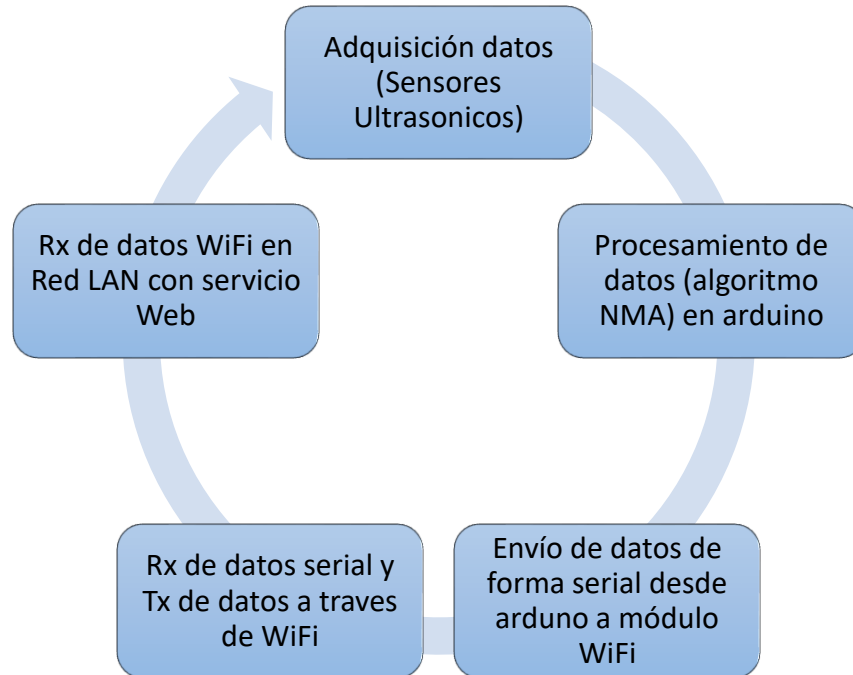


Figura 26. Encaminamiento de datos adquiridos por sensores

Elaborado por: El autor

En la gráfica se puede observar el camino que los datos deben seguir para poder ser monitoreados y controlados mediante una aplicación Web.

4.3.2. Definición de métricas

La definición de métricas o parámetros que permitan determinar un porcentaje de tráfico con el cual un operador sepa cuando poner en funcionamiento la semaforización inteligente es la prioridad y lo que se trata en el presente punto. Por lo tanto, en la Figura 27. Diagrama de flujo adquisición de datos desde sensor se describe el procedimiento que a su vez se convierte en el modo de operación para obtención de métricas para determinar congestión vehicular en un punto crítico (calle Malo y Serrano).

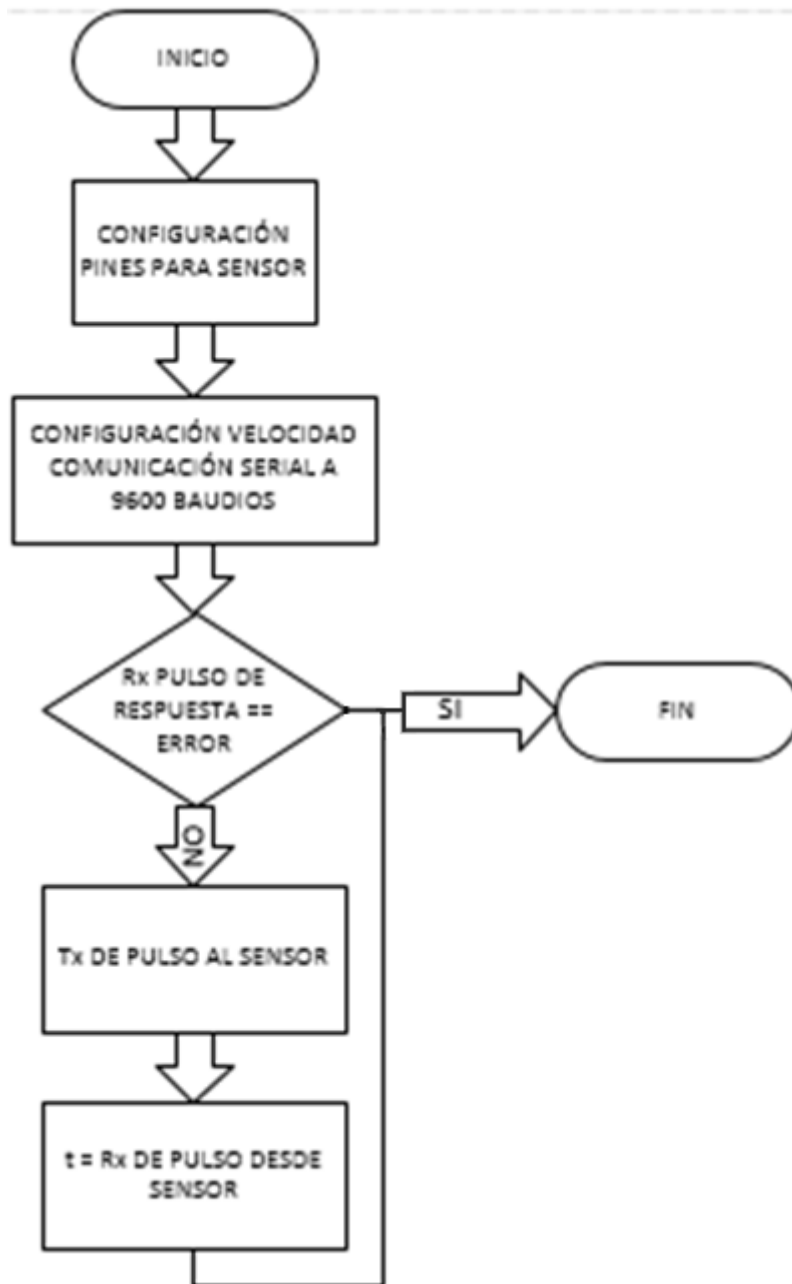


Figura 27. Diagrama de flujo adquisición de datos desde sensor

Elaborado por: El autor

El valor de Rx de pulso que viaja desde el sensor hasta arduino se guarda en una variable ya que esta tiene el tiempo que dura en llegar el eco del ultrasonido, una vez obtenido el tiempo el siguiente paso es calcular la distancia entre el sensor ultrasónico y el objeto, para ello se utiliza la siguiente formula:

$$Velocidad = \frac{distancia}{tiempo} \quad (1)$$

Donde Velocidad es la velocidad del sonido 340m/s, *tiempo* es el tiempo que demora en llegar el ultrasonido al objeto y regresar al sensor (Rx de pulso desde el sensor en Figura 27. Diagrama de flujo adquisición de datos desde sensor), y la *distancia recorrida* es dos veces la distancia hacia el objeto, reemplazando en la formula, despejando la distancia y teniendo en cuenta que se trabajará en unidades cm y microsegundos se obtiene:

$$340 \frac{m}{s} * \frac{1s}{1000000\mu s} * \frac{100cm}{1m} = \frac{2d}{t} \quad (2)$$

$$d (cm) = \frac{t (\mu s)}{59} \quad (3)$$

Finalmente se envía serialmente (si es en 1 o 0) y se almacena en una variable temporal el valor de la distancia, este proceso se lo realiza cada 100ms.(transformación a segundos) Una vez que se tiene la distancia se podría estipular la velocidad para conocer si los objetos se encuentran en movimiento o no, en este caso de estudio el parámetro principal es la velocidad, sin embargo, y como se mencionó y justificó anteriormente al tener sensores ultrasónicos que no me entregan la velocidad como tal a la que se mueve un objeto, se propone la creación de un algoritmo el cual me permita identificar 3 estados (presencia de objeto, no presencia de objeto y objeto en movimiento). Entonces como el proyecto se estructura para semaforización inteligente dichos objetos serán identificados como automóviles, para ello los 3 estados que se manejan son:

- *a* = No presencia de autos.
- *b* = Movimiento de autos.
- *c* = Autos sin movimiento

Los 3 estados mencionados no dependerán de la velocidad como tal sino de la distancia para ser detectados. Por lo tanto, a nivel de hardware lo que se hace es diseñar un sistema electrónico y de telecomunicación que pretenda calcular una métrica que

represente el porcentaje de tráfico (descripción en ítem 3.4.2.1) existente en el punto crítico ubicado entre las calles Malo y Serrano, este valor se obtiene a partir de la combinación de la detección de los 3 estados antes mencionados, cuando los autos están en reposo, en movimiento, y no presencia de autos. Mismos que se obtienen y se cuentan en un lapso de tiempo configurable como se explicó en el anterior párrafo.

4.3.3. Algoritmo para porcentaje de tráfico

Al ser el porcentaje de tráfico el factor principal para poner en funcionamiento la semaforización inteligente, es necesario la creación de un algoritmo el cual es desarrollado en base a los datos que se conoce y que hasta el momento los sensores ultrasónicos entregan. Por lo tanto, a continuación, se explica la metodología que se utilizó para calcular cada uno de los estados y su valor, los mismos que utilizan el valor de la distancia calculada entre el sensor de proximidad y un objeto frente a él (un auto) descritas en base a las ecuaciones 1-3.

- No presencia de autos (*a*): la distancia previamente calculada deber ser mayor a un umbral. (valor determinado)
- Auto en movimiento (*b*): para determinar si un auto se encuentra en movimiento lo que se hace es calcular distancias en un lapso de tiempo, es decir se tendrá dos distancias las cuales al ser restadas se obtiene una distancia final misma que al ser dividida para un tiempo específico me da la velocidad para saber si el objeto está en reposo o en movimiento.
- Auto en reposo (*c*): si *d1* es menor a un primer valor de umbral y la diferencia de distancias (*d1* y *d2*)

En base a la metodología mencionada se crea la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de tráfico (\%)} = \frac{\left(a + \frac{b}{2}\right) * 0,3 + \left(c + \frac{b}{2}\right) * 0,7}{a + b + c} * 100 \quad (4)$$

En la ecuación 4, se puede observar las letras *a*, *b* y *c* que no son más que los estados que fueron descritos anteriormente; el proceso para llegar a esta ecuación propuesta fue haciendo uso de la metodología de campo o experimental, que permite determinar

porcentajes en base a datos experimentales, mismos que se visualizan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Experimentos para determinación de tráfico

	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
	a	B	C
	a	B	C
	b	B	C
	b	B	C
	b	B	C
	b	A	B
	b	A	B
	b	A	B
	c	A	B
	c	A	C
	c	A	C
	b	C	B
	b	C	B
	a	C	C
	a	C	C
	a	A	C
	a	A	C
No presencia de autos	6	8	0
Autos en movimiento	8	5	6
Autos en reposo	3	4	11
¿Hay tráfico?	No	No	Si

Elaborado por: El autor

En los datos de la Tabla 9. Experimentos para determinación de tráfico en las últimas 4 filas se puede observar a simple vista cuando existe o no tráfico en base a los datos observados, sin embargo estos datos hay que sustituirlos en la ecuación 4 y verificar que el algoritmo que se implementa a nivel de programación en arduino es el más adecuado para determinar el porcentaje de tráfico, los cálculos se detallan a continuación.

$$\% \text{ tráfico exp. 1} = \frac{\left(6 + \frac{8}{2}\right) * 0,3 + \left(3 + \frac{8}{2}\right) * 0,7}{6 + 8 + 3} * 100 \quad (5)$$

$$\% \text{ tráfico exp. 1} = 46,47 \%$$

$$\% \text{ tráfico exp. 2} = \frac{\left(8 + \frac{5}{2}\right) * 0,3 + \left(4 + \frac{5}{2}\right) * 0,7}{8 + 5 + 4} * 100 \quad (6)$$

$$\% \text{ tráfico exp. 2} = 45,29 \%$$

$$\% \text{ tráfico exp. 3} = \frac{\left(0 + \frac{6}{2}\right) * 0,3 + \left(11 + \frac{6}{2}\right) * 0,7}{0 + 6 + 11} * 100 \quad (7)$$

$$\% \text{ tráfico exp. 3} = 62,94 \%$$

Una vez reemplazados los datos se puede verificar que efectivamente la ecuación 4 que ha sido planteada funciona para determinar este porcentaje de tráfico, ya que el umbral que se maneja es del 50%, es decir, si el porcentaje calculado es menor al 50% no existe congestión vehicular por lo tanto la semaforización debe funcionar normalmente, pero si éste excede de 50% se tiene que poner en funcionamiento la parte de semaforización inteligente para descongestionar la calle Malo y Serrano.

Las siguientes figuras indican el porcentaje de tráfico vehicular en diferentes horas del día.

Tabla 10. Datos del tráfico vehicular

	6:00-7:00	8:00-9:00	10:00-11:00	12:00-13:00	16:00-17:00
8/5/2019	45%	65.33%	39.33%	60.58%	61.76%
8/6/2019	41.57%	54.76%	48.09%	55.60%	50.76%
8/7/2019	47.14%	54.54%	47.64%	58.80%	60%
8/8/2019	40%	52.96%	46.66%	49.23%	56.95%
8/9/2019	43%	47.27%	45.55%	49.46%	58.88%

Elaborado por: El autor

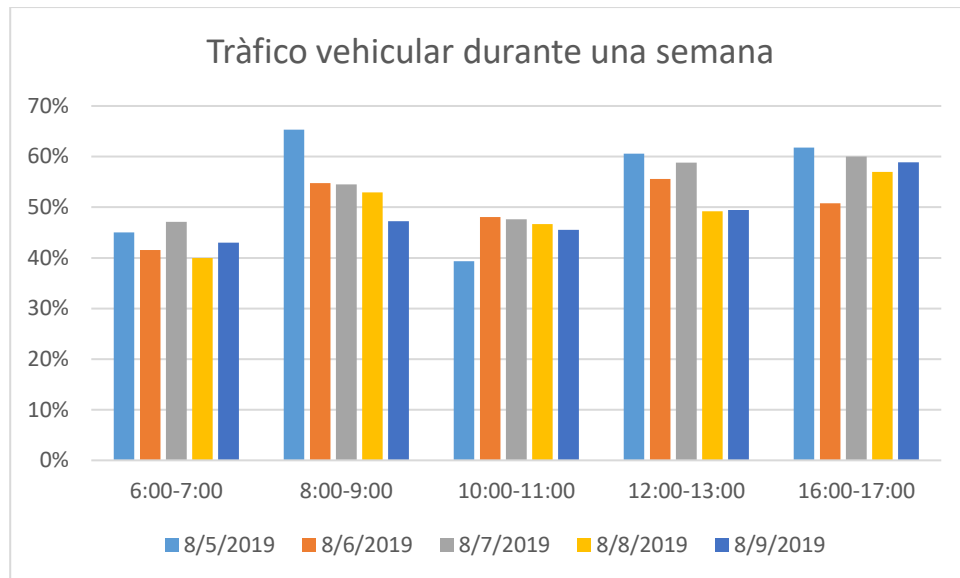


Figura 28. Tráfico vehicular durante una semana

Elaborado por: El autor

Es importante mencionar que para cualquier tipo de prueba experimental la ecuación creada funciona y que ha sido desarrollada con esa finalidad, la explicación de cómo se ingenió para crear este pequeño algoritmo se explica a continuación.

- **Explicación algoritmo**

Este algoritmo tiene como finalidad determinar el porcentaje de tráfico vehicular mismo que ha sido desarrollado y creado en base a los tres estados mencionados anteriormente, para el correcto funcionamiento se ha estipulado prioridades para determinar un porcentaje aproximado, es necesario tener en cuenta que este oscila entre 0 y 100%; en base a esto se determina qué valor de porcentaje del total se da cuando los autos no están presentes, cuando los autos se encuentran en movimiento y cuando los autos se encuentran en reposo.

Con los experimentos desarrollados se determina que el 70% se asigna cuando los autos están en reposo y 30% cuando no existe presencia de autos por lo tanto la fórmula ha sido estipulada tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, sin embargo hay un estado que no ha sido aún tomado en cuenta y es cuando los autos se encuentran en movimiento, este al no ser un factor que determine el congestionamiento como tal se

suma la mitad de este a los factores que si me permiten determinar tráfico vehicular (autos en reposo y no presencia de autos), de esta forma se llega a estipular y verificar la ecuación 4 y misma que es implementada a nivel de software en arduino.

Cabe recalcar que se está estipulando como umbral un valor del 50% para determinar altos o bajos índices de congestión vehicular, por lo tanto si el valor sobrepasa el 50% se verifica que existe tráfico vehicular pero si este es menor al umbral estipulado se establece que no se tiene tráfico y por lo tanto no es necesario poner en funcionamiento semaforización inteligente, dejando a los semáforos con su funcionamiento normal, el cual se base en semáforos sincronizados que tienen tiempos estipulados por el municipio y la empresa que brinda mantenimiento a estos.

4.3.4. Descripción de software

Una vez estipulado el porcentaje de tráfico mediante el algoritmo descrito en el ítem anterior ahora es necesario realizar una descripción de software en el cual se presente a nivel lógico parámetros y características de configuración mediante flujogramas, para luego estos ser interpretados mediante lenguaje de programación C (para arduino) e *Hypertext Preprocessor* (para PHP) y que son presentados en el Anexo 2.

4.3.4.1. Procesamiento de datos

La descripción de software para procesamiento de datos se estipula a partir de la ecuación 4 y cumpliendo el proceso descrito en la figura 28.

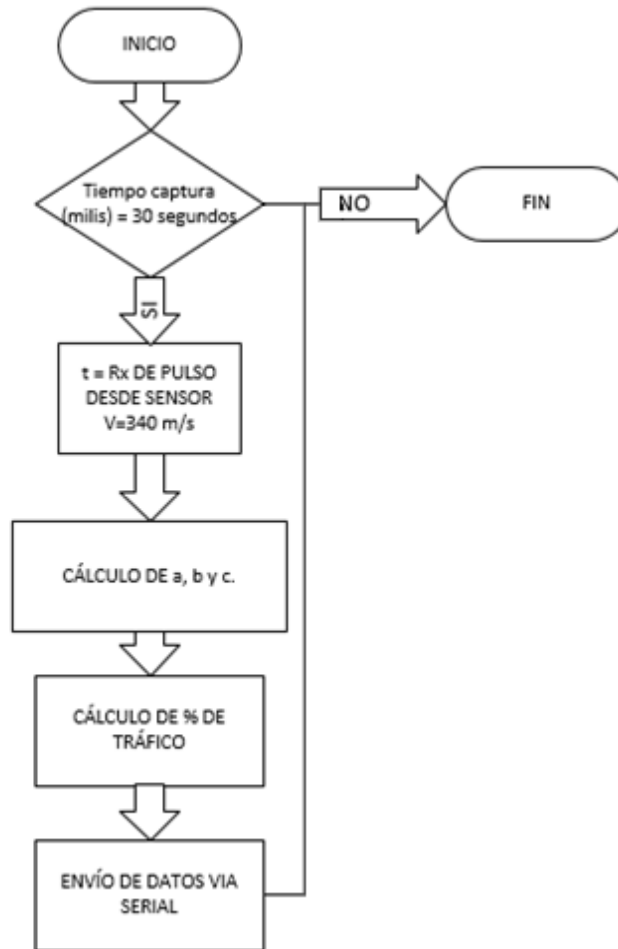


Figura 29. Diagrama de flujo para procesamiento de datos.

Elaborado por: El autor

En la Figura 29. Diagrama de flujo para procesamiento de datos. se puede observar que el procesamiento de datos se realiza tomando valores base desde el diagrama de flujo detallado en la Figura 27. Diagrama de flujo adquisición de datos desde sensor, en el cual los datos que son adquiridos cada intervalo de tiempo (milis) por el sensor ultrasónico y guardados en una variable global a nivel en programación en arduino y a la cual se accede para procesar los mismos, tomando como referencia lo detallado en el ítem 3.4.3 y la ecuación 4 para calcular a, b, c y porcentaje de tráfico.

4.3.4.2. Comunicación arduino con módulo WiFi

Una vez que los datos han sido obtenidos (mediante los sensores ultrasónicos y la placa de desarrollo arduino, figura 27) y procesados (mediante programación en arduino, figura 28) según la necesidad del presente proyecto para minimizar el congestionamiento vehicular mediante las métricas establecidas (a, b, c y porcentaje de tráfico), es necesario iniciar con el detalle del sistema de telecomunicación (entre placa arduino, módulo WiFi y servicio Web) que se efectúa teniendo como base la arquitectura de red cliente-servidor. Por lo tanto, en este ítem se detalla la comunicación entre arduino y su módulo WiFi ESP-8266.

El módulo WiFi se encuentra conectado físicamente a los pines 2 y 3 de arduino (figura 24), y a nivel de software estos pines mediante su configuración de programación se comunica mediante puerto serial haciendo uso de la librería *software serial*, es de suma importancia mencionar que no se usan los pines 0 (Tx) y 1 (Rx) ya que arduino tiene reservados estos para comunicación serial entre PC y arduino mediante cable USB, por tal razón se utilizan los pines 2 y 3.

Una vez especificados los pines (2, 3) estos son declarados como transmisor y receptor para su conexión física con el módulo WiFi ESP-8266, se debe tener en cuenta que las conexiones físicas entre pines Tx y Rx de arduino deben ser conectadas hacia los pines Rx y Tx del módulo ESP-8266, es decir, Tx (arduino) -> Rx (módulo WiFi) y Rx (arduino) -> Tx (módulo WiFi).

Una vez que se conoce la forma de conexión y la configuración de pines en software entre arduino y módulo, ahora se configura al módulo ESP-8266 el cuál funciona mediante comandos AT que no es más que una forma de comunicación serial, es decir, si la configuración se realiza correctamente este responde con "OK" (ver Anexo 2) para indicar que la comunicación es exitosa, sin embargo para recibir este "OK" hay un parámetro principal a tener en cuenta y este es la velocidad con la cual se comunican los dos dispositivos, esta debe ser igual en los dos ya que si no lo es la comunicación jamás se realiza.

La forma de verificar y configurar esta velocidad en arduino no hay inconveniente alguno ya que simplemente con la línea de código *serial.begin (9600)* se consigue la velocidad adecuada, pero para el módulo ESP-8266 la configuración varía ya que configurar está a 9600 baudios se lo hace con comandos AT como se visualiza en el Anexo 2. Una vez configurado el arduino y el módulo WiFi finaliza la configuración para comunicación entre estos dos dispositivos.

4.3.4.3. Comunicación arduino con servidor Web

Al tener como dato relevante el porcentaje de tráfico calculado y determinado anteriormente mediante hardware y software, se tiene en cuenta que los actuadores permitan simular el control de semaforización también se encuentran mediante conexión física en arduino, es inevitable contar con un servidor Web que permita subir y descargar información, en este caso el servidor es una computadora en la cual, se monta un servidor MySQL (para manejo de base de datos) y un servidor apache para desarrollar una aplicación Web mediante idioma PHP y de esta forma poder conectar con la base de datos, monitorear y controlar el sistema de semaforización.

Una vez que se determina las características del servidor y que se determinaron las configuraciones necesarias para la comunicación entre arduino y módulo WiFi, el siguiente paso para continuar con el proceso de la propuesta es desarrollar el sistema de telecomunicación para comunicar el servidor con arduino y su módulo WiFi mediante arquitectura de red cliente-servidor. Este sistema de comunicación es desarrollado en gran parte a nivel lógico, es decir, no hace falta tener conexiones físicas para poder acceder al servidor Web y desde este enviar datos de control para los actuadores que se encuentran en arduino, por lo tanto, el modo de operación de este sistema se lo desarrolla a partir de flujogramas que se visualizan a continuación.

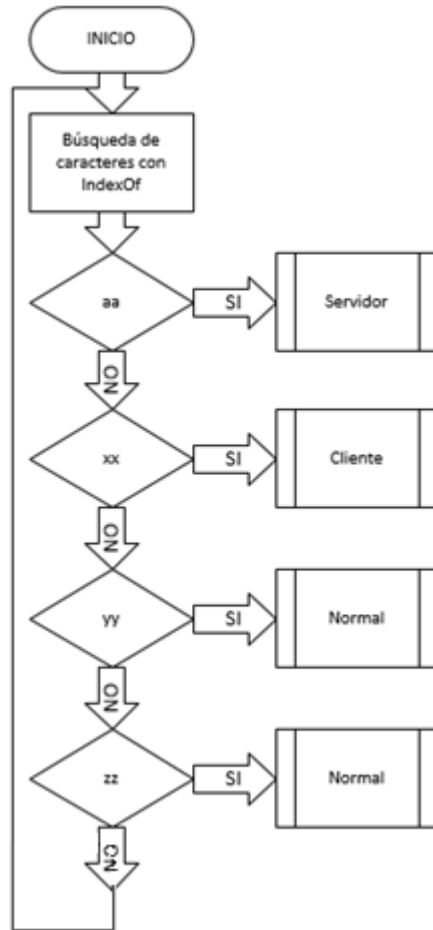


Figura 30. Diagrama de flujo para arduino como cliente-servidor

Elaborado por: El autor

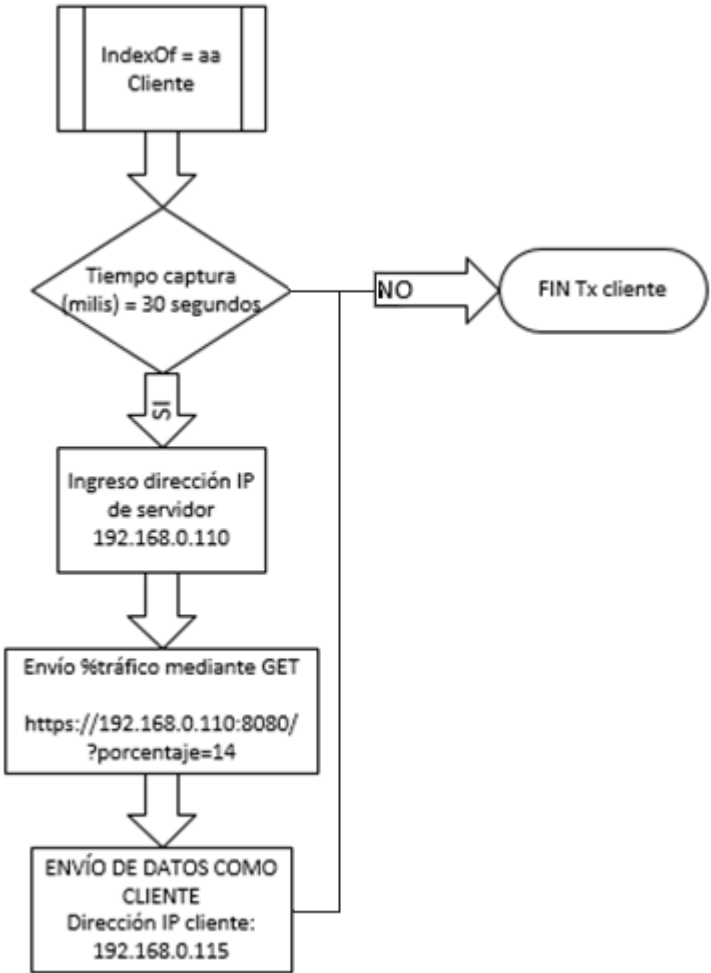


Figura 31. Diagrama de flujo para Tx como cliente
Elaborado por: El autor

En la Figura 30. Diagrama de flujo para arduino como cliente-servidor se observa los diferentes subprocesos que tienen que ser interpretados mediante lenguaje de programación para que la placa de desarrollo arduino pueda comunicarse mediante arquitectura cliente-servidor, de igual manera en la figura 30 se observa el proceso que se lleva a cabo a nivel lógico para enviar el % de tráfico desde una página a otra, se debe tomar en cuenta que el módulo WiFi con la configuración que se realiza este puede actuar como un servidor y cliente a la vez. Por tal motivo en el proceso que se visualiza se envía el porcentaje al servidor Web (todo proceso de envío y recepción es mediante la URL) para que este pueda guardarlo y mediante el mismo poder tomar decisiones a nivel de hardware. Cabe recalcar que los métodos que se utilizan para que esta comunicación

sea efectiva se especifican en la figura antes mencionada. A partir de la figura 28, los diagramas de flujo desarrollados para cumplir con el objetivo principal son:

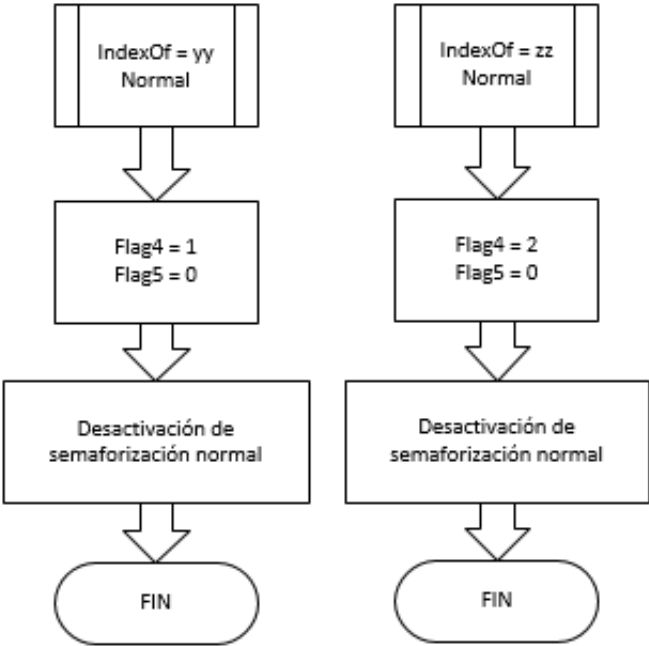


Figura 32. Diagrama de flujo arduino funcionamiento normal de semáforos

Elaborado por: El autor

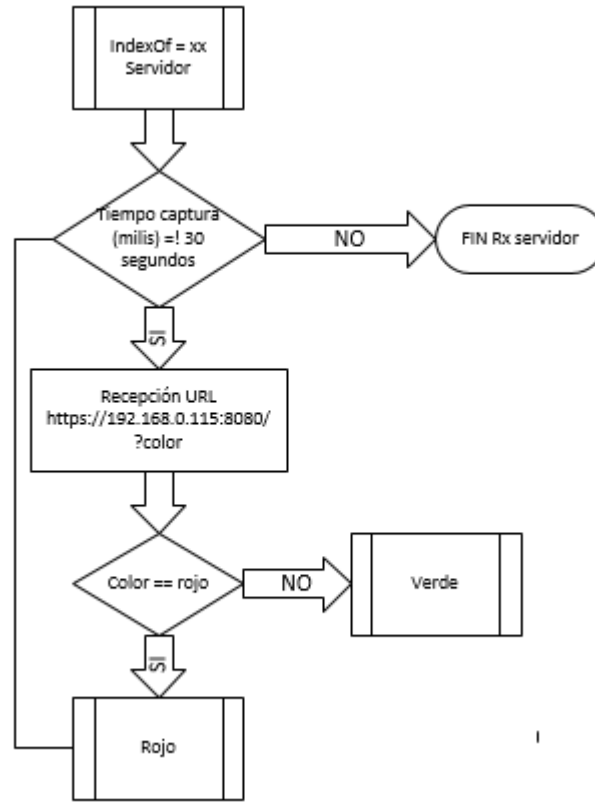


Figura 33. Diagrama de flujo arduino Rx como servidor

Elaborado por: El autor

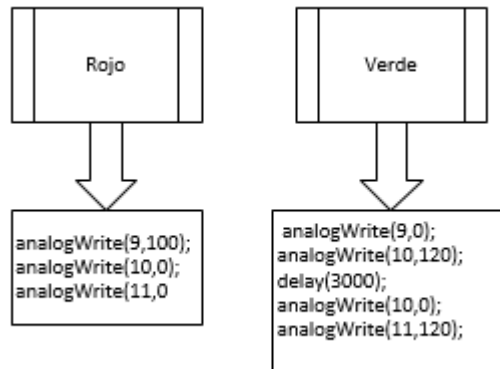


Figura 34. Diagrama de flujo sub-procesos para semaforización inteligente

Elaborado por: El autor

En las Figura 30. Diagrama de flujo para arduino como cliente-servidor, Figura 31. Diagrama de flujo para Tx como cliente, Figura 32. Diagrama de flujo arduino funcionamiento normal de semáforos, Figura 33. Diagrama de flujo arduino Rx como servidor y Figura 34. Diagrama de flujo sub-procesos para semaforización inteligente, se

visualiza el procedimiento que mediante lenguaje de programación interpreta la placa arduino para conseguir que mediante la comunicación WiFi se comuniquen placa y servidor Web.

4.3.5. Descripción aplicación Web

Al tener claro cómo se desarrolla e implementa la comunicación entre arduino y servidor Web, ahora se detalla la función y modo de operación de la aplicación Web necesaria para visualizar y controlar los datos de semaforización inteligente que se han descrito hasta el momento. Entonces, se inicia con la creación de una base de datos en MySQL para los diferentes servicios, estas se observan en las siguientes tablas:

Tabla 11. *Detalle tabla semáforos en MySQL*

N° Id.	Ubicación	Dirección IP	% de tráfico	Estado actual
1	Malo y Serrano	192.168.0.115	67	Verde
2	Emilio Abad y Sucre	192.168.0.116	35	Rojo

Elaborado por: El autor

En la Tabla *11.Detalle* tabla semáforos en MySQL se visualizan los diferentes campos que se llenan a partir del número de semáforos y la ubicación de estos con los cuales se hace posible la semaforización inteligente, es importante recalcar que en el presente proyecto de investigación se realiza el estudio de un solo punto crítico el cuál se encuentra en las calles Malo y Serrano, sin embargo, la presente propuesta deja código abierto para a partir de este estudio incrementar el número de semáforos en el centro de la ciudad.

De igual manera se observa que en esta tabla existe un campo en el que se incluye la dirección IP que no es la del semáforo, sino esta es la IP del servidor arduino, hay que recordar que el ítem anterior se detalló que arduino al tener su módulo de comunicación WiFi con el ESP-8266 cumple con la arquitectura cliente-servidor, por lo tanto esta dirección tendrán solo los servidores, ya que se toma en cuenta que si el sistema de semaforización hace alusión a una transversal se tiene un solo servidor que es la del semáforo sobre el cual se implementa semaforización inteligente y los otros semáforos

presentes en la transversal serán lo inverso al principal para así minimizar el congestionamiento.

Luego de realizar la tabla de semáforos se crea la aplicación Web como tal, en esta lo primero que se tiene es una pantalla en la cual se permite ingresar usuario y contraseña, esto es primordial para brindarle seguridad a nuestra aplicación y consecuencia de este detalle se crea otra tabla en MySQL la cual contiene a todos los usuarios (ver Tabla 12. Control de usuarios) que pueden ingresar a la aplicación para poder manipularla.

Tabla 12. Control de usuarios

Usuario	Contraseña
gonzálezP	*****
pailachoV	*****

Elaborado por: El autor

En la tabla se puede observar que la contraseña se encuentra encriptada para brindar seguridad al usuario al momento de utilizar la aplicación Web. Seguido de la creación de la tabla de control de usuarios se crea la pantalla en la cual se realiza el control y monitoreo de la semaforización inteligente, esta es desarrollada en PHP y tiene como finalidad visualizar de forma gráfica el sistema de semaforización inteligente, es decir, esta pantalla debe estar en la capacidad de indicarme los semáforos que están siendo monitoreados, el estado en el que se encuentran dichos semáforos y botones con los cuales se puede controlar la semaforización.

Entonces, el control de la semaforización con la aplicación que se detalla es capaz de visualizar los datos en tiempo real y por ende poder controlarlos desde mi servicio Web, el .PHP desarrollado lleva por nombre *inicio.php*. Sin embargo, es importante recalcar que detrás de este .php existen otros programas con la misma extensión que permiten acceder, añadir y extraer información de las tablas creadas en la base de datos, para estos ser presentados mediante *java script* en la aplicación Web.

4.4. Obtención y análisis de resultados

En el presente ítem se presentan los resultados obtenidos a partir del detalle especificado en los apartados 3.1 – 3.4.

4.4.1. Control de usuarios

Como se menciona en el apartado 3.4 para acceder a la aplicación Web se debe ingresar un usuario y contraseña y la aplicación Web que se diseñó presenta el siguiente resultado.

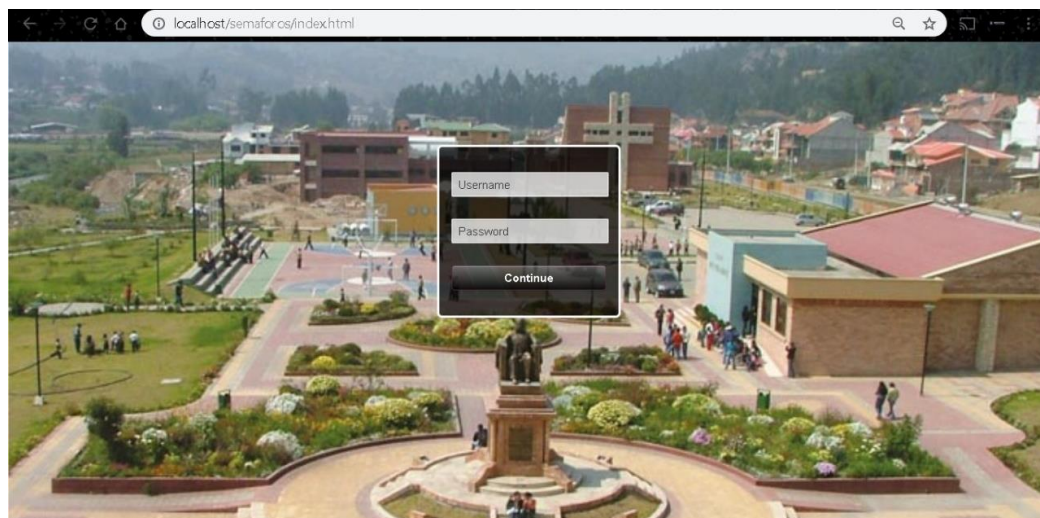


Figura 35. Control y logIn de usuarios

Elaborado por: El autor

En la gráfica se puede observar la interfaz gráfica creada mediante PHP y *JavaScript* para el control de usuarios que pueden acceder al control de semaforización inteligente, en caso de uno de estos no constar en la base de datos no puede hacer uso de la aplicación.

4.4.1.1. Análisis

El desarrollo de la interfaz de control o logIn de usuarios ha sido desarrollado con la finalidad de brindar seguridad y limitar el acceso a los diferentes usuarios que hagan uso de esta aplicación, es importante mencionar que la limitación de acceso se desarrolla cuando existen usuarios, administradores y usuarios clientes de la aplicación. Sin

embargo, al ser esta aplicación de uso exclusivo la limitación de usuarios no es implementada.

4.4.2. Control de semaforización

Una vez que se accede al sistema la página principal que se desarrolló y en la cual se ven cada uno de los detalles descritos en el apartado 3.4 se observan en las siguientes figuras.



Figura 36. Página de control de semaforización (estado en verde)

Elaborado por: El autor



Figura 37. Página de control de semaforización (estados diferentes)

Elaborado por: El autor

En la figura se observan la página principal para control de semaforización inteligente, en esta se detalla el control para dos semáforos, cada uno de estos tiene: identificador de semáforo (Semáforo N.1 o 2), la ubicación de este (Malo y Serrano), estado en tiempo real en el que se encuentra (Verde o Rojo) y 3 semáforos para control del sistema.

4.4.2.1. Análisis

Los resultados que se visualizan en las Figura 36. Página de control de semaforización (estado en verde) y Figura 37. Página de control de semaforización (estados diferentes) han sido desarrollados para la visualización en tiempo real de un semáforo inteligente, pero en la interfaz gráfica como valor agregado se incluye la visualización de otro semáforo ya que a partir del desarrollo del presente proyecto de investigación se puede añadir N cantidad de semáforos, es decir, la aplicación implementada en base a todo lo desarrollado en el presente capítulo no presenta limitación alguna, es por ello que si se desea se pueden añadir 2, 3 o N semáforos se puede hacer sin problema alguno.

De igual manera en la pantalla se visualiza que cada semáforo tiene 3 botones, mismos que permiten controlar cada uno de los semáforos, el primer botón permite monitorear y visualizar en tiempo real el porcentaje de tráfico, el segundo permite controlar el semáforo para que este trabaje en estado normal, es decir, si en un determinado momento se está haciendo uso de semaforización inteligente y el congestionamiento ha sido controlado en su totalidad se puede poner a funcionar a los semáforos como se encontraban antes de la *Smart* semaforización (sincronizados por la empresa encargada del mantenimiento) que a su vez es desarrollado para ser implementado al tener en cuenta que en la madrugada no existe congestionamiento; el último botón permite cambiar el color del semáforo dependiendo del estado actual en el que este se encuentre.

Entonces, se puede mencionar que el primero y último botón son los que permiten desarrollar la semaforización inteligente, ya que estos dependen del porcentaje de tráfico que se encuentre en ese momento en cada uno de los puntos críticos del centro de la ciudad.

4.4.3. Monitoreo de semaforización

En base al cálculo de porcentaje de tráfico realizado en el presente capítulo y luego de conocer como este es enviado e interpretado por la presente aplicación se obtiene el siguiente resultado:



Figura 38. Monitoreo de control de tráfico en tiempo real

Elaborado por: El autor

4.4.3.1. Análisis

El monitoreo de tráfico vehicular inicia una vez que se presiona el botón de monitoreo, este ha sido diseñado para mediante el análisis presentar al operador o usuario el porcentaje de tráfico en tiempo real, una vez que se conozca este el operador está en la capacidad en conjunto con la aplicación Web de cambiar el color del semáforo para que este entregue prioridad a la calle congestionada y pueda ser inmediatamente descongestionada, de igual forma el operador puede parar el monitoreo y también poner al semáforo en funcionamiento normal. Cabe recalcar que mediante este análisis de datos se puede iniciar con una elaboración de datos estadísticos ya que si la aplicación es implementada se pueden añadir cualquier cantidad de semáforos.

4.4.4. Funcionamiento normal

La aplicación desarrollada en el presente proyecto de investigación también toma en cuenta que no siempre es necesario tener en funcionamiento la semaforización inteligente ya que en horas de la madrugada no es necesario que este se encuentre en funcionamiento, por tal motivo también se añade en la aplicación Web funcionamiento normal que se distingue de los colores rojo y verde con color azul (ver figura 38) como indicador de funcionamiento normal.



Figura 39. Funcionamiento normal de sistema de semaforización

Elaborado por: El autor

4.4.4.1. Análisis

El funcionamiento normal va a permitir al sistema de semáforos funcionar como el municipio a través de la empresa que realiza mantenimiento de estos lo dejo configurado, es decir, estos funcionarán en base a tiempos de sincronización para permitir el paso vehicular. Cabe recalcar que si un semáforo se encuentra en funcionamiento normal y los otros como semáforos inteligentes cuando estos vuelvan a su estado normal no tendrán inconveniente alguno ya que esperarán el tiempo respectivo para que todos puedan estar correctamente sincronizados.

4.5. Costo de materiales

El costo del uso de los materiales del presente proyecto de investigación que se utilizaron se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 13. *Costos de implementación*

Cantidad	Material	Valor Unitario	Valor Total
1	Arduino Uno R3 + cable USB	\$ 15.50	\$ 15.50
1	Sensor Ultrasonico	\$ 3.95	\$ 3.95
1	WiFi ESP-8266	\$ 7.50	\$ 7.50
6	Led	\$ 0.07	\$ 0.42
Costo Total			27,37

Elaborado por: El autor

Conclusiones

- Mediante el estudio del estado del arte, se llega a concluir que es la primera actividad que se debe desarrollar en una investigación, ya que mediante esta se logró adquirir conocimientos relevantes acerca del tema de ciudades inteligentes y con la información obtenida se pudo demostrar que para el diseño de la red de telecomunicaciones enfocado a la posible implementación de un sistema de semaforización inteligente, no es necesario utilizar las mismas métricas y dispositivos, ya que a partir de datos experimentales es posible desarrollar algoritmos que permitan determinar el porcentaje de congestión vehicular en un sector específico.
- Analizar el funcionamiento actual de los semáforos fue muy importante, porque de esta manera, se determinó que uno de los motivos para que se produzca el congestionamiento vehicular en la intersección tratada en este proyecto, se debe a que es una zona comercial y sus calles aledañas conformadas por instituciones públicas y privadas concurridas, las mismas que colaboran para el tráfico vehicular, así la solución planteada en base a simulaciones permite minimizar el congestionamiento vehicular, además con la aplicación Web desarrollada no solo es posible controlar el sistema de semaforización, sino también mantenerlo constantemente monitorizado y poder extraer datos que permitan a los municipios determinar con datos reales las calles más críticas en base a tráfico vehicular.
- En el desarrollo de la propuesta se pudo verificar que con elementos electrónicos y dispositivos de baja y mediana gama como los son: sensor ultrasónico, placa de desarrollo arduino y módulo WiFi ESP-8266 es posible desarrollar aplicaciones que permitan el control inteligente de semaforización en un punto determinado, tomando en cuenta que el trabajar con elementos de baja y mediana gama que a su vez son de bajo costo se tiene que compensar con el análisis e implementación de soluciones a nivel lógico que permitan operar el sistema de forma eficiente y eficaz.

- Se comprobó que el algoritmo implementado para cálculo de tráfico vehicular es eficiente y permite que la aplicación Web muestre todo su potencial al estar dentro de una red con arquitectura cliente-servidor, claro que para que esto la principal característica es que todos los dispositivos que se comunican entre sí deben estar en la misma red, LAN para el servidor y WLAN para control de semáforos.

Recomendaciones

- En base a los resultados obtenidos se recomienda pedir las autorizaciones necesarias para poder adquirir datos de forma real en las principales avenidas del centro de Azogues e incluso se conozca de forma específica el modo de operación haciendo énfasis en los tiempos de sincronización de los semáforos de la ciudad.
- Se recomienda buscar patrocinio de entidades públicas con el fin de no solo quedar en la simulación de proyectos, sino trabajar para ir construyendo una ciudad inteligente.
- A nivel de hardware es recomendable probar otros tipos de tecnología inalámbrica y poder comparar los resultados obtenidos con lo que pueden brindar otros dispositivos inalámbricos que trabajen con el estándar IEEE 802.11 b/g/n.
- Se recomienda desarrollar nuevos algoritmos en base a las diferentes metodologías experimentales para conseguir datos de comparación a los desarrollados en el presente proyecto de investigación.
- En lo que se refiere a aplicaciones Web es recomendable utilizar diferentes lenguajes de programación como java y eclipse para estos comparar a los resultados que nos entrega PHP haciendo énfasis en el manejo de base de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- A. G. Electrónica. (2008). *Medidor de Distancia Ultrasónico*. Obtenido de <https://docplayer.es/67906740-Medidor-de-distancia-ultrasonico.html>
- Agencia Metropolitana de Tránsito. (2018). *Pico y placa*. Obtenido de <http://www.amt.gob.ec/index.php/pico-placa-homepage.html>
- Ancalla, T. (2017). *Sistema de detección de vehículos de carga con altura mayor a puentes vehiculares o peatonales*.
- Arce, A. (2018). *Programación PHP, versión*. Obtenido de <https://docplayer.es/76350260-Programacion-php-version-armando-arce.html>
- Barberá, J. (2016). *Que es una interfaz Web*. Obtenido de Horizonweb: <https://www.xn--diseowebmurcia1-1qb.es/interfaz-web/>
- Barnaghi, P., Wang, W., Henson, C., & Taylor, K. (2012). Semantics for the Internet of Things: early progress and back to the future. *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 8(1), 1-21.
- Caballero, M., Socorro, L., & Beatriz, O. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de. *Revista Digital Universitaria*, 8(10), 1-12.
- Camarena, J., Contreras, L., Moreno, K., Rodriguez, M., & Salazar Claudio. (2018). Aplicaciones del IoT para el control de congestión vehicular. *In Memorias de Congresos*, 1(1), 90-95.
- Canga, R. (2011). *Curso de Iniciación a las Telecomunicaciones*. Obtenido de http://www.academia.edu/19519402/1_Radiofrecuencia
- Cañar TV. (2017). *El cuencano tiende a dejar el centro*. Obtenido de <http://www.canartelevision.com/?p=5475>
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82.
- Cisneros, P. (2010). *Las Infracciones de Tránsito en la Legislación Ecuatoriana* (tesis de licenciatura). Universidad de las Americas, Quito, Ecuador.
- David, V. (2010). *INEC*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/canar.pdf>

- E.T.S. Ingenieros de telecomunicación. (2003). *Sistemas de Telecomunicación Plan 1994*.
- El Diario. (2013). *Instalan 9 ojos de águila en diferentes barrios*. Obtenido de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/271651-instalan-9-ojos-de-aguila-en-diferentes-barrios/>
- El Mundo . (2018). *Los semáforos de Carmena en la A-5 alarman a los municipios del sur*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/madrid/2018/11/08/5be34308268e3e37428b45f4.html>
- El país. (2011). *La UE revisa el mercado de CO2 para que no sea tan barato contaminar*. Obtenido de https://elpais.com/sociedad/2011/12/20/actualidad/1324415318_528448.html
- El tiempo. (2012). *Municipio maneja más semáforos*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/municipio-maneja-mas-semaforos>
- El tiempo. (2016). *Nuevas tarifas de pasajes desde el lunes en Azogues*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/region/12/nuevas-tarifas-de-pasajes-desde-el-lunes-en-azogues>
- Encinas, D. (2013). *Análisis y simulación de un protocolo de comunicaciones para una red de sensores: Aplicación en dispositivos de vuelo* (tesis de maestría). Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina.
- Filippi, S. (2009). *¿Cómo funciona exactamente un servidor Web?* Obtenido de Internetlab: <https://www.internetlab.es/post/628/como-funciona-exactamente-un-servidor-web/>
- Gad Municipal de Azogues. (2015). *Guía Turística de Azogues*. Obtenido de www.turismo.azogues.gob.ec
- Galvis, W. (2013). *Sensor ultrasonido*. Obtenido de <https://www.microkitselectronica.com/media/attachment/file/h/c/hcsr04.pdf>
- Gonzalez, O. (2017). *Comparativa y análisis completo de los módulos Wifi ESP8266 y ESP32*. Obtenido de <https://blog.bricogeek.com/noticias/electronica/comparativa-y-analisis-completo-de-los-modulos-wifi-esp8266-y-esp32/>

- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
- Guíadev. (2018). *PHP vs Python*. Obtenido de <https://guiadev.com/php-vs-python/>
- Guo, Y., Liu, H., & Chai, Y. (2014). The embedding convergence of smart cities and tourism internet of things in China: An advance perspective. *Advances in Hospitality and Tourism Research (AHTR)*, 2(1), 54-69.
- Hackbarth, K. (2012). Redes de Comunicación. *Grupo de ingeniería telemática*.
- INEC. (2001). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantoniales/Canar/Fasciculo_Azogues.pdf
- Jiménez, Z., & Leño, C. (2011). *Redes Inalámbricas: Diseño e Implementación*.
- Karakuzu, C., & Demirci, O. (2010). Fuzzy logic based smart traffic light simulator design and hardware implementation. *Applied Soft Computing*, 10(1), 66-73.
- Löfberg, S. (2008). *Ojos de águila: una primera aproximación al sistema de video vigilancia en Quito*. Flacso.
- López, D. (2014). *Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de trujillo*.
- Mancilla, A. (2013). *Diseño de investigación para la evaluación de la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero al ambiente, mediante la captura del co2 de los gases*.
- Mayné, J. (2005). Estado actual de las comunicaciones inalámbricas. (1).
- Morales, R., & González, J. (2013). *Control de tráfico vehicular por medio de semáforos inteligentes* (tesis pregrado). Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela.
- Municipio F. (2018). *Nuevos Semáforos*. Obtenido de <http://municipiof.montevideo.gub.uy/nuevos-sem%C3%A1foros>
- Narla, S. R. (2013). The evolution of connected vehicle technology: From smart drivers to smart cars to... self-driving cars. *Ite Journal*, 83(7), 22-26.

- National Instruments. (2016). *User Guide and Specifications NI myRIO-1900*. Obtenido de <http://www.ni.com/pdf/manuals/376047c.pdf>
- National Instruments. (2017). *myRIO-1900*. Obtenido de <http://www.ni.com/es-cr/support/model.myrio-1900.html>
- Nexu. (2017). *Diseñan en México un semáforo inteligente*. Obtenido de <http://www.nexu.mx/blog/disenan-en-mexico-un-semaforo-inteligente/>
- Ortiz, P. (1994). *Diseño de un Sistema de Telecontrol de Semaforización* (tesis de licenciatura). EPN, Quito, Ecuador.
- Pavón, J. (2016). *Análisis técnico de la implementación de un sistema de seguridad de video vigilancia, caso de estudio Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre del Ecuador* (tesis de maestría). PUCE, Quito, Ecuador.
- Pérez, V., & Sebastián, E. (2015). *El efecto invernadero generado por el uso de combustibles fósiles ha producido al medio ambiente terrestre el aumento de la concentración de dióxido de carbono (co2) en la atmósfera que ha aumentado la temperatura de la tierra, por lo que es necesario ref.* Loja: Repositorio Universidad Nacional de Loja.
- Purnomo, M. R. A., Wahab, D. A., Hassan, A., & Rahmat, R. A. (2009). Development of a low cost smart traffic controller system. *European Journal of Scientific Research*, 32(4), 490-499.
- Quitiaquez, H., & De La Torre, J. (2014). *Análisis y diseño de una red WiFi y WiMax para el centro de investigación científica en telecomunicaciones tecnológicas de la información y las comunicaciones- CITIC* (tesis de licenciatura). Quito, Ecuador
- Rojas, J. (2014). *Estimación cuantitativa de emisiones ambientales de la base de mantenimiento de la aerolínea aeroline en Guayaquil, Y funcionamiento del mercado de bonos de carbono* (tesis de licenciatura). Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Rosado, A. (2002). *Sistemas Industriales Distribuidos*. Obtenido de <https://www.uv.es/rosado/courses/sid/sid.html>
- Rucci, M. (2015). *Servidores WEB*. Obtenido de <https://docplayer.es/3688348-Servidores-web-temario-ing-mauricio-rucci-mauricior-ipp-ipp-com-com-ar-tema-1-introduccion-internet-la-historia-algo-de-terminologia.html>

- Rushil, L. (2015). *Sistema Inteligente de Detección y Aviso de Infracciones en Semáforos Mediante Smartphones* (tesis pregrado). Universidad de La Laguna ULL, Laguna, España.
- Sánchez, D. (2015). *Factores de riesgo ocupacionales en el personal de atención pre-hospitalaria del cuerpo de bomberos que labora en el sistema integrado de seguridad Ecu 911, centro – sur del distrito metropolitano de Quito, en el periodo enero 2014 a febrero 2015*.
- Sanchez, A., & Parra, L. (2017). *Manual del Programados*. Bogota: Universidad distrital José de Caldas.
- Shapiro, J. M. (2006). Smart cities: quality of life, productivity, and the growth effects of human capital. *The review of economics and statistics*, 88(2), 324-335.
- Silvia. (2007). *Azogues y su historia*. Obtenido de <http://historiadeazogues.blogspot.com/2007/12/breve-historia-de-la-ciudad-de-azogues.html>
- Srivastava, M. D., Perna, S. S., Sharma, S., & Tyagi, U. (2012). Smart traffic control system using PLC and SCADA. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 1(2), 169-172.
- Söderström, O., Paasche, T., & Klauser, F. (2014). Smart cities as corporate storytelling. *City*, 18(3), 307-320.
- Thakare, V. S., Jadhav, S. R., Sayyed, S. G., & Pawar, P. V. (2013). Design of smart traffic light controller using embedded system. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 10(1), 30-33.
- TongKe, F. (2013). Smart agriculture based on cloud computing and IOT. *Journal of Convergence Information Technology*, 8(2).
- ViajandoX. (2018). *Azogues "La obrera del sur"*. Obtenido de <https://ec.viajandox.com/canar/azogues-ciudad-turismo-historia-clima-imagenes-fotos-C88>

Glosario

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

GEI: Gases de Efecto Invernadero

WPAN: Red de área personal

WWAN: Red de área amplia

WMAN: Red de área metropolitana

WLAN: Red de área local Inalámbrica

HTTP: Hyper Text Transfer Protocol

PHP: Hypertext Preprocessor

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

IoT: Internet de las cosas

URL: Localizador de Recursos Uniformes

FPGA: Matriz de Puertas Programables

CCTV: Circuito Cerrado de Televisión

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

RAM: Memoria de Acceso Aleatorio

PWM: Modulación por ancho de pulso

ANEXOS

Anexo 1. Calles semaforizadas de la ciudad de Azogues

Azogues, 26 de diciembre de 2018

Ing.
Paulo Sacoto
DIRECTOR DE MOVILIDAD DE LA CIUDAD DE AZOGUES

De mis consideraciones:

Por medio del presente permítame hacer llegar a Ud. un cordial y atento saludo, a la vez deseándole éxito en el cumplimiento de tan delicadas funciones que usted acertadamente dirige.

Yo Patricia Verónica González Pinos con C.I. 0301971057, estudiante de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Cuenca Sede Azogues, solicito de la manera más comedida, autorice a quien corresponda para que se me pueda proporcionar información por medio de oficio, acerca de la intersección que en la actualidad estén colocados semáforos y el nombre de las calles del centro de la ciudad de Azogues, en donde se produce mayor congestión vehicular en las horas pico, los datos serán utilizados con el propósito de tener información real para la ejecución de la tesis que llevo en desarrollo denominada: "Sistema de Semaforización Inteligente. Caso de estudio: Azogues Ecuador".

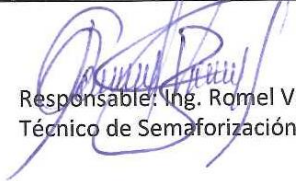
Por la favorable que se le dé a presente, anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente:


Patricia González P.

Calles semaforizadas de la ciudad de Azogues

#	NOMBRES DE LAS CALLES SEMAFORIZADAS	Calles de mayor congestión
1	24 de Mayo y Trajano Carrasco	Rivera y Serrano(Malo y Serrano)
2	24 de Mayo y Juan Bautista Cordero	Emilio Abad y Sucre
3	24 de Mayo y Sucre	Sucre y Rivera
4	24 de Mayo y 3 de noviembre	Sucre y Matovelle
5	24 de Mayo y 10 de agosto	Bolívar y Azuay
6	24 de Mayo y General Enríquez	Matovelle y Vintimilla
7	24 de Mayo y Aurelio Jaramillo	Azuay y Matovelle
8	24 de Mayo y Samuel Abad	
9	Av. José Peralta y Che Guevara	
10	Av. José Peralta y Eloy Alfaro	
11	Av. José Peralta y Cenepa	
12	Av. José Peralta y Soldado Monge	
13	Av. José Peralta y Antonio Falconi	
14	16 de Abril y Luis M Gonzales	
15	16 de Abril y Napo	
16	16 de Abril y Aurelio Jaramillo	
17	Andrés F Córdova y 10 de Agosto	
18	Andrés F Córdova y Aurelio Jaramillo	
19	Ignacio Neira y 10 de Agosto	
20	Ignacio Neira y General Enríquez	
21	Ignacio Neira y Aurelio Jaramillo	
22	Luis Cordero y Serrano	
23	Luis Cordero y Solano	
24	Luis Cordero y Sucre	
25	Luis Cordero y 3 de Noviembre	
26	Luis Cordero y 10 de Agosto	
27	Luis Cordero y General Enríquez	
28	Rivera y Serrano(Malo y Serrano)	
29	Bolívar y Juan Bautista Cordero	
30	Bolívar y Serrano	
31	Bolívar y Solano	
32	Bolívar y 3 de Noviembre	
33	Bolívar y Tenemaza	
34	Bolívar y Aurelio Jaramillo	
35	Emilio Abad y Serrano(Ayacucho)	
36	Emilio Abad y 3 de Noviembre	
37	Emilio Abad y Tenemaza	
38	Ayacucho y Juan Bautista Cordero	
39	Oriente y Vintimilla	
40	Oriente y 4 de Noviembre	
41	4 de Noviembre y 3 de Noviembre	
42	Miguel Heredia y Vintimilla	


 Responsable: Ing. Romel Vicuña
 Técnico de Semaforización

Anexo 2. Código de Programación

```
#include <NewPing.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BT1(3, 2); // RX | TX
const int Trigger = 4;
const int Echo = 5;
const int DistanciaMaxima = 300;

unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 5000;

unsigned long previousMillis3 = 0;
const long interval3 = 10000; //TIEMPO EN VERDE

const long interval4 = 10000+3000; //TIEMPO EN ROJO- 3000 es el tiempo en tomate

long intervalaux;

unsigned long previousMillis2 = 0;
const long interval2 = 100;
int dato1=0;
int estado=0;
int flag=0;
int flag2=0;
int flag3=0;
int flag4=0;
int flag5=0; //SI FUNCIONA NORMAL O NO.
int flag6=0; // SI PONE VERDE O ROJO EN FUNCIONAMIENTO NORMAL

long cont1=0;
long cont2=0;
long contt;
long cont3=0;
```

```

NewPing sonar(Trigger, Echo, DistanciaMaxima);

#define SSID "SECUTEL 2.4" //Nombre de la Red Wifi a la que nos conectamos
#define PASS "123456789a" //Contraseña de la Red Wifi
#define IP "172.16.0.108" // servidorlocal ip
String GET_TC = "GET /Alexa/comprobar.php?q=";
String W = " ";
char w ;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  BT1.begin(9600);
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);

  pinMode(Trigger, OUTPUT);
  pinMode(Echo, INPUT);
  digitalWrite(Trigger, LOW);
  BT1.setTimeout(3000);
  BT1.println("AT\r");
  delay(2000);
  if(BT1.find("OK")){ //Verificar si Modulo Wifi responde
    if(!conectar()){ //Conectarse a la red
      Serial.println("NO SE PUDO CONECTAR A RED WIFI");
    }
    if(!levantarServ()){
      Serial.println("NO SE PUDO LEVANTAR SERVIDOR");
    }

    Serial.println("LISTO");
  } else {
    Serial.println("MODULO WIFI NO RESPONDE");
  }
}

```

```

void loop()
{

velocidad();

if (BT1.available() && flag3==0 && flag4==0)
{
  w = BT1.read() ;
  W = W + w ;

  if ( W.indexOf("yy") > 0 )
  {
    flag4=1;
    flag5=0; //DEJA de fuNCIONAR NORMAL
  }
  else if ( W.indexOf("zz") > 0 )
  {
    flag4=2;
    flag5=0; //DEJA de fuNCIONAR NORMAL
  }
  else if ( W.indexOf("aa") > 0 )
  {
    flag5=1;
    W = "" ;
    delay(500);
    servidor2();
  }

  else if(W.indexOf("xx") > 0){
    flag3=1;
    W = "" ;
  }
  else{
  }
}

if(flag3==1 && flag==1){
  flag=0;
  flag3=0;
}

```

```

    delay(500);
    servidor();
}

if(flag4==1){
    flag4=0;

    digitalWrite( 13, !digitalRead(13)) ;
    verde();
    W = "" ;
    delay(500);
    servidor2();
}

else if(flag4==2){

    flag4=0;
    digitalWrite( 13, !digitalRead(13)) ;
    rojo();
    W = "" ;
    delay(500);
    servidor2();
}

if(flag5==1){

unsigned long currentMillis3 = millis();

if(flag6==1){
intervalaux=interval3;

}
else{
intervalaux=interval4;
}
if (currentMillis3 - previousMillis3 >= intervalaux)
{
    previousMillis3 = currentMillis3;
    if(flag6==0){

```

```

    verde();
    flag6=1;
}
else{

    rojo();
    flag6=0;
}

}
}

}

boolean levantarServ(){
    delay(2000);
    BT1.println("AT+CIPMUX=1");
    delay(2000);
    BT1.println("AT+CIPSERVER=1,80");
    delay(2000);
    if(BT1.find("OK")){
        return true;
    }else{
        return false;
    }
}

void escribir(String text)
{BT1.print("AT+CIPSEND=0,");
BT1.println(text.length());
if (BT1.find(">")) // Si se recibe el mensaje
{
    BT1.println(text); //mandamos el mensaje por el wifi
    delay(10);
    while ( BT1.available() > 0 )
    {if ( BT1.find("SEND OK") ) //buscamos "ok" y luego salimos
    break;
    }
}
}
}
}

```

```

void enviar(String q){

String cmd = "AT+CIPSTART=0,\"TCP\", \"\";
cmd += IP;
cmd += "\",80";

BT1.println(cmd);
delay(1000);

if(BT1.find("ERROR")){
  Serial.println("NO SE PUDO CONECTAR ALSERVIDOR");
}

q.trim();

cmd = GET_TC; //Crear datos a enviar
cmd += q;
cmd += " HTTP/1.1\r\nHost :";
cmd += IP;
cmd += "\r\n\r\n"; //Agregar caracteres de newline y Carriage return

BT1.print("AT+CIPSEND=0,"); //Indicar cuantos datos se enviaron por TCP
BT1.println(cmd.length()); //Tamaño de los datos a enviar por TCP

delay(1000);

if(BT1.find(">")){
  // if(true){

  BT1.print(cmd); //Enviar datos

  Serial.println("Enviando datos");
  // Serial.println(cmd);
  if(BT1.find("SEND OK"))
  {
    Serial.println("Envio exitoso");
  }
  else
  {

```

```

    Serial.println("Envio fallido");
}

}else{
    BT1.println("AT+CIPCLOSE");
    Serial.println("No se pudo enviar datos");
}
}

boolean conectar(){
    delay(2000);
    BT1.println("AT+CWMODE=1");
    delay(2000);
    String cmd="AT+CWJAP=\""; //
    cmd+="SSID;
    cmd+="\", \"";
    cmd+="PASS;
    cmd+="\"";

    BT1.println(cmd);
    delay(10000); //Darle 10 segundos para conectarse

    if(BT1.find("OK")){
        return true; //Conexión exitosa
    }else{
        return false; //No se pudo conectar
    }
}

void velocidad(){
    long d;
    long d2;
    long vel;

    unsigned long currentMillis = millis();
    if(flag2==1)
    {

    if (currentMillis - previousMillis <= interval)

```

```

{

int uS = sonar.ping_median();
d=(uS / US_ROUNDTRIP_CM);
delay(50);
int uS2 = sonar.ping_median();
d2=(uS2 / US_ROUNDTRIP_CM);

vel=abs((d2-d)/0.05);
if(abs(d)<50){
  if(vel>200){
    Serial.println("Movimiento");
    cont2++;
  }
  else{
    Serial.println("Parados");
    cont3++;
  }
}
else{
  cont1++;
  Serial.println("No hay");
}

flag=0;
}
else{

  previousMillis = currentMillis;

float aux=cont2/2;
cont3=(cont3+aux)*0.7; //PONDERACION XQ SON MAS CONFIABLES QUE LOS NO
HAY
cont1=(cont1+aux)*0.3;
contt=cont3+cont1;
estado=cont3*100/contt;

estado=int(estados);
flag=1;
cont1=0;

```

```

cont2=0;
cont3=0;
contt=0;

}
}
unsigned long currentMillis2 = millis();
if (currentMillis2 - previousMillis2 >= interval2)
{
    previousMillis2 = currentMillis2;
    flag2=1;
}
else{
    flag2=0;
}

}

void verde(){
    analogWrite(9,100);
    analogWrite(10,0);
    analogWrite(11,0);
}

void rojo(){
    analogWrite(9,0);
    analogWrite(10,120);
    delay(3000);
    analogWrite(10,0);
    analogWrite(11,120);
}

void servidor(void)
{
    escribir("<!DOCTYPE HTML>");
    escribir("<html>"); //una pagina web necesita esto
<HTML> y </HTML> es el inicio y fin del documento
    escribir("<head>");
    String aux="";
    aux="<body>";

```

```

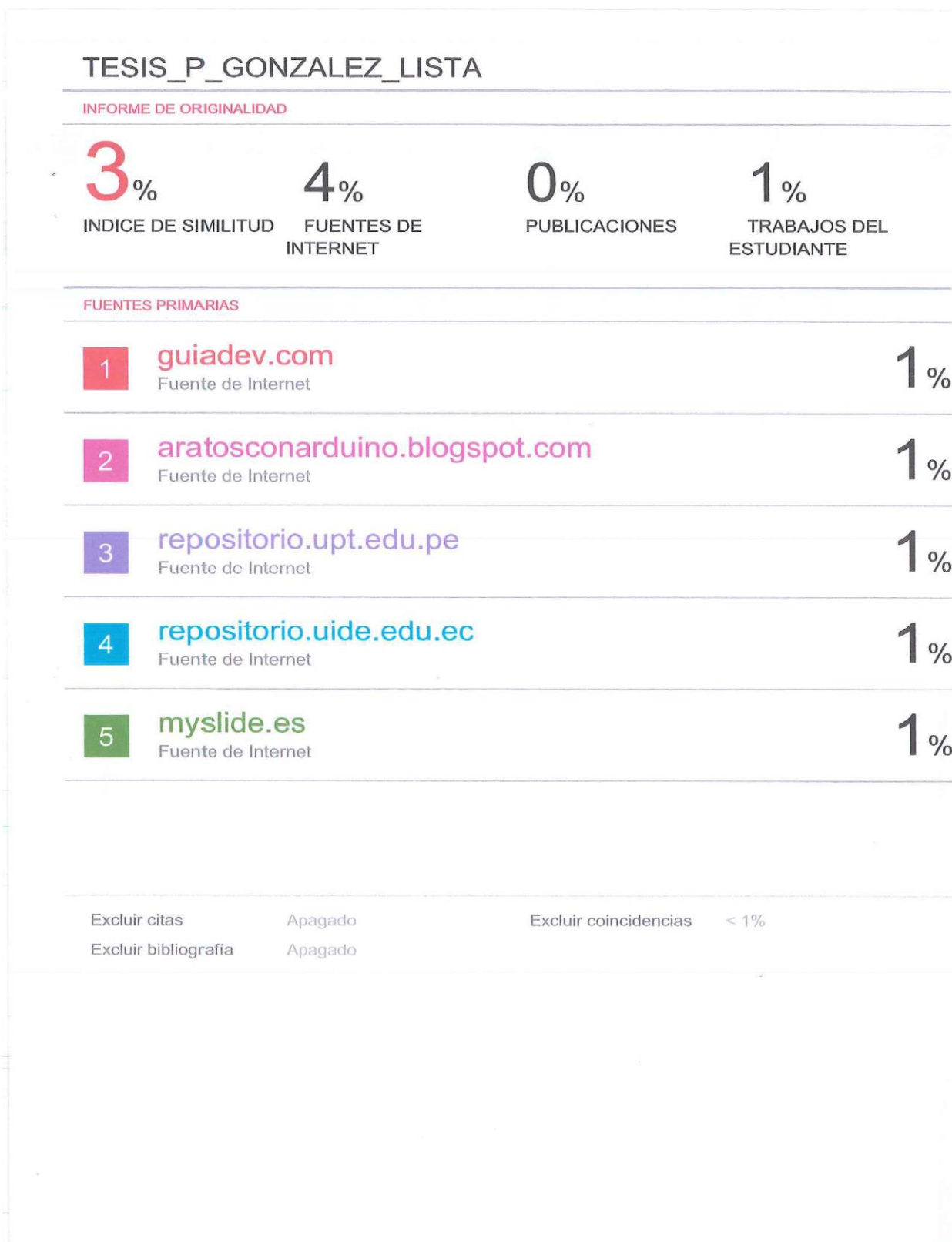
aux += estado;

escribir(aux);
delay(1);
BT1.println("AT+CIPCLOSE=0");
}

void servidor2(void)
{
    escribir("<!DOCTYPE HTML>");
    escribir("<html>"); //una pagina web necesita esto
    <HTML> y </HTML> es el inicio y fin del documento
    escribir("<head>");
    escribir("<body>Listo");
    delay(1);
    BT1.println("AT+CIPCLOSE=0");
}

```


Anexo 3. Informe de calificación del trabajo escrito de titulación.



Azogues, 04 de septiembre de 2019

Asunto: Informe de calificación del trabajo escrito de titulación.

Señora Economista
Nancy Lucía Peralta Idrovo.
**AUXILIAR DE SECRETARIA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.**
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.
Ciudad.

Presente. -

De mi consideración:

Por medio del presente me permito saludarle, a la vez que es menester indicarle que una vez culminada la revisión del trabajo de fin de carrera de la alumna Patricia Verónica González Pinos, con C.I. 030197105-7, es mi deber conferir la nota de **45/50** puntos a la tesis en mención, cumpliendo de esta manera con los parámetros establecidos por parte de nuestra Alma Máter como tutor de la misma.

Dicho proyecto lleva por nombre **"Sistema de semaforización inteligente. Caso de estudio: Azogues, Ecuador"**, previo a la obtención del título de Ingeniera Electrónica, de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción.

Es menester informar además que el presente trabajo de titulación tiene una coincidencia del 03% de índice de similitud en contenidos con otras fuentes, 4% fuentes de internet, 0% publicaciones y 1% trabajos del estudiante, coincidencias excluidas <1%; según reporte del sistema anti plagio (Turnitin) de nuestra Universidad.

Por la atención que dé al presente suscribo de Ud. agradecido.

Atentamente:



Ing. Juan Carlos Ortega Castro. Mg
Universidad Católica de Cuenca
UAIC

Anexo 4. Permiso del Autor de tesis para subir al repositorio institucional



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, PATRICIA VERONICA GONZALEZ PINOS, portador (a) de la cédula de ciudadanía Nro.,0301971057. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE. CASO DE ESTUDIO: AZOGUES, ECUADOR**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de Los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, 24 de septiembre de 2019



F:
PATRICIA VERONICA GONZALEZ PINOS
0301971057

Anexo 5. Certificado de biblioteca

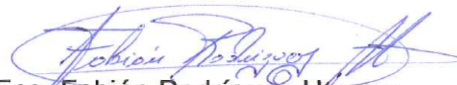


EL Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

Que: **GONZÁLEZ PINOS PATRICIA VERONICA**, con cédula de ciudadanía Nro. **0301971057**, de la Carrera de **Ingeniería Electrónica**.

No adeuda libros, a esta fecha: **25 de septiembre de 2019**



Eco. **Fabián Rodríguez Herrera**
Bibliotecario

Biblioteca Universitaria
MONS. "FROILAN POZO QUEVEDO"

Cuenca: Av. Las Américas y Tarquí. Telf.: 2830751, 2824365, 2826563 **Azogues:** Campus Universitario "Luis Cordero El Grande" (frente al Terminal Terrestre). Telf.: 2241613, 2243444, 2245205 **Cañar:** Calle Antonio Ávila Clavijo. Telf.: 2235268, 2235870 **San Pablo de La Troncal:** Cda. Universitaria Km 72 Quinceava Este y Primera Sur. Telf.: 2424110 **Macas:** Av. Cap. Villanueva s/n Telf.: 2700392, 2700393

WWW.UCACUE.EDU.EC