

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**Diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN) para
detección de vehículos en la Avenida Eloy Alfaro y calle
Camilo Destruge; y en la Avenida Quito y calle Bolivia sector
sur de la ciudad de Guayaquil.**

AUTOR:

Oquendo Mazón, Juan Carlos

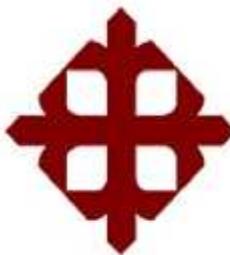
Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTORA:

M. Sc. Ruilova Aguirre, María Luzmila

Guayaquil, Ecuador

12 de marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Oquendo Mazón, Juan Carlos** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

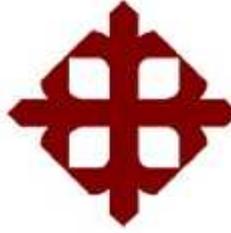
TUTORA

f. _____
M. Sc. Ruilova Aguirre, María Luzmila

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 12 días del mes de marzo del año 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Oquendo Mazón, Juan Carlos**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: “**Diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN) para detección de vehículos en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge; y en la Avenida Quito y calle Bolivia sector sur de la ciudad de Guayaquil**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 12 del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR

OQUENDO MAZÓN, JUAN CARLOS



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Oquendo Mazón, Juan Carlos

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN) para detección de vehículos en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge; y en la Avenida Quito y calle Bolivia sector sur de la ciudad de Guayaquil”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 12 del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR:

OQUENDO MAZÓN, JUAN CARLOS

DEDICATORIA

A Dios es Alfa y Omega del universo que me dio la vida y los dones necesarios para con esfuerzo y trabajo poder realizar durante estos años de estudio que pasaron en dos etapas de mi vida. Por siempre sea la Gloria a Dios por darme la vida, voluntad y fortaleza para seguir adelante y continuar con mis estudios.

A mi familia en especial a mis padres y hermanos que siempre estuvieron junto a mí apoyándome, alentándome y me brindaron los medios necesarios para continuar con mi carrera.

No fue fácil pero los mayores logros son los que nos cuestan más realizando sacrificios personales y familiares.

EL AUTOR

OQUENDO MAZÓN, JUAN CARLOS

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y poder culminar este proyecto tan anhelado, con todo mi esfuerzo y sacrificio logrando una meta muy importante en mi vida personal y profesional.

A mis padres Fausto y Alicia por entregarme todo su amor, apoyo incondicional y conocimientos para aprender desde la escuela y colegio, la constancia y lo necesario para alcanzar las mejores calificaciones en mis estudios. Y darme su ejemplo para formarme como persona de bien en todos los aspectos de la vida.

A mis hermanas Diana Lissette, María Gabriela y Mónica Lorena que siempre están junto a mí, apoyándome en cada paso que doy en mi vida familiar y laboral sin ellos no podría haber logrado esta meta.

A mis profesores y tutora M. Sc. Luzmila Ruilova Aguirre, que con sus conocimientos me guiaron para la culminación de este proyecto, a mi amigo y compañero de escuela y colegio Ing. Víctor Basantes Robalino, que colaboró en gran medida con los datos e información del diseño del sistema que expongo en este proyecto.

EL AUTOR

OQUENDO MAZÓN, JUAN CARLOS



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. Romero Paz, Manuel de Jesús
DECANO

f. _____

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando
COORDINADOR DEL ÁREA

f. _____

M. Sc. Bastidas Cabrera, Tomás Gaspar
OPONENTE

Índice General

Índice de Figuras	XIII
Índice de Tablas.....	XV
Resumen	XVI
Abstract.....	XVII
CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL	2
1.1. Introducción.	2
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Planteamiento del problema.	4
1.4. Justificación del problema.....	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general.	5
1.5.2. Objetivos específicos.	5
1.6. Hipótesis.....	6
1.7. Metodología de investigación.	6
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1. Sensores.....	7
2.2. Sensores inalámbricos.....	7
2.3. Características de las redes de sensores inalámbricos.....	8
2.4. Arquitectura de las redes de sensores inalámbricos.....	10
2.5. Elementos que constituyen las redes de sensores inalámbricos....	11
2.5.1. Arquitectura de un nodo sensor.....	12
2.5.2. Tipos de topologías en WSN	13

2.5.2.1. Topología estrella	14
2.5.2.2. Topología malla	14
2.5.2.3. Topología estrella – malla (Híbrida).....	14
2.5.3. Parámetros de una Wireless Sensor Network	15
2.6. Redes Ah-Hoc.....	16
2.6.1. Comunicación inalámbrica.....	17
2.6.2. Tecnología inalámbrica.....	18
2.7. Protocolos de comunicación en redes WSN	19
2.8. Protocolo Zigbee (IEEE 802.15.4).....	22
2.8.1. Objetivo	23
2.8.2. Bandas de operación.....	23
2.8.3. Topologías de red y nodos	24
2.8.4. Seguridad	27
2.8.5. Comparación de Zigbee con Bluetooth y Wi-Fi.....	28
2.9. Protocolos de enrutamiento de WSN	29
2.9.1. Protocolos a redes planas	30
2.9.1.1. Protocolo Flooding y gossipin.....	31
2.9.1.2. Protocolo de enrutamiento SPIN	32
2.9.1.3. Protocolo de Difusión dirigida	32
2.9.1.4. Protocolo MCFA.....	33
2.9.1.5 Protocolo GBR.....	33
2.9.2. Protocolos de redes jerárquicas	34
2.9.3 Protocolos de enrutamiento en localización.....	38

2.10. Sistemas operativos para redes WSN.....	38
2.10.1. Principales sistemas operativos para redes WSN	38
2.10.2 TINYOS (Tiny Microthreading Operating System)	40
2.10.3. Lenguajes de programación para sensores.....	43
2.10.3.1. NesC.....	43
2.10.4. Seguridad en redes WSN	44
 CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS WSN EN SECTOR SUR DE GUAYAQUIL	 46
3.1. Planificación y desarrollo de los estudios técnicos.....	46
3.2. Estudio y reconocimiento de los puntos de interés	47
3.3. Sistema de Detección Vehicular WVD	48
3.3.1. Equipos del Sistema de Detección Vehicular (WVD).....	49
3.3.2. Detector Vehicular Inalámbrico (WVD)	50
3.3.3. Antena router receptor (VDR)	51
3.3.4. Módulo procesador de datos (DAC)	52
3.3.5. Controlador de semáforos y disparadores de señal	53
3.3.6. Fuente de alimentación AC/DC	55
3.3.7. Ventajas y beneficios del sistema WVD.....	55
3.4. Diagrama de funcionamiento del Sistema WVD.....	56
3.4.1. Proceso de instalación del Sistema WVD.....	57
3.4.2. Instalación de armarios para control de tráfico	59
3.4.3. Cuadro de especificaciones técnicas del Sistema WVD.....	60
3.5. Calculo de Parámetro RSSI	61

3.6. Simulador del sistema WVD con plataforma software.....	62
3.6.1. Resultados del Simulador WVD en la Avenida Eloy Alfaro.....	65
3.6.2. Resultados del Simulador WVD en la Avenida Quito.....	66
3.7. Presupuesto estimado Proyecto Sistemas de Detectores WVD	66
CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
4.1. Conclusiones.	67
4.2. Recomendaciones.	68
BIBLIOGRAFÍA	69
Anexo 1.....	74
Anexo 2.....	75

Índice de Figuras

Figura 2. 1: Redes de sensores	8
Figura 2. 2: Esquema de una WSN centralizada	10
Figura 2. 3: Esquema de una WSN descentralizada	11
Figura 2. 4: Topologías, gateway, sensor, router, sensor con router	12
Figura 2. 5: Componentes de un nodo sensor	13
Figura 2. 6: Topologías Zigbee par, estrella, malla, racimo de árbol	15
Figura 2. 7: Tecnologías inalámbricas	19
Figura 2. 8: Pila de protocolos de redes de sensores WSN.....	22
Figura 2. 9: Tecnología Zigbee 2.4. Ghz.....	23
Figura 2. 10: Características de radio	24
Figura 2. 11: Topologías de red Zigbee	25
Figura 2. 12: Configuración de una red Zigbee.....	26
Figura 2. 13: Ruta de comunicación con interconexión	26
Figura 2. 14: Caídas en red por fallos de nodos	27
Figura 2. 15: Nuevas rutas alternas de comunicación.....	27
Figura 2. 16: Canales IEEE802.15.4 y IEEE802.11	28
Figura 2. 17: Comparativa entre Zigbbe, Wi-fi y Bluetooth	29
Figura 2. 18: Protocolos de enrutamiento en WSN.....	30
Figura 2. 19: Esquema de funcionamiento de TinyOs	42
Figura 3. 1: Sector en la Avenida Quito y calle Bolivia.....	46
Figura 3. 2: Sector Avenida Quito y calle Bolivia	47

Figura 3. 3: Sector Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge	48
Figura 3. 4: Mapa Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge	48
Figura 3. 5: Diagrama Sistema de Detección Vehicular WVD	49
Figura 3. 6: Instalación de Detector de Vehículos.....	50
Figura 3. 7: Detector inalámbrico WVD.....	51
Figura 3. 8: Antena router receptor	51
Figura 3. 9: Módulo procesador (DAC)	52
Figura 3. 10: Controlador de tráfico PEEK ATC-2000.....	54
Figura 3. 11: Disparador de señal model 200	54
Figura 3. 12: Fuente de alimentación A/C a D/C 24 voltios	55
Figura 3. 13: Diagrama del Sistema WVD	57
Figura 3. 14: Instalación del sensor WVD.....	58
Figura 3. 15: Perforación de la calzada	58
Figura 3. 16: Esquema de instalación de equipos y armario	59
Figura 3.17: Sensores WVD Avenida Quito y Bolivia	62
Figura 3. 18: Monitoreo en Avenida Quito y calle Bolivia	63
Figura 3. 19: Sensores en Avenida Eloy Alfaro y Camilo Destruge	63
Figura 3. 20: Monitoreo en Avenida Eloy Alfaro y Camilo Destruge	64
Figura 3. 21: Monitoreo de vehículos Sistema WVD.....	64

Índice de Tablas

Tabla 2. 1: Distancia de transmisión	24
Tabla 3. 1: Especificaciones técnicas del sistema WVD	60
Tabla 3. 2: Medición del parámetro A en dBm	62
Tabla 3. 3: Reporte de monitoreo de vehículos 2018	65
Tabla 3. 4: Reporte del sistema WVD monitoreo de vehículos 2018	66
Tabla 3. 5: Presupuesto estimado del Proyecto Sistema WVD	66

Resumen

En el presente trabajo de titulación se puede comprender la modernización de las principales ciudades y capitales del mundo. Por lo tanto nuestro país y la ciudad Guayaquil no pueden quedar a la retaguardia de la integración de las nuevas tecnologías como las redes de sensores inalámbricos. Se empezó con los estudios previos y planificación de la Autoridad de Tránsito de Guayaquil, para encontrar una solución al congestionamiento del tráfico en las avenidas principales y se encontró la respuesta con la creación del proyecto de redes de sensores inalámbricos detectores de vehículos. Así comenzó el desarrollo del proyecto, se diseñó en base a los estudios realizados con las especificaciones en la Avenida Quito y calle Bolivia, también se estudió la intersección en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge. Estas dos calles Bolivia y Camilo Destruge tienen poco flujo de vehículos y están en el tramo final de su trayectoria. Con el diseño y posterior instalación de este proyecto se puede obtener una mejoría del tráfico vehicular en estas dos intersecciones y según se realicen más estudios y planificaciones en otras zonas de la ciudad se irá prolongando las redes de sensores inalámbricos en nuestra ciudad para el servicio y beneficio de los habitantes.

Palabras Claves: REDES DE SENSORES, TOPOLOGÍA, DETECTORES, INALAMBRICO, ROUTER, PROTOCOLO ZIGBEE.

Abstract

In the present work of thesis can understand the modernization of the main cities and capitals of the world. Therefore, our country and the city of Guayaquil can't be behind the integration of new technologies such as wireless sensor networks. It began with the previous studies and planning of the Transit Authority of Guayaquil, to find a solution to the congestion of traffic in the main avenues and the response was found for the creation of the project of networks of vehicle detector sensors. So began the development of the project it was designed in bases to the studies made specifications in the Quito Avenue and Bolivia Street, also the intersection in the Eloy Alfaro Avenue and Camilo Destruge Street was studied. These two streets Bolivia and Camilo Destruge have little flow of vehicles and are at the top of their trajectory with the design and subsequent installation of this project you can get an improvement of vehicular traffic at these two intersections and as more studies and planning are carried out in other areas of the city, the wireless sensor networks in our city will be extended for the service and benefit of the inhabitants.

Keywords: SENSOR NETWORKS, TOPOLOGY, DETECTORS, WIRELESS, ROUTER, ZIGBEE PROTOCOL.

CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. Introducción.

En la actualidad el desarrollo de las redes de sensores inalámbricos (WSN) se han incrementado sustancialmente, sus orígenes están en iniciativas militares como las redes de sensores modernos y fueron creados proyectos pioneros como Chain Home (II Guerra Mundial 1939), Radars de la Royal Air Force Británica, Sound Surveillance System (SOSUS), es una red de boyas sumergidas en las costas de Estados Unidos durante la Guerra Fría para detectar submarinos utilizando sensores de sonidos, NORAD (Guerra Fría), son radares detectores antimisiles con base en el estado de Colorado en Estados Unidos y Canadá. Las investigaciones de redes de sensores empezaron con el proyecto Distributed Sensor Networks (DSN) en la Agencia militar de investigación avanzada de Estados Unidos Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Hoy en día deben seguir realizando investigaciones y trabajos en nuevos proyectos militares en este campo de las telecomunicaciones.

Actualmente hay muchas áreas de aplicación en el sector civil que son muy interesantes y de gran importancia para el desarrollo moderno, todo esto aparte de las realizadas con fines militares. Existen varios campos de trabajo como: Eficiencia energética la red de sensores se utiliza para controlar el uso eficaz de la electricidad en el alumbrado público, como el caso de Japón y España; Alta seguridad se han diseñado y construidos edificaciones, según autor (Asencio, Miguel, & Pascual, 2009), dice que se necesitan altos niveles de defensa para impedir ataques externos en centrales, energéticas, nucleares, aeropuertos y establecimientos del estado que tienen el ingreso restringido. En estos casos la red de sensores pueden descubrir amenazas que no lo puede reconocer una cámara.

Existen sensores ambientales el registro y monitoreo ambiental sería improbable revisar extensas áreas de bosques y océanos es por este fin que se utilizan las redes de sensores inalámbricos, (Asencio et al., 2009), el rastreo de múltiples variables tales como: clima, agua, calor, lluvias, aire, movimiento sísmico y volcánico entre otras. Estos dispositivos

ayudan a los expertos a determinar o advertir problemas y urgencias de impacto ambiental ocasionados por el hombre. (Cobos, 2007)

Dentro del sector industrial existen sensores para un complejo control de calidad de los productos, el tamaño de estos sensores les permite estar donde sean requeridos, también existen sensores de humo, co2, monitoreo estructural, monitoreo de calefacción, ventilación, aire acondicionado, sensores detectores de presión, flujo, vibración y nivel de un tanque, etc.

En el área de la automoción y tráfico vehicular en las grandes ciudades, las redes de sensores inalámbricos es el complemento ideal para las cámaras de tráfico ya que pueden aportar información del tráfico en ángulos que no cubren las cámaras, datos de flujo vehicular para dar paso prioritario en las avenidas principales implementado sistemas de semáforos inteligentes en las intersecciones que lo requieran, enviar información a las centrales operativas de monitoreo y comunicar a los agentes de tráfico y conductores en tiempo real en casos de atascos o accidentes para que puedan tomar rutas alternativas.

En el área de la medicina es un campo con muchas expectativas, con la reducción del tamaño de los nodos sensores, para mejorar la calidad de vida de los pacientes que necesiten tener controlados sus signos vitales tales como: pulsaciones, presión arterial, nivel de glucosa en sangre, temperatura, actividad respiratoria.

En el sector de la domótica se están implementando nuevos sensores inalámbricos por su tamaño, precio y rapidez de instalación. Existen sensores de fuego, humo, co2 y gas para viviendas; sensores de movimiento, magnéticos, roturas de cristales, aperturas de ventana, puertas, sensores de luminosidad, temperatura, pánico y otros sensores.

El funcionamiento con las redes de sensores inalámbricos se direcciona al camino que no solo pueda observar y detectar los eventos que se presentan sino también reaccionar para activar funciones de los otros sistemas integrados.

1.2. Antecedentes.

En el Ecuador en concreto en la ciudad Guayaquil se han venido realizando cambios de modernización en el tránsito vehicular, desde que asumió la competencia la Autoridad de Tránsito de Guayaquil, por mandato del gobierno nacional en respuesta al referéndum realizado anteriormente, los ciudadanos decidieron con su voto que se entregue a los municipios de cada ciudad de las tres más importantes de nuestro país.

La Autoridad de Tránsito Municipal recibe esta nueva competencia desde el 01 de agosto de 2015. Para llevar el control y distribución del tránsito vehicular dentro de la ciudad de Guayaquil. En esta nueva etapa de nuestra ciudad se han implementado poco a poco nuevas tecnologías y sistemas control en los semáforos, vías conflictivas en horas pico de tránsito como lo son en las mañanas de 07:00 a 10:00 y en las tardes y noches de 17:00 a 20:00 en las principales vías de acceso y salida a Guayaquil, por la vía a Daule por la Aurora y el Puente de la Unidad Nacional hacia Samborondón y Durán.

1.3. Planteamiento del problema.

Actualmente en la ciudad de Guayaquil se realizaron estudios en los puntos conflictivos de tráfico en la Avenida Quito y en la Avenida Eloy Alfaro, que ocasionaban retraso en el flujo vehicular por el tiempo de espera en los semáforos de las intersecciones que no son muy transitadas en el transcurso del día.

Según los estudios realizados en estas avenidas tienen programado el tiempo estimado de los semáforos es de 30 segundos sincronizados para cada flujo vehicular, pero se observó y detectó que existe poco flujo vehicular en la calle Bolivia sentido oeste – este y en la calle Camilo Destruge sentido este – oeste, por tales motivos se inició la planificación y diseño de los sistemas de redes de sensores inalámbricos en estas intersecciones para mejorar la circulación vehicular en la Avenida Quito y Avenida Eloy Alfaro.

1.4. Justificación del problema.

El crecimiento demográfico y de movilidad en nuestra ciudad ha ocasionado otros inconvenientes a la hora de trasladarnos de nuestras casas a nuestros lugares de trabajo y estudio. Con la entrada en funcionamiento de la Metrovía como servicio de transporte masivo en el año 2006 y el aumento anual del parque automotriz en la ciudad se complica cada día más el tráfico en las horas pico por la mañana y la tarde noche de retorno a los hogares.

Siguiendo el cambio y modernización de otras ciudades del mundo se está planificando en nuestra ciudad, la red de sensores inalámbricos para el mejor funcionamiento de los semáforos convencionales y puedan trabajar ahora como semáforos inteligentes, en los eventos que no detecten la presencia de vehículos permiten el paso de flujo de vehículos en el sentido sur – norte en la Avenida Quito y Avenida Eloy Alfaro para agilizar el tráfico en esta zona.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general.

Diseñar una red de sensores inalámbricos WSN para detectar la presencia de vehículos en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge; y Avenida Quito y calle Bolivia mediante wirelees vehicle detección WVD como sistema de gestión de vehículos de tráfico urbano.

1.5.2. Objetivos específicos.

1. Realizar el estudio del tráfico vehicular en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge, para detectar la presencia de vehículos y mejorar el flujo vehicular en el sentido sur – norte.
2. Detallar los diferentes parámetros obtenidos en la presencia de vehículos, velocidad, longitud del vehículo, flujo de tráfico y tiempo entre los vehículos que circulan en la calle Camilo Destruge.
3. Realizar el estudio del tráfico vehicular en la Avenida Quito y calle Bolivia para detectar la presencia de vehículos y mejorar el flujo en el sentido sur – norte.

4. Evaluar los datos registrados en el sistema WVD para sincronizar el tiempo de respuesta en semáforos y el cambio de flujo de circulación vehicular.
5. Realizar el estudio de otros proyectos viables, para las nuevas planificaciones y diseños del sistema WVD en otras Avenidas y calles de distintos sectores en la ciudad de Guayaquil.

1.6. Hipótesis.

Mediante el diseño de la red de sensores inalámbricos WSN, se utilizará en sistema de detección de vehículos WVD, para detectar la presencia de vehículos en la Avenida Eloy Alfaro y Camilo Destruge; y la Avenida Quito y calle Bolivia, podemos analizar los primeros resultados como un periodo de prueba para sincronizar el tiempo de los semáforos de forma más eficiente y mejorar la circulación vehicular en el sentido sur – norte.

1.7. Metodología de investigación.

El presente trabajo considera una investigación aplicada, analítica, descriptiva y de campo: Aplicada por que está realizando el monitoreo de la red de sensores en los puntos específicos que tienen conflictos por el retraso del tráfico, posteriormente se ha considerado la analítica, para tomar los datos de cada vehículos los parámetros que detalla el sistema para encontrar una mejor solución en estas intersecciones, es descriptiva por cuanto se realiza la verificación de los dispositivos que se van a ser utilizados y su correcto funcionamiento, para obtener los detalles y parámetros de los vehículos, finalmente de campo por se realizarán en lo posterior los trabajos necesarios en los puntos conflictivos y el impacto que tendrá en un futuro para las nuevas instalaciones en otros sectores de la ciudad de Guayaquil.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Sensores

Los sensores fueron creados para obtener y registrar la información de su entorno, tienen unas propiedades sensibles a diferentes magnitudes en el medio en que están situados, cuando hay cambios en la magnitud también varía la intensidad de la propiedad, detectan la presencia de esta magnitud y la declaran en su escala de medición. (Rueda & Talavera, 2016)

Los sensores son dispositivos capaces de detectar las variables de instrumentación y transformarlas con un transductor en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser: temperatura, presión, aceleración, humedad, intensidad lumínica, movimiento, fuerza, inclinación, signos vitales, etc. (Rueda & Talavera, 2016)

2.2. Sensores inalámbricos

Los sensores inalámbricos están diseñados para ser implementados en las tareas cotidianas del ser humano y su entorno. Su función consiste en detectar el cambio en los fenómenos físicos que nos rodean, el mecanismo para monitorear y controlar los cambios o variables de medición, por esta razón se crearon las redes de sensores inalámbricos, Wireless Sensor Networks (WSN), se caracterizan por ser auto-programables integrada por numerosos dispositivos (nodos sensores) de bajo consumo y costo, distribuidos espacialmente que están comunicados entre sí y transmiten la información obtenida a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación. (Rueda & Talavera, 2016)

Los tipos de redes inalámbricos están diseñadas para dirigir los datos medidos a un módulo interno de procesamiento por intermedio del manejo de diferentes tecnologías sin el uso de cables. (López, 2012)

Estos sensores tienen la facultad de formar una red ad-hoc, es una red que no tiene infraestructura con cables preestablecida, no requiere de control interno que coordine su labor. Una característica de estas redes es su trabajo de autoconfiguración, de manera que los sensores pueden ocuparse como emisores o receptores y pueden crear caminos de intercambio entre nodos fuera de

rango directo y variar estos caminos si uno de los nodos que participa en el encaminamiento no funciona.

Además las redes de sensores en su ordenación ad-hoc, pueden implementar protocolos de exploración que les permitirán saber la colocación de los diferentes nodos (es decir, la topología de la red) de modo no centralizado, transmitiendo los datos salto a salto. Esto ayuda de mucho al desarrollo y conservación de la red, que es invulnerable a fallas y caídas. Posteriormente la información llega a los gateway. (López, 2012)

El gateway es el mote o nodo encargado de entregar a un computador interno los datos almacenados por todos los nodos de la red. Los gateway están de forma directa conectados a la red eléctrica y emplean USB o RS-232 (para intercambio con el PC), Bluetooth, WLAN o Ethernet y pueden hacer uso de Wi-Fi (para vincularse a un punto de conexión apartado. (López, 2012)

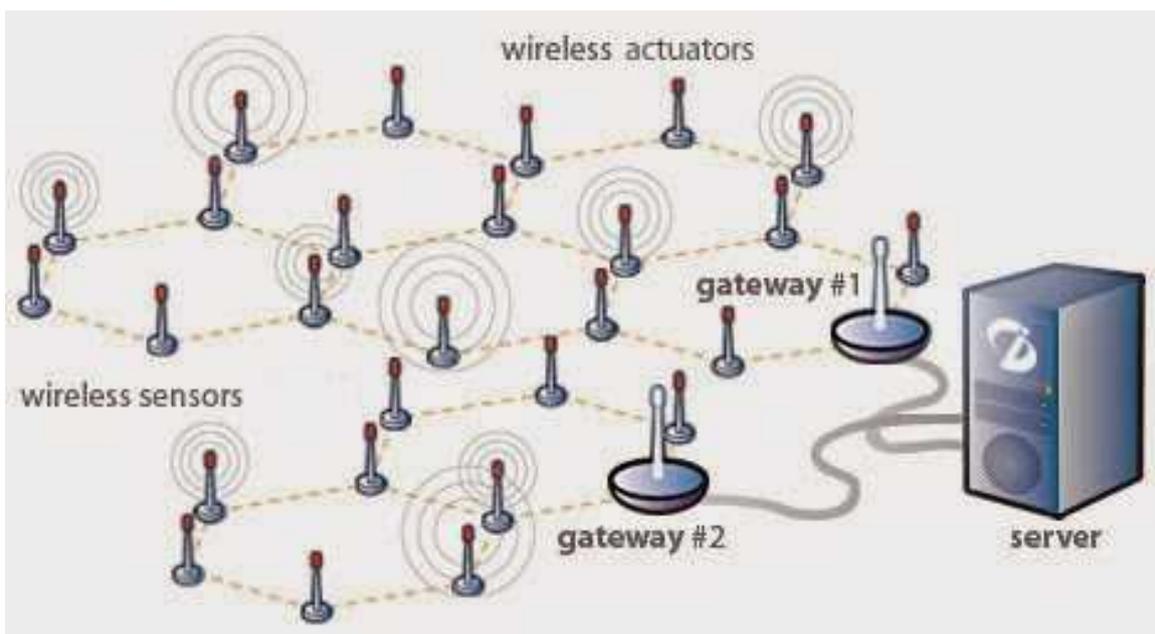


Figura 2. 1: Redes de sensores
Fuente: (Zennaro, 2010)

2.3. Características de las redes de sensores inalámbricos

Los nodos que se han creado durante este tiempo moderno se están utilizando en las diferentes redes que se clasifican según la función y misión que deben cumplir, para desarrollar el trabajo específico en forma eficiente para el que han sido implementados.

Se pueden identificar una serie de características comunes en todas las redes y las principales son las siguientes:

- **Gran Escala:** La gran abundancia de sensores o nodos que se encuentran en la red puede alcanzar incluso los cientos o miles de unidades, alcanzando un superior incremento en su cantidad el tiempo de existencia de la red. La red se va a formar de numerosos sensores desplegados en toda el área en el cual se produce el evento cerca del objetivo. (López, 2012)
- **Topología variable:** El puesto que le corresponde a cada nodo puede ser al azar y no conocida por los otros nodos. La posición no tiene por qué estar establecida con anterioridad, entonces con este despliegue pueden ocupar los terrenos poco accesibles y acciones de rescate en desastres. Por lo tanto, los algoritmos y protocolos de red se pueden organizar de manera automática. (López, 2012)
- **Recursos limitados:** Los nodos sensores por su mínimo gasto de potencia, costo y su reducido tamaño, tienen pocos recursos. Los dispositivos nuevos más comunes son los mica2, tienen procesadores de 4 MHz, 4 Kbytes de RAM, 128 Kbytes de memoria de programa y 512 Kbytes de memoria flash para los datos. El radio de operación les permite emitir a una tasa de 38.4 KBaudios. (López, 2012)
- **Colaboración de nodos sensores:** Estos nodos realizan operaciones simples antes de emitir los datos, es decir, un procesamiento solo de una parte o local. (López, 2012)
- **Comunicación:** Los nodos sensores funcionan con difusión y debido a que están muy desplegados, la transmisión multihop (salto múltiple de uno a otro) tiene un menor uso de potencia que la transmisión single hop (salto simple). Además, los niveles de transmisión de potencia son muy bajos y tienen pocos inconvenientes de propagación en comunicaciones inalámbricas de distancia considerables. (López, 2012)
- **Funcionamiento autónomo:** Si no se accede a los nodos de forma continua, que puede suceder en mucho tiempo. Todo ese tiempo en el que el nodo permanece sin revisar sus baterías que se pueden agotar y dejar de funcionar de manera adecuada. (López, 2012)

2.4. Arquitectura de las redes de sensores inalámbricas

El diseño fundamental es en forma de módulos, con el objetivo de poder volver a utilizar los dispositivos. Pero el tener este diseño tiene sus limitaciones y hay que tener precaución para que sean fiables las interfaces entre módulos, hardware y software sean genéricas y permitan la portabilidad. (Barcell, 2015)

Existen dos arquitecturas:

Arquitectura Centralizada: Los nodos sensores de cada red transmiten solo con el gateway (pasarela), que está más próximo y ordena el tránsito de la red en concreto. (Barcell, 2015)

Según el autor (López, 2012) dice que: Con la certeza que sistema de trabajo de un nodo sensor se compone de estado activo, medir, transmitir y estado pasivo, cuando transmita un mensaje irá directo a la pasarela, se van a crear dos problemas para la red:

- Cuello de botella en las pasarelas.
- Mayor gasto de energía por las transmisiones.

Entonces se puede concluir que el tiempo de vida de la red es relativamente corto. (López, 2012)

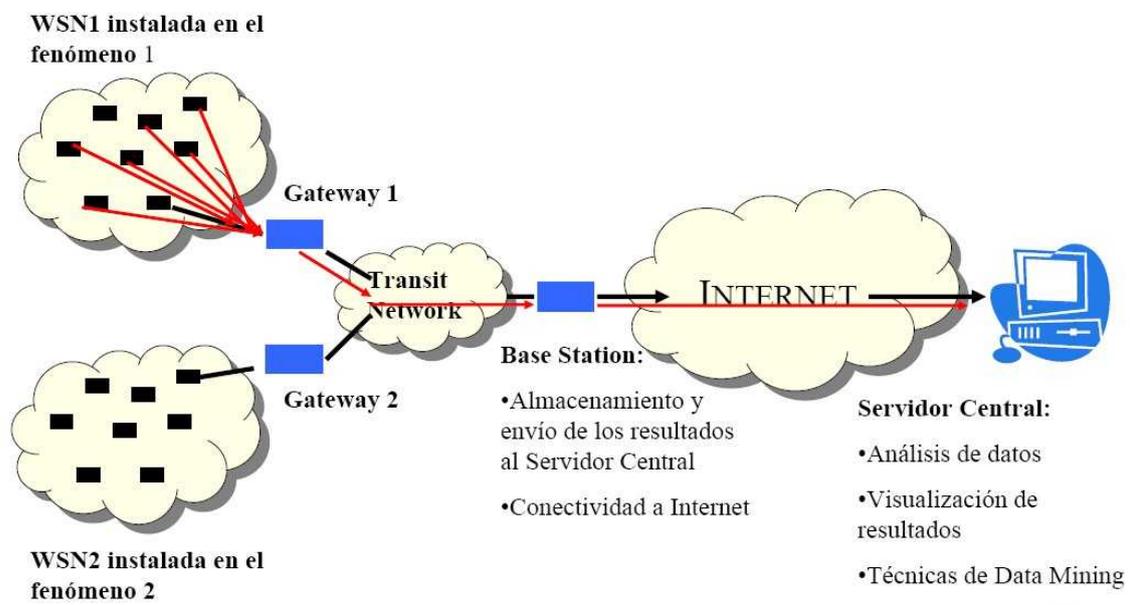


Figura 2. 2: Esquema de una WSN centralizada
Fuente: (Barcell, 2015)

Arquitectura Distribuida: Tiene la característica de que nodos sensores transmiten señales con otros sensores que están dentro de su alcance. Los nodos sensores se van a notificar con sus nodos más cercanos y van a colaborar entre ellos, aplicando algoritmos distribuidos para tener una sola respuesta global que un nodo (cluster head), va a comunicar a la estación base a través de las pasarelas definidas. (López, 2012)

Los nodos no solo recaban la información, sino que también utilizan su capacidad de cálculo para realizar mediciones. Así evitan las dificultades de la arquitectura centralizada y conservan sus características y ventajas. (Barcell, 2015)

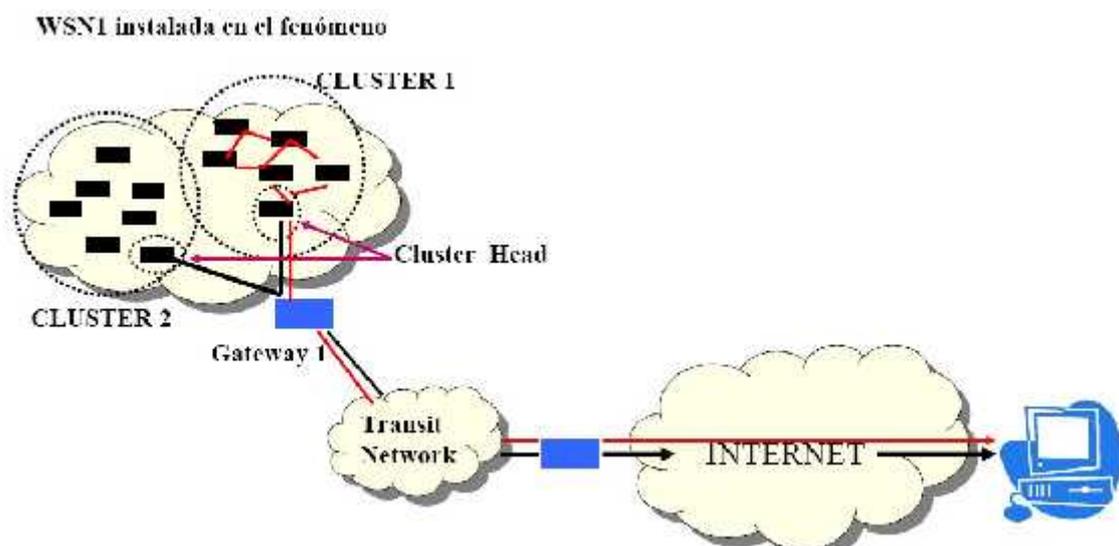


Figura 2. 3: Esquema de una WSN descentralizada
Fuente: (Barcell, 2015)

2.5. Elementos que constituyen las redes de sensores inalámbricos

Las redes de sensores están compuestas por un gran grupo de dispositivos de poco tamaño denominados nodos sensores, con memoria limitada para recolectar datos y transferir la información. Tienen poco tiempo de operación que depende de una batería que viene incluida en el dispositivo. El tiempo de trabajo de la red de sensores está ligado a la potencia de la batería de sus nodos. Estos artefactos están dispersos de manera ad-hoc en una zona indicada para monitorizar. En redes las redes de transmisiones de datos, es una expresión que hace referencia a una red en la que no hay un nodo exclusivo, sino que todos los nodos están en similares circunstancias. (Santos, 2014)

El trabajo que realizan los nodos es el siguiente: hacer unas mediciones en el medio, convertir los datos a señal digital dentro del mismo nodo y transmitirla hacia la red de sensores por esa vía hacia un elemento Gateway (puerta), de ahí a una estación base, donde la información pueda ser guardada temporalmente para enviarla a un servidor con más capacidad que permita componer en datos de referencia o realizar un análisis de datos. (Santos, 2014)

En una red de sensores inalámbricos encontramos los siguientes elementos:

- Sensores: Existen distintos tipos y tecnologías los cuales extraen del medio la información y la convierten en señales eléctricas.
- Nodos de sensor: Reciben los datos del sensor a través de sus puertas de datos y envían la información a la estación base.
- Gateway: Son elementos para la interconexión entre la red de sensores y una red TCP/IP.
- Estación base: Funciona como recolector de datos, desde donde los usuarios pueden acceder de forma remota para observar y estudiar los datos.
- Red inalámbrica: Por lo general está basada en ZigBee (estándar 802.15.4) (Ortiz, 2006)

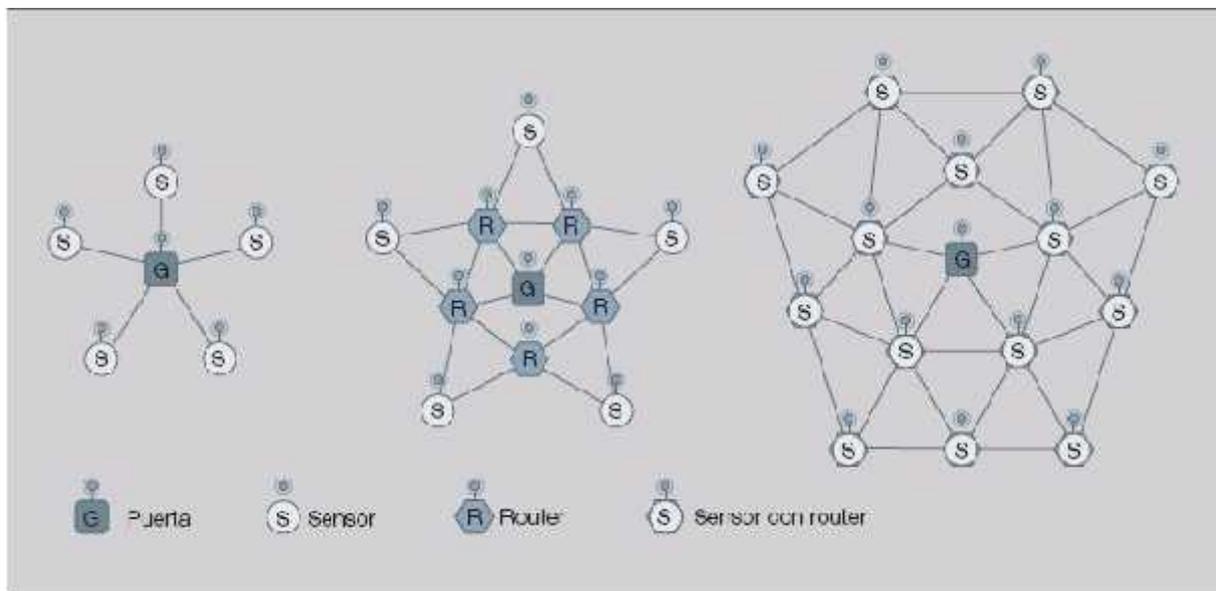


Figura 2. 4: Topologías, gateway, sensor, router, sensor con router
Fuente: (Aakvaag & Frey, 2006)

2.5.1. Arquitectura de un nodo sensor

Los nodos sensores están conformados en su base por cuatro componentes importantes: la unidad de detección, la unidad de procesamiento, un transceptor y

una unidad alimentación. En la unidad detección tenemos un sensor y un conversor analógico-digital para la medición y recolección de la información del entorno en señales analógicas y su conversión en señales digitales con un microcontrolador.

Un segundo componente es la unidad de procesamiento que cuenta con una pequeña unidad de almacenamiento y es la encargada de gestionar los procesos para que los nodos sensores colaboren entre ellos llevando a cabo la asignación de tareas de detección.

El tercer componente es un transceptor que combina las funciones de transmisión y recepción inalámbrica para el envío y recepción de la información con uno o varios nodos dentro de la red, debe tener un balance adecuado para el bajo consumo de energía y una tasa de transmisión relativamente baja que permita que el dispositivo aumente su tiempo de vida útil.

El cuarto componente es una unidad de alimentación que es la más importante dentro de un nodo sensor, porque se encarga de estimar el tiempo de vida de un nodo y de la red en general. Se puede utilizar el uso de celdas solares para aprovechar el recurso energético natural y prolongar el tiempo de vida de la red de los nodos sensores. (Akyildiz, Su, Sankarasubramanian, & Cayirci, 2002)

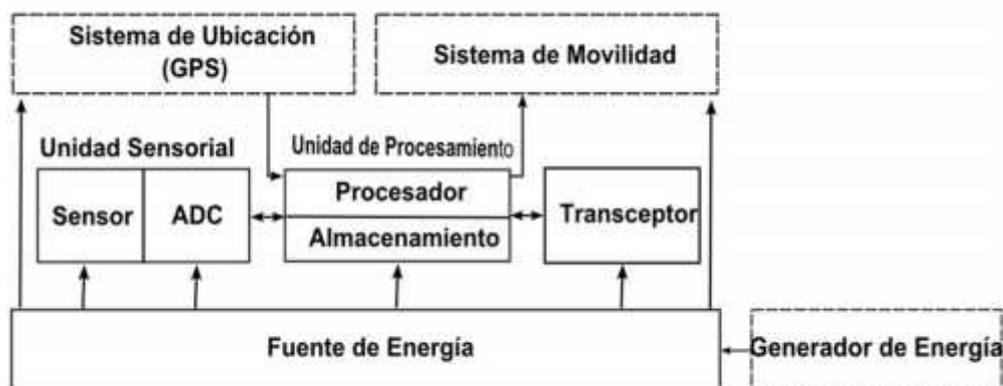


Figura 2. 5: Componentes de un nodo sensor
Fuente: (Aakvaag & Frey, 2006)

2.5.2. Tipos de topologías en WSN

La topología que suelen implementarse depende de la cantidad de nodos que existan, de la tasa de datos que van a ser enviados, de la distancia de transmisión y requerimientos de energía, lo cual nos deja tres posibilidades de topologías a aplicar.

2.5.2.1. Topología estrella

Esta topología es simple ya que tenemos un nodo que realiza la función de sumidero o coordinador que puede enviar y/o recibir los mensajes de los nodos restantes. Entonces, solo pueden comunicarse con el nodo sumidero mientras que entre ellos la comunicación es nula. Este tipo de topología tiene la ventaja de mantener a los nodos remotos con un mínimo consumo de energía lo cual permite que existan comunicaciones de baja latencia. Los principales inconvenientes que existen en esta topología es la dependencia de un nodo para la gestión de la red y el rango del sumidero para mantenerse en comunicación con los sensores. (Belduma & Bravo, 2017)

2.5.2.2. Topología malla

Esta topología permite que cualquier nodo dentro de la red pueda transmitir a cualquier otro que este dentro de su rango de comunicación. Básicamente está compuesta por nodos múltiples trayectos y de bajo consumo de energía. Los primeros son los encargados de retransmitir los mensajes de los de bajo consumo hacia otros nodos de la red. Además, si un nodo desea enviar un mensaje a otro que este fuera del rango de comunicación usara un nodo intermedio que le permita redirigir el mensaje hacia el nodo de destino. Las principales ventajas de esta red están ligadas a la escalabilidad y la redundancia. Mientras que la principal desventaja radica en el consumo de energía de los nodos debido a los múltiples trayectos limitando el tiempo de vida de la batería. También como la comunicación hacia otro nodo depende de los saltos mientras mayor sea el número de saltos que realice hacia el destino mayor será el tiempo de entrega del mensaje. (Belduma & Bravo, 2017)

2.5.2.3. Topología estrella – malla (Híbrida)

Este tipo de red busca combinar las ventajas de los otros dos tipos, la simplicidad y el bajo consumo de una topología en estrella, así como la posibilidad de cubrir una gran extensión y de reorganizarse ante fallos de la topología en malla. Este tipo crea una red en estrella alrededor de los routers pertenecientes a una red en malla. Los routers dan la posibilidad de ampliar la red y de corregir fallos en estos nodos y los nodos finales se conectan con los routers cercanos ahorrando energía. (Fernández, Martínez, & González, 2009)

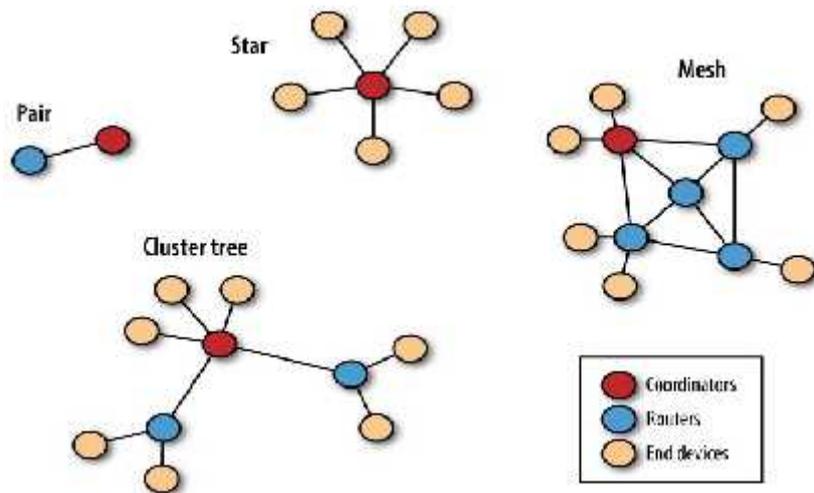


Figura 2. 6: Topologías Zigbee par, estrella, malla, racimo de árbol
Fuente: (Faludi, 2011)

2.5.3. Parámetros de una Wireless Sensor Network

Los principales parámetros que según el autor (Barcell, 2015) que son utilizados en una red inalámbrica de sensores son los siguientes:

- Tiempo de servicio
- Cobertura de la red
- Costos y fácil manejo de instalación
- Tiempo de contestación
- Exactitud y continuidad de las mediciones
- Tienen más seguridad

Los principales parámetros según el autor (Barcell, 2015) que tiene un nodo sensor son los siguientes:

- Versatilidad
- Robustez
- Seguridad
- Capacidad de información
- Capacidad de sistematización
- Facilidad de sincronización
- Tamaño y costos
- Gasto de energía (Barcell, 2015)

2.6. Redes Ah-Hoc

Las redes que se utilizan con más frecuencia en las implantaciones de redes de sensores inalámbricas son las redes malladas tipo ad-hoc. Son redes sin infraestructura, flexibles en las cuales todas las estaciones ofrecen servicios de encaminamiento para permitir la comunicación de estaciones que no tienen conexión inalámbrica directa. La principal característica de las redes móviles ad-hoc es que todos los dispositivos que forman parte de la red, además de funcionar como terminales finales, realizan también funciones de retransmisión de paquetes típicamente asociadas a routers.

Esta cualidad nos permite encaminar paquetes a varios destinos sin cobertura directa a través de otros nodos intermedios que se encuentren en la red. De este modo se nos ofrece la posibilidad de incrementar de una manera extraordinaria la movilidad y el tamaño de una red de datos inalámbrica.

La función principal de estas redes es la de crear de una forma rápida y eficaz una red temporal en lugares carentes de una infraestructura de red. (Fernández et al., 2009)

Las principales características de una red ad-hoc son:

- **Movilidad:** Es una de las principales razones de ser de las redes ad-hoc. Los nodos pueden cambiar de posición o ser móviles, pero que no salgan del alcance del radio. Se pueden desplegar de forma rápida sin la necesidad de salir de la zona o formar grupos, cada nodo es individual y trabajar de forma autónoma.
- **Multisalto (Multihopping):** Una red multihopping significa que toma el camino de la fuente al destino atravesando varios nodos que se encuentran por medio.
- **Autoordenamiento:** La red de forma autónoma debe determinar sus propios parámetros de configuración: dirección, encaminamiento, clustering, indicador de posición, etc.
- **Conservación de la energía:** Los nodos móviles, tienen una batería limitada y a no ser que dispongan de algún mecanismo de carga (por ejemplo, un panel solar), no tienen capacidad de recarga. Es muy importante diseñar unos protocolos (MAC, encaminamiento) eficientes, con la finalidad de mejorar el rendimiento y prolongar la autonomía de las baterías.

- **Escalabilidad:** Existen varios tipos de redes, el número de nodos puede aumentar hasta llegar a varios cientos o miles. Como no existe un punto de acceso determinado, la incorporación y exclusión de los nodos es un proceso sencillo y transparente.
- **Seguridad:** Las redes inalámbricas son vulnerables a los ataques externos, las redes ad-hoc son especialmente vulnerables. Pueden sufrir ataques activos como pasivos y el atacante puede imitar a un nodo legítimo y capturar paquetes de datos y control, destruir tablas de encaminamiento, etc. (Fernández et al., 2009)

2.6.1. Comunicación inalámbrica

Los dispositivos para la comunicación se trata de un dispositivo vía radio que permite enviar y recibir datos con otros dispositivos dentro de su rango de transmisión.

Los nodos usan la banda ISM que son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industriales, científica y médica. El uso de estas bandas de frecuencia está abierto a todo el mundo sin necesidad de licencia, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida.

Los medios para elegir y realizar según el autor (Santos, 2014) una comunicación inalámbrica son los más utilizados: radio frecuencia, comunicación óptica mediante láser e infrarrojos. La transmisión por láser es la que menos energía consume pero necesita de un contacto visual entre emisor y receptor, y también depende del aspecto atmosférico. Los rayos infrarrojos, no necesitan antena, pero es muy limitado en su capacidad de transmisión. La radio frecuencia, RF, es la mejor para usar en aplicaciones inalámbricas. Las WSN usan las frecuencias de comunicación que andan entre 433 MHz y 2.4 GHz. (Santos, 2014)

Las aplicaciones de emisión y recepción se ajustan en una sola máquina que se llama transceptor. Las etapas de trabajo son: emitir, recibir, dormir e inactividad.

Los dispositivos actuales de transceptor, en el modo inactivo consumen muy parecido que el modo recepción, por eso es mejor tener totalmente apagado las transmisiones de radio, en el modo inactivo, cuando no se está trabajando con el emisor o receptor. También es imprescindible la cantidad de energía que consume

cuando cambia de modo dormido a transmisión de datos. (Santos, 2014)

Los sistemas más utilizados en los sistemas de comunicación de radio para nodos sensores de redes inalámbricas son:

- Chipcon CC1000
- Chipcon CC1020
- Chipcon CC2040
- Xemics XE1205
- 802.15.4 Chipset and SoC (Fernández et al., 2009)

2.6.2. Tecnología inalámbrica

Las tecnologías inalámbricas pueden clasificarse en cinco grandes grupos, dependen de la distancia que viaja cada tipo de señal.

La primera son las comunicaciones satelitales, como el sistema de posicionamiento global (Global Positioning System), que está conformado por 24 satélites manejados por las fuerzas armadas de Estados Unidos, estos satélites envían de forma constante las señales a dispositivos en tierra. Pero estas señales sólo viajan del satélite hacia el aparato receptor. (Fernández et al., 2009)

La segunda categoría son señales de dos vías, que comprenden las tecnologías de telefonía celular de cobertura amplia como GSM y CDMA. Entre las versiones avanzadas de 'tercera generación' (3G) destacan HSDPA y LTE, desarrolladas por la industria de los celulares. Un contendiente prometedor es WiMax, tecnología basada en los estándares de Internet con respaldo de la industria informática.

Una tercera categoría incluye señales de menor alcance utilizadas para conectar dispositivos dentro de una casa o un edificio, como los sistemas Wi-Fi para conectarse a Internet dentro de hoteles o aeropuertos, o Zigbee, protocolo de comunicaciones inalámbricas que sirve para interconectar sensores. Una reciente novedad es la tecnología de banda ultra ancha (UWB), que utiliza frecuencias sumamente altas de cobertura muy limitada para transmitir grandes volúmenes de datos, como puede servir para enviar un video desde un iPod o un dispositivo similar a un televisor. (Fernández et al., 2009)

En cuarto lugar están los protocolos para enlazar dispositivos en una "red de área personal" (PAN, personal área network), en este caso Bluetooth es utilizado para enviar la señal del teléfono celular a un auricular inalámbrico o parlantes que

amplifican la potencia y volumen de la música.

El quinto tipo de comunicaciones son las que se encuentran cerca de una antena transmisora (NFC, near field communications), funcionan con el dispositivo receptor y debe estar cerca del sistema emisor, como puede ser al pasar por un edificio o en el transporte público.

Una variante son las etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), utilizadas por tiendas departamentales y otros usuarios. Cuando pasan por un lector, estas etiquetas envían la información que tienen almacenada. Estos sistemas de radio son tan diferentes entre sí como la luz lo es del sonido; así, los satélites no pueden rastrear etiquetas RFID, lo cual permite descartar riesgos para la intimidad. (Fernández et al., 2009)

Las diferentes tecnologías inalámbricas se distribuyen dependiendo de la velocidad de transmisión y de su utilización.

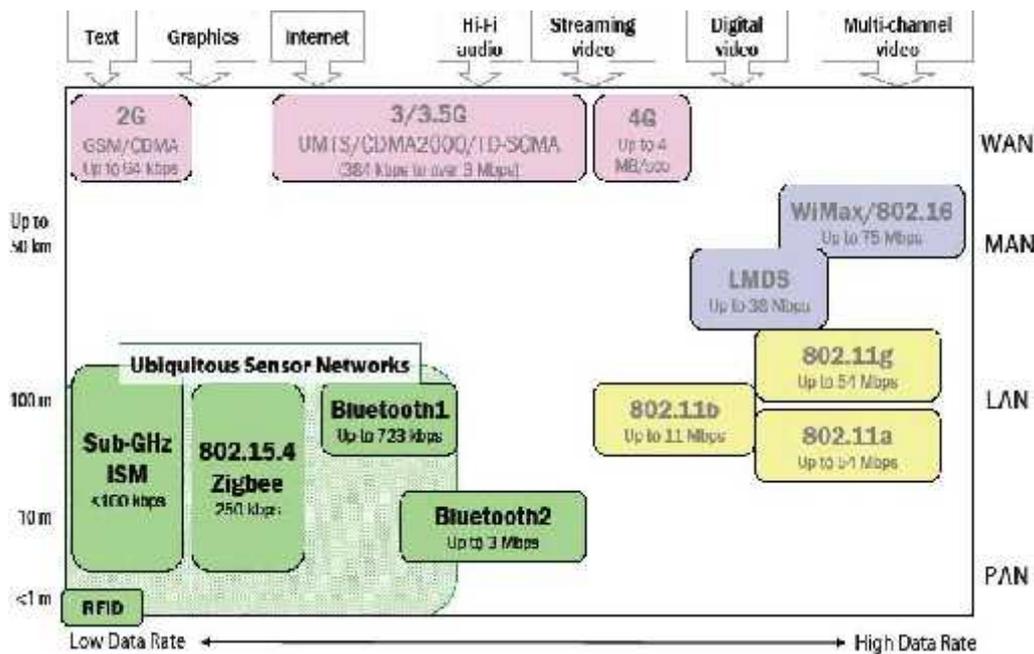


Figura 2. 7: Tecnologías inalámbricas
Fuente: (Fernández et al., 2009)

2.7. Protocolos de comunicación en redes WSN

La pila de protocolos que se usan por el sumidero (SINK) y nodos sensores, se combina la potencia y asignación de ruta, integra los datos con red de protocolos, comunicaciones potentes eficientemente a través del medio inalámbrico, y promueve esfuerzos cooperativos de nodos sensores. (Sohraby, Minoli, & Znati, 2010)

La pila protocolar consiste en capa física, capa enlace de datos, capa de red, capa transporte, capa aplicación. La capa física dirige las necesidades de simple pero robusta modulación, transmisión, y las técnicas receptoras. (Sohraby et al., 2010) Desde que el ambiente es ruidoso y los nodos sensores pueden ser móviles, el protocolo de control de acceso al medio (MAC) debe estar consciente del poder y capaz de minimizar las colisiones con las transmisiones de vecinos. La capa red tiene el cuidado de tomar los datos proporcionado por la capa transporte. La capa transporte ayuda a mantener el flujo de datos que el sensor debe transmitir a una red de sensores si la aplicación lo requiere. (Sohraby et al., 2010)

- Capa Física: La capa física es responsable de la selección de frecuencia, generación de frecuencia de portadora, detención de señal, modulación y encriptamiento de los datos. (Sohraby et al., 2010). En los 915 MHz se aplica la industria científico-médica (ISM) se ha sugerido ampliamente para las redes de sensores. La opción de un esquema de modulación bueno es crítica para la comunicación fiable en una red de sensores. UWB (Ultra Wideband) emplea la transmisión en banda base y no frecuencias de portadora. (Sohraby et al., 2010)
- Capa Enlace de datos: La capa de enlace de datos es responsable de la multiplexación del flujo de datos, así como detección de trama de datos, acceso al medio y control de errores. Asegura conexiones fiable punto a punto y punto multipunto en una red de comunicación. (González & Cañizares, 2014)
- Control de Acceso al medio: El protocolo MAC en redes inalámbrico sensor debe lograr dos metas. La primera es la creación de la infraestructura de la red. Desde los miles de nodos sensores se esparce densamente un campo sensorial, el esquema de MAC debe establecer los enlaces de comunicación para el traslado de los datos. El segundo objetivo es la acción eficaz de los recursos de comunicación entre los nodos sensores. (González & Cañizares, 2014) Bluetooth y la red ad hoc móvil son los pares más íntimos a las redes de sensores. En contraste con estos dos sistemas, la red de sensores puede tener un número muy extendido de nodos. (González & Cañizares, 2014)
- Control de errores: Es otra función importante de la capa enlace de datos es el control de errores de datos en la transmisión. Dos modos importantes de control del error en las redes de comunicación son la corrección del error

hacia adelante (FEC) y demanda de repetición automática (ARQ). La utilidad de ARQ en las redes de sensores está limitada por la energía de la retransmisión adicional. (González & Cañizares, 2014)

- Corrección de Error hacia delante: La fiabilidad del Enlace es un parámetro importante en el plan de cualquier red inalámbrica, más aún en las redes de sensores, debido a la naturaleza imprevisible de la aplicación. Algunas de las aplicaciones necesitan rastreo móvil y requieren supervisar la alta precisión de los datos. La probabilidad de error en el canal (BER) es un indicador bueno de fiabilidad del enlace. La comunicación de datos fiables puede proporcionarse aumentando el rendimiento de potencia transmitida (P_{out}) o el uso de FEC conveniente. Desde que un nodo sensor ha limitado los recursos de potencia, la opción anterior no es factible. (González & Cañizares, 2014)
- Capa de Red: Se necesitan protocolos de la asignación de ruta inalámbricos entre los nodos del sensor y el SINK. La capa red de redes de sensores normalmente se diseña según los principios siguientes:
 - La eficacia de potencia siempre es una consideración importante.
 - Agregar datos sólo es útil cuando no impide el esfuerzo colaborador de los nodos sensores. (González & Cañizares, 2014)

Otra función importante de la capa red es proporcionar a las redes externas de internet working, (interconexión de tecnologías distintas) con otras redes de sensores. (González & Cañizares, 2014)

- Capa de Transporte: Esta capa se aplica en el caso que el sistema se procede a ingresar por medio de Internet u otras redes del exterior. (González & Cañizares, 2014)
- Capa Aplicación: En muchas áreas se pueden aplicar las redes de sensores, los protocolos de la capa aplicación para las redes de sensores siguen siendo un sector poco explorado. (González & Cañizares, 2014). Por lo general se utilizan tres protocolos para capa aplicación que son:
 - Protocolo de administración sensorial (SMP).
 - Protocolo de Anuncio de Datos y Asignación de Tarea (TADAP).
 - Protocolo de Diseminación de Datos y Requerimientos del Sensor (SQDDP). (González & Cañizares, 2014)



Figura 2. 8: Pila de protocolos de redes de sensores WSN
Fuente: (González & Cañizares, 2014)

2.8. Protocolo Zigbee (IEEE 802.15.4)

La relación entre IEEE 802.15.4-2003 y ZigBee es parecida a la existente entre IEEE 802.11 y Wi-Fi Alliance. La especificación 1.0 de ZigBee se aprobó el 14 de diciembre de 2004 y está disponible a miembros del grupo de desarrollo ZigBee Alliance.

ZigBee utiliza la banda ISM para usos industriales, científicos y médicos; en concreto, 868 MHz en Europa, 915 en Estados Unidos y 2,4 GHz en todo el mundo. Pero también, a la hora de diseñar dispositivos, las empresas se deciden prácticamente siempre por la banda de 2,4 GHz, por ser libre en todo el mundo. (Fernández et al., 2009)

Existe una nueva tecnología inalámbrica de corto alcance y bajo consumo que se origina de la antigua alianza Home RF y que es una novedosa solución inalámbrica de poca capacidad para aplicaciones en el hogar como la seguridad y la automatización. (López, 2012)

Entre las aplicaciones que se utilizan se encuentran:

- Automatización industrial, Domótica, Reconocimiento remoto, Juguetes interactivos, Medicina, etc.

2.8.1. Objetivo

Esta tecnología no alcanza a velocidades muy elevadas, solo puede llegar hasta una tasa de 20 a 250 Kbps a una distancia de 10 a 75 metros, pero consigue sensores con transceptores que tienen muy bajo consumo energético. Se ha revisado que algunos dispositivos alimentados con dos pilas AA puedan trabajar hasta 2 años sin el cambio de las baterías. Estos sensores la mayor cantidad de tiempo permanecen en un estado latente o durmiendo y por eso consumen mucho menos energía. (López, 2012)

2.8.2. Bandas de operación

ZigBee trabaja en las bandas libres de 2.4Ghz, 868Mhz para Europa y 915Mhz para Estados Unidos. Se Observa el espectro de trabajo en las bandas del protocolo 802 (incluyendo ZigBee). (López, 2012)

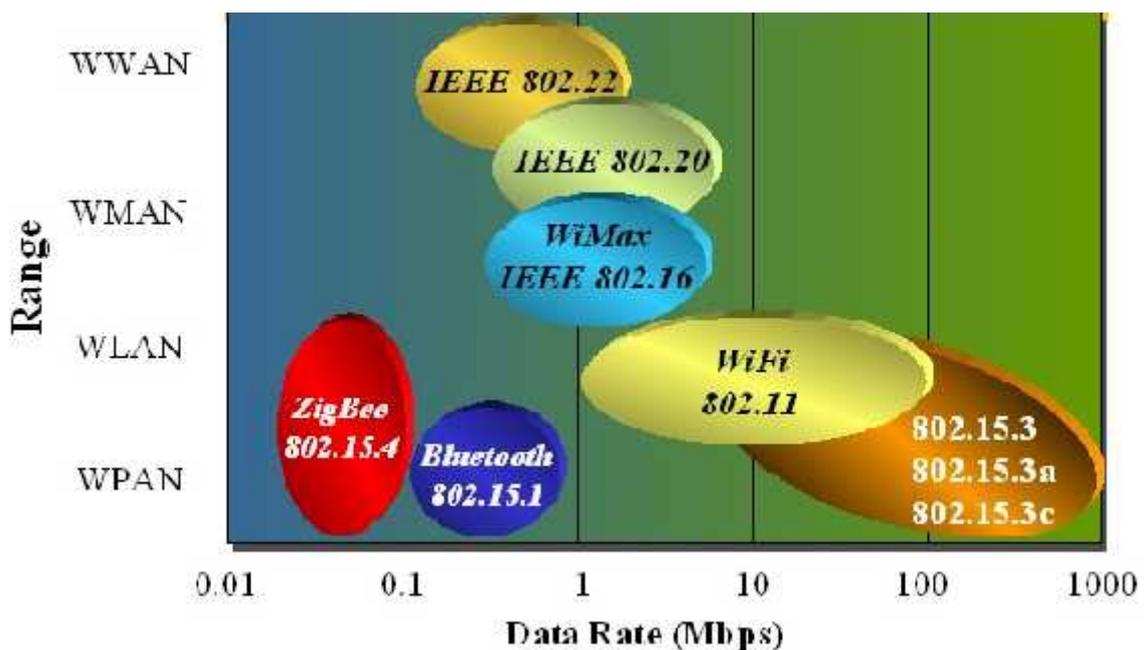


Figura 2. 9: Tecnología Zigbee 2.4. GHz
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

En la banda de 2.4Ghz trabaja con la modulación de espectro expandido DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Con una velocidad de transmisión de 250Kbps y a una potencia de 1mW tiene cobertura de casi unos 13 metros de radio. (López, 2012)

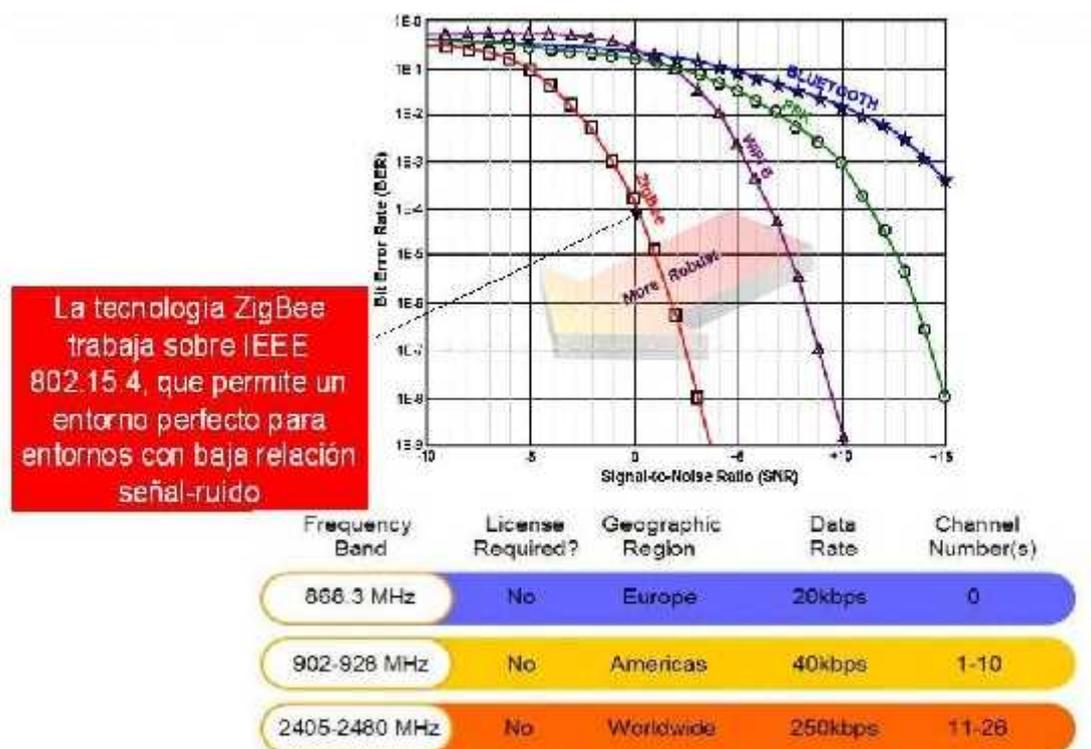


Figura 2. 10: Características de radio
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

Para trabajar en la gestión del control de acceso al medio hace uso de CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Avoidance) y se puede utilizar incisiones temporales TDMA (Time Division Multiple Access) para las aplicaciones de baja latencia. (López, 2012)

Tabla 2. 1: Distancia de transmisión

Potencias(mW) / Velocidades (Kbps)	1 mW	10 mW	100 mW
28 Kbps	23 m	54 m	154 m
250 Kbps	13 m	29 m	66 m

Fuente: (López, 2012)

2.8.3. Topologías de red y nodos

En una red ZigBee pueden haber hasta 254 nodos, pero depende como se organicen los grupos, se pueden crear hasta 255 conjuntos/clusters de nodos y pueden tener hasta 64.770 nodos para lo que existe la posibilidad de utilizar varias topologías de red que son: estrella, en malla o en grupos de árboles. (López, 2012)

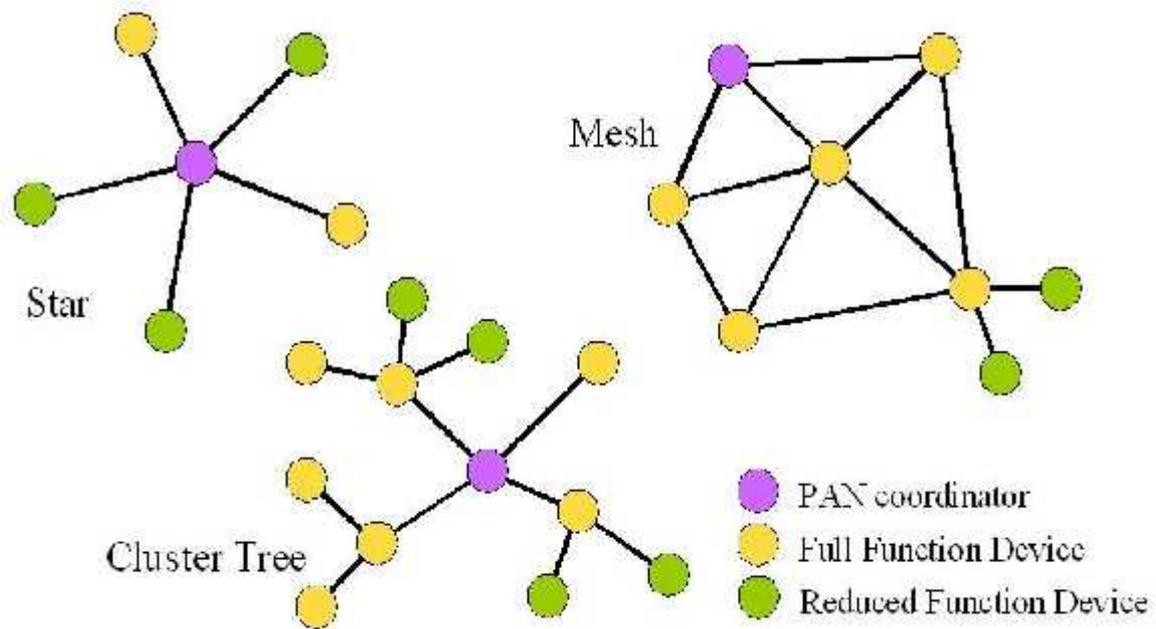


Figura 2. 11: Topologías de red Zigbee
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

Se admite un enrutamiento de saltos múltiples, también conocido como multi-hop, que permite que estas redes cubran una gran superficie, en ZigBee hay tres tipos de dispositivos: (López, 2012)

- Coordinador
 - Sólo debe existir uno por red.
 - Inicia el orden de la red.
 - Es el organizador de PAN.

- Router
 - Se asocia con el organizador de la red o con otro router ZigBee.
 - Puede operar como organizador.
 - Es el administrador del enrutamiento de saltos múltiples de los mensajes.(López, 2012)

- Dispositivo final
 - Elemento principal de la red.
 - No ejecuta tareas de enrutamiento. (López, 2012)

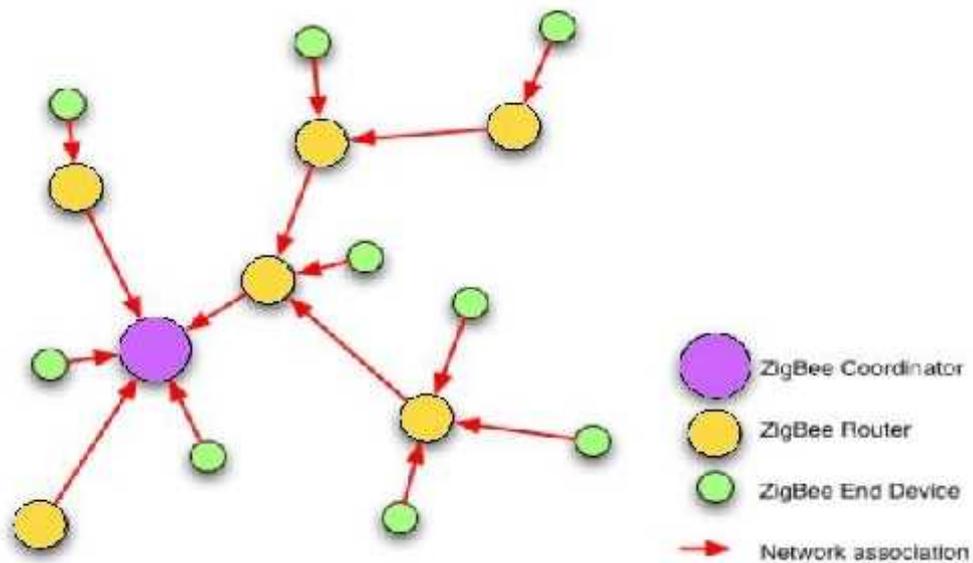


Figura 2. 12: Configuración de una red Zigbee
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

Un detalle primordial es el soporte y recursos totales de la malla, por si se presentan caídas de nodos, la red rastrea caminos diferentes para el intercambio de mensajes, se puede ver a continuación en una red en que los nodos están conectados en malla y se intercambian datos entre un interruptor y una lámpara. (López, 2012)

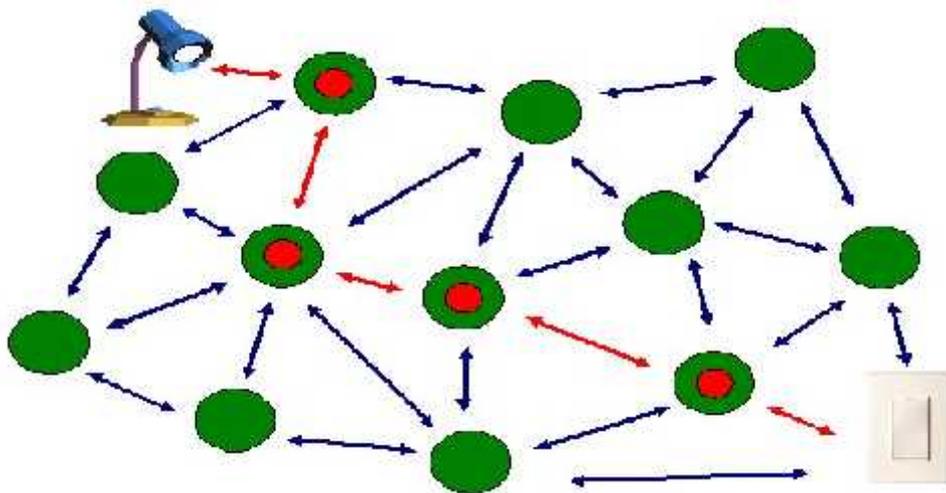


Figura 2. 13: Ruta de comunicación con interconexión
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

Si se presenta una falla en los nodos que forman parte de la ruta de los mensajes en la transmisión, la red puede tener una caída. (López, 2012)

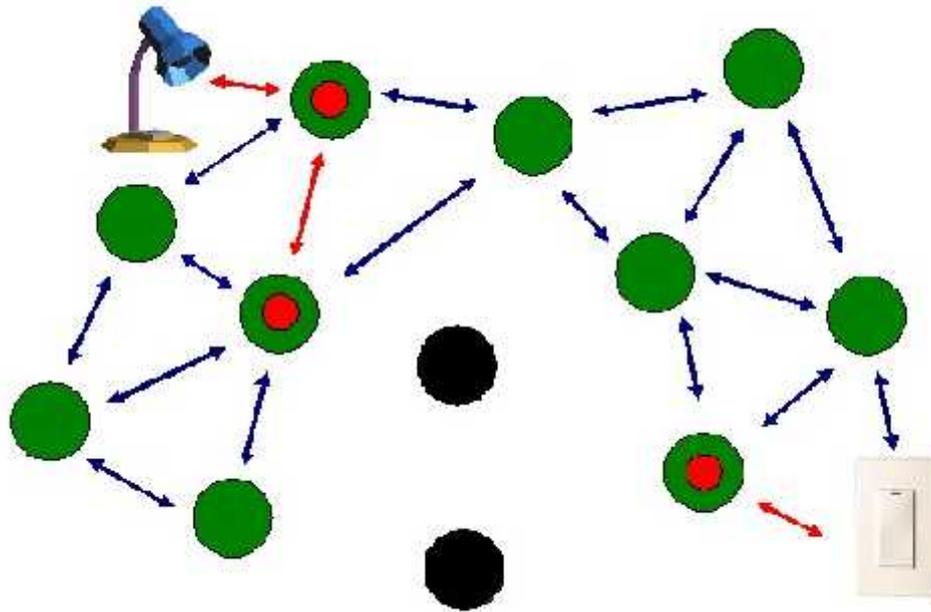


Figura 2. 14: Caídas en red por fallos de nodos
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

ZigBee trabaja de forma que se puedan establecer otras rutas distintas para que la transmisión entre los dispositivos. (López, 2012)

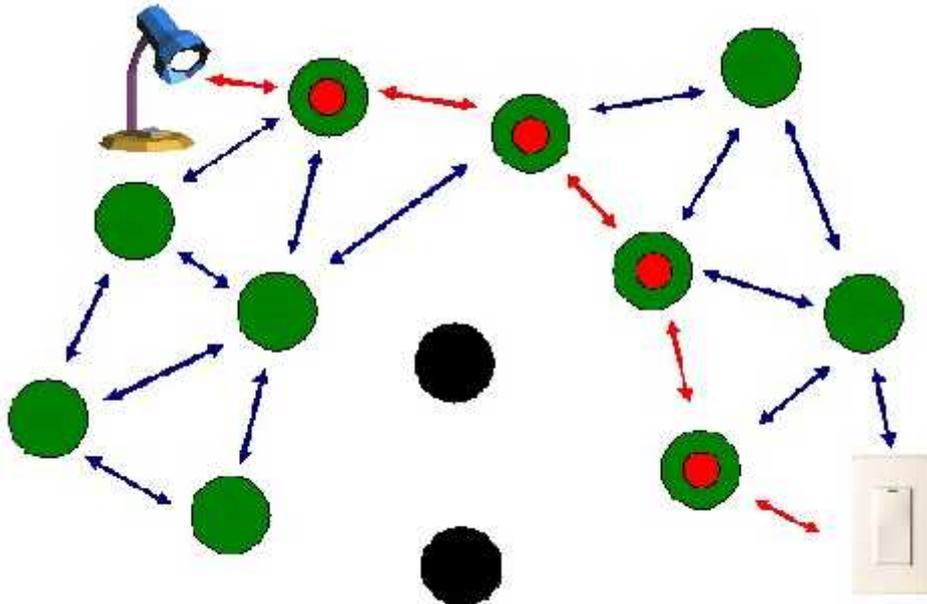


Figura 2. 15: Nuevas rutas alternas de comunicación
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

2.8.4. Seguridad

La capacidad de seguridad en redes ZigBee depende de la encriptación AES de 128bits, que permite la autenticación y encriptación en las comunicaciones.

También existe un elemento en la red llamado Trust Center (Centro de validación) que proporciona un mecanismo de seguridad en el que se utilizan dos tipos de claves de seguridad, la clave de enlace y la clave de red. (López, 2012)

2.8.5. Comparación de Zigbee con Bluetooth y Wi-Fi

En multitud de aplicaciones es posible que estos tres sistemas de comunicación inalámbrica estén funcionando simultáneamente muy cerca, y se debe tener seguridad en que no se causaran interferencias entre sí.

Podemos ver cuanta energía y en que frecuencias opera la radio en las tecnologías inalámbricas Zigbee y Wi-Fi. No se emite en un solo canal sino que ocupan varias bandas de frecuencia. La asignación del canal de radio se hace en el centro de la banda de frecuencias (en el centro de la joroba). Podemos observar que el canal Wi-Fi es más ancho que el canal Zigbee, lo que quiere decir que Wi-Fi ocupa más espectro de radio frecuencia que Zigbee. (Fernández et al., 2009)

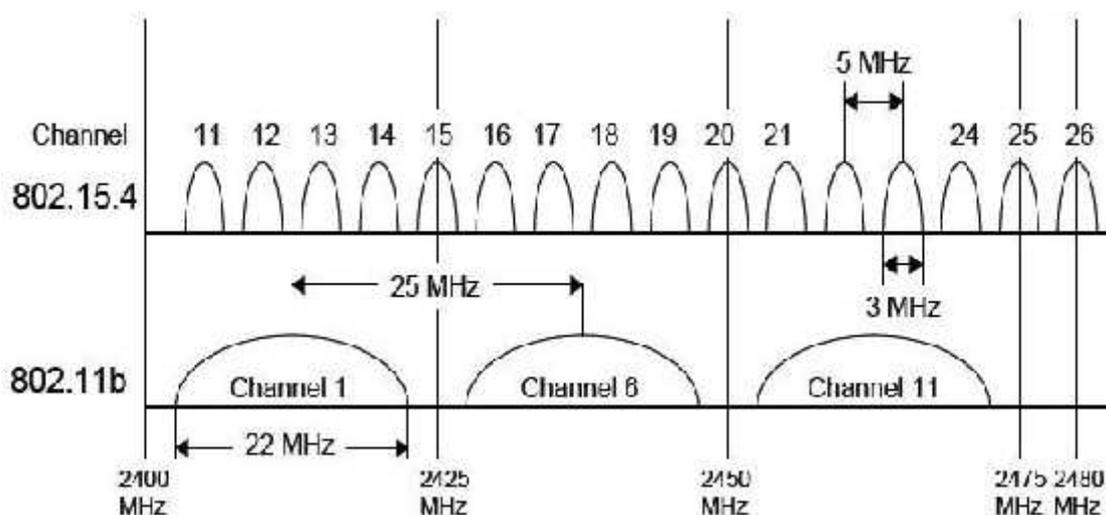


Figura 2. 16: Canales IEEE802.15.4 y IEEE802.11

Fuente: (Fernández et al., 2009)

Las principales características de las tres tecnologías más usadas en el ámbito de las redes inalámbricas, se puede observar las ventajas de escalabilidad, poco consumo y eficacia son las características que designado que este estándar sea utilizado para las transmisiones en redes inalámbricas de sensores. (López, 2012)



Estándar	Wi-Fi 802.11g	Wi-Fi 802.11b	Bluetooth 802.15.1	ZigBee 802.15.4
Aplicación principal	VLAN	WLAN	WPAN (sustituir cable entre dos dispositivos)	Control y monitorización
Memoria necesaria	1MB+	1MB+	250KB+	4KB - 32KB
Vida Batería (días)	0,5 - 5	0,5 - 5	1 - 7	100 - 1000+
Tamaño Red	32 nodos	32 nodos	7	255 / 65.000
Velocidad (Kbps)	54 Mbps	11 Mbps	720 Kbps	20 - 250 Kbps
Cobertura (metros)	100	100	10 (v1.1)	1 - 100
Parámetros más importantes	Velocidad y Flexibilidad	Velocidad y Flexibilidad	Coste y perfiles de aplicación	Fiabilidad, bajo consumo y muy bajo coste

Figura 2. 17: Comparativa entre Zigbee, Wi-fi y Bluetooth
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

2.9. Protocolos de enrutamiento de WSN

Se han desarrollado técnicas para disminuir el consumo de energía de los nodos sensores teniendo en cuenta que uno de los factores que más influye en la limitación de consumo es el algoritmo de encaminamiento utilizado, se han propuesto diversas alternativas sobre qué tipo de topología de red es la óptima para minimizar el consumo energético y así maximizar el tiempo de vida de la red. (Cárdenas, 2015)

De estas propuestas, han aparecido protocolos, cada uno centrado en maximizar diferentes parámetros de la red. Se propone una clasificación, a nivel de estructura de red y de operación del protocolo, que presenta una visión global de las diferentes técnicas de encaminamiento que se contemplan en la actualidad. (Cárdenas, 2015)



Figura 2. 18: Protocolos de enrutamiento en WSN
Fuente: (Cárdenas, 2015)

Según el autor (Cárdenas, 2015) dice que: Los tres grupos de protocolos definidos por la estructura de la red pueden presentarse en las redes de sensores inalámbricos son:

- Redes planas (Flat Networks)
- Redes jerárquicas (Hierarchical Networks)
- Redes por ubicación (Location - based routing) (Cárdenas, 2015)

Las redes planas y por ubicación son descartadas por sus pocas similitudes en las prestaciones con relación a las redes de sensores inalámbricos, también que los principales desarrollos a nivel de protocolos se dirigen a los definidos por la estructura de red jerárquica, que tiene las mejores beneficios a nivel energético, y por lo tanto las investigaciones y desarrollos están destinadas a este campo. (Cárdenas, 2015)

2.9.1. Protocolos a redes planas

Según el autor (Cárdenas, 2015) dice que: El grupo de protocolos y sus estrategias algorítmicas dirigidas a redes planas, es para crear algoritmos de enrutamiento basados en consultas (queries) adquiriendo la topología de red como una enorme base de datos, pasando a convertirse en un problema cómo resolver y propagar las consultas, sin tomar en cuenta las retransmisiones y el trabajo del ahorro energético. (Cárdenas, 2015).

Algunas soluciones se presentan y se eliminan directamente, debido al elevado costo y los problemas de latencia, congestión y falta de viabilidad que tienen, esto se presenta a que todos los nodos de la red son catalogados de igual forma, lo que no permite aprovechar el rendimiento de todos los sensores, por lo tanto las avances energéticos que ofrecen estos protocolos no son suficientes. (Cárdenas, 2015)

Según el autor (Capella, 2010) que: Los protocolos orientados a redes planas son los siguientes:

- Sensor Protocols for Information via Negotiation (SPIN)
- Difusión Directa
- Rumor Routing
- Minimum Cost Forwarding Algorithm (MCFA)
- Gradient Based Routing (GBR)
- Information driven sensor querying (IDSQ) y CADR
- COUGAR
- Active Query forwarding in sensor networks (ACQUIRE)
- Energy Aware Routing
- Random Walks Routing Protocols. (Capella, 2010)

2.9.1.1. Protocolo Flooding y gossipin

Flooding y gossipin son dos mecanismos clásicos para la retransmisión de los datos en las redes de sensores sin la necesidad de ningún mecanismo de enrutamiento. En flooding, cada sensor que recibe un paquete de datos lo envía en broadcast a todos sus vecinos y este proceso continua hasta llegar a su destino o alcanzar un número máximo de saltos para el paquete. Por otro lado gossipin es una versión ligeramente mejorada de flooding donde el nodo que recibe el paquete lo envía a un vecino seleccionado al azar. (Reyes & Esponda, 2016)

A pesar que flooding es muy fácil de implementar tiene como desventajas: La implosión causada por la duplicidad del mensaje enviado al mismo nodo, el solapamiento cuando dos nodos que muestrean la misma región envía paquetes similares al mismo vecino y recursos oscuros por el gran consumo energético implicado en este método. (Reyes & Esponda, 2016)

2.9.1.2. Protocolo de enrutamiento SPIN

SPIN (Sensor protocols for information via negotiation), es el primer trabajo en proponer un mecanismo de enrutamiento plano. La idea es nombrar los datos usando descripciones de alto nivel o meta-datos. Ante de transmitir la información, los meta datos son intercambiado entre los nodos por medio de un mecanismo de anunciación de los datos. Cada nodo que recibe nuevos datos, se lo anuncia a sus vecinos, si estos están interesados (es decir los que no tienen la información) le envían un mensaje de solicitud para que se lo retransmitan. (Reyes & Esponda, 2016)

Con esta negociación SPIN resuelve los problemas presentados en flooding y gossipin, logrando una mejor eficiencia energética. No existe un formato estándar para los meta-datos, su modelo es asumido según las especificidades de la aplicación de la red, resume el esquema de enrutamiento presentado en SPIN. En este modelo se utilizan tres tipos de mensajes diferentes para intercambiar los datos entre los nodos: ADV para permitir que un sensor anuncie un meta-dato; REQ para solicitar un dato específico; y DATA para transmitir la información. (Reyes & Esponda, 2016)

Aun con las mejoras presentadas, el mecanismo de advertencia en SPIN no garantiza la entrega de los datos. Por lo que este protocolo no es una buena elección en aplicaciones como la detección de intrusos, que requiere la entrega segura de los paquetes en intervalos regulares. (Reyes & Esponda, 2016)

2.9.1.3. Protocolo de Difusión dirigida

La Difusión Dirigida (Directed Diffusion), es uno de los modelos de enrutamiento plano más trascendentes en el enrutamiento de redes de sensores, sus fundamentos han sido la base para el diseño de otros protocolos. La idea principal es difundir los datos a través de los nodos usando un esquema de nombramiento de los datos. El objetivo es prescindir de operaciones innecesarios en la capa de red que permita un mejor ahorro de energía. (Reyes & Esponda, 2016)

Para crear un requerimiento, un interés es definido usando una lista de valores y atributos tales como el nombre del objeto, intervalo, duración, área geográfica, etc. El interés es transmitido por el terminal a través de sus vecinos. Cada nodo que recibe el interés lo puede almacenar para su uso posterior. El interés almacenado es usado para comparar los datos recibidos o generados con los valores solicitados. (Reyes & Esponda, 2016)

La entrada de interés también tiene varios campos gradientes. Un gradiente es una respuesta de un vecino de que el interés fue recibido. Esto está caracterizado por la razón de datos, la duración y el tiempo de vencimiento derivado del campo de interés recibido. De manera, que utilizando intereses y gradientes las rutas son establecidas entre el terminal y las fuentes. (Reyes & Esponda, 2016)

Varias rutas pueden establecerse a fin de que una sea elegida. El terminal reenvía el mensaje de interés original por la ruta seleccionada, para reforzar en camino a seguir, y el nodo fuente envía los datos por esta ruta. (Reyes & Esponda, 2016).

Este mecanismo es más eficiente que los anteriores no pueden utilizarse en todas las aplicaciones ya que está basado en un modelo de entrega de datos bajo consulta. Las aplicaciones que requieren entrega continua de los datos al terminal no pueden trabajar eficientemente bajo este algoritmo. (Reyes & Esponda, 2016)

2.9.1.4. Protocolo MCFA

El algoritmo de envío de mínimo costo, MCFA (Minimum Cost Forwarding Algorithm), explota la característica particular de que la dirección de la estación base siempre es conocida. Partiendo de esta premisa, cada nodo almacena la ruta menos costosa entre él y la estación base. (Reyes & Esponda, 2016)

El funcionamiento de MCFA inicialmente el costo mínimo se establece a infinito. La estación base retransmite mediante difusión un mensaje cuyo costo se establece a cero. (Reyes & Esponda, 2016)

Cuando un nodo recibe dicho mensaje, compara el costo del mensaje con su costo mínimo. Si el costo del mensaje sumado al costo del enlace es menor que el costo que tiene el nodo, entonces se actualiza el costo del mensaje, el costo almacenado por el nodo y se distribuye a los vecinos, en caso contrario se descarta la transmisión del mensaje. (Reyes & Esponda, 2016)

2.9.1.5 Protocolo GBR

Se propone una variante de la Difusión Dirigida, llamada Enrutamiento basado en gradiente, GBR (Gradient based routing). La idea es memorizar el número de saltos cuando el interés es difundido en la red. (Capella, 2010)

Por lo que cada nodo puede saber el número mínimo de saltos hasta el terminal, lo cual es llamado altura del nodo. La diferencia entre las alturas de los

nodos y la de sus vecinos son consideradas como el gradiente del enlace. De manera que un mensaje es solo enviado sobre el enlace de mayor gradiente. (Reyes & Esponda, 2016)

GBR utiliza además técnicas auxiliares como la agregación de datos y dispersión del tráfico para balancear uniformemente el flujo de datos en la red. Cuando un nodo actúa como relevo de múltiples caminos, puede actuar como un conmutador, combinando los datos de acuerdo a un determinado esquema. (Reyes & Esponda, 2016)

Las tres técnicas diferentes de propagación de la información pueden presentarse:

- Un esquema estocástico, en el cual un nodo elige una ruta de forma aleatoria cuando dos o más enlaces tienen el mismo gradiente. (Palma, 2009)
- Un esquema basado en la energía, en el cual, cuando la energía de un nodo baja por debajo de un umbral, este incrementa su altura con el propósito de que los otros sensores se desalienten de enviar sus datos a este nodo. (Reyes & Esponda, 2016)
- Un esquema basado en stream, donde nuevas cadenas no son encaminadas a través de nodos que ya forman parte del camino de otras cadenas de datos. (Reyes & Esponda, 2016)

2.9.2. Protocolos de redes jerárquicas

El enrutamiento jerárquico o basado en los clusters, originario de las redes interconectadas por cable, es una técnica conocida y con ventajas especiales relacionadas con la escalabilidad y eficiencia en sus comunicaciones. El concepto de encaminamiento jerárquico también se ha aplicado para lograr eficiencia energética en WSN.

En una arquitectura jerárquica, los nodos con gran cantidad de energía pueden ser empleados para procesar y enviar la información, mientras que los nodos de baja energía pueden ser usados únicamente para labores de sensorización en regiones cercanas al objetivo. (Cárdenas, 2015). Esto quiere decir que la creación de clústeres y la asignación de tareas especiales a sus Cluster-Heads (CHs), pueden contribuir enormemente a la escalabilidad del sistema, su tiempo de vida y su eficiencia energética. El encaminamiento jerárquico es una manera eficiente de disminuir el consumo de energía dentro del clusters y realizar tareas de agregación

y fusión de información, con el fin de disminuir el número de mensajes transmitidos al sumidero o estación base, por tanto, se obtendrá el máximo de las capacidades energéticas de la red, además de solucionar el problema de sobrecarga y escalabilidad, siendo este el principal objetivo de los siguientes protocolos a describir que se centran en soluciones jerárquicas y particionales. (Cárdenas, 2015)

- **Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH)**

Basado en clusters, emplea mecanismos para reducir la información transmitida, utiliza TDMA/CDMA MAC para reducir colisiones, utilizado cuando se necesita monitorizar constantemente la red de sensores, los nodos CH se alternan de acuerdo a su nivel potencia para que el consumo de energía sea uniforme en toda la red, tiene dos fases de operación set-up y steady-state, la población adecuada CH en una red es el 5% de sus nodos, no es aplicable a redes de grandes extensiones, puede darse que los nodos CH estén concentrados en una zona dejando sin CHs otras zonas y reduciendo el tiempo de vida de la red. El método del cambio de cluster CH implica un consumo extra de energía, además que el protocolo asume que cuando se hace este cambio, los nodos tienen la misma energía, no ofrece garantías de localización y de cantidad de CHs. (Cárdenas, 2015)

- **Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy- Centralized (LEACH-C)**

Variante de LEACH que emplea un algoritmo centralizado para la formación de clusters, dispersando los CHs por la red de acuerdo a su localización y niveles de energía, descartando los nodos que no tienen el nivel de energía requerido cuando se realiza el proceso de asignación. Busca minimizar la cantidad de energía de los nodos restantes, al transmitir al CH asociado. Utiliza TDMA para determinar el slot para transmitir, y luego entra en reposo o sleep. Las desventajas que presenta son: depende de mecanismos de localización (GPS) para que el algoritmo pueda determinar la localización de los nodos, por tanto siempre deben enviar su posición y estado energético a la Estación Base, generando problemas de latencia y consumo extra de energía. (Cárdenas, 2015)

- **Threshold-sensitive Energy Efficient Protocols (TEEN y APTEEN)**

Estos protocolos se crearon para soluciones que necesitan una respuesta rápida frente a cambios bruscos de los parámetros medidos o censados. En TEEN, los sensores están censando el medio continuamente, transmitiendo a

menor frecuencia únicamente cuando la medida censada está dentro de un rango de interés, manteniendo un equilibrio entre eficiencia energética y precisión de la información, trabaja bajo el concepto de clusters. Las desventajas son: Tiene las mismas desventajas de LEACH, TEEN no hace rotación de roles, sino que utiliza otros mecanismos para reducir el consumo, por lo que su viabilidad respecto a consumo es baja, además es un aspecto en contra de la escalabilidad, al aumentar el número de nodos. AP- TEEN, sucesor de TEEN, cambia los rangos de interés de sus medidas de acuerdo a las necesidades y al tipo de aplicación, respondiendo mejor a eventos críticos. El rendimiento está entre LEACH y TEEN, siendo mayor este último. (Cárdenas, 2015)

- **Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems (PEGASIS)**

La idea básica es formar una cadena de sensores hacia la estación base, donde cada uno recibe y transmite a un vecino cercano, la cadena la forman los mismos nodos o la estación base, que la distribuye por broadcast a todos los nodos. Cuando se quieren comunicar los nodos a la estación base, lo hace un nodo diferente cada vez, así la energía media disipada se reduce. Con PEGASIS se pretende incrementar al máximo la vida de la red, mediante técnicas de colaboración que permiten la coordinación local entre nodos, reduciendo así el ancho de banda necesario. (Cárdenas, 2015)

Las desventajas son: la generación de las cadenas se complica a medida que aumenta el número de nodos, este número cuando es grande produce problemas de latencia, ya que las cadenas son de gran longitud, la escalabilidad por tanto se ve reducida o casi anulada al presentarse este aumento; cuando la cadena pierde un nodo, la reconstrucción de la cadena añade sobrecarga de energía extra. Sin embargo, PEGASIS aumenta la vida de la red el doble que el protocolo LEACH. La hierarchical PEGASIS es una extensión derivada que aumenta en un 60% el rendimiento de la PEGASIS Normal. (Cárdenas, 2015)

- **Small Minimum Energy Communication Network (MECN)**

El protocolo MECN identifica una región de acción para cada nodo, computando una subred de mínima energía, lo que se traduce en que transmitir por esos nodos es más eficiente energéticamente, así se encuentran rutas de mínimo costo energético sin tener en cuenta toda la red.

Se auto configura adaptándose automáticamente a fallos de los nodos o por redistribución. Para contrarrestar obstáculos entre nodos, se crea una extensión Small Minimum Energy Communication Energy o SMECN, que crea subredes más pequeñas para contrarrestar el obstáculo. El hecho con construir subredes implica una sobrecarga extra en el algoritmo. (Cárdenas, 2015)

- **Self Organizing Protocol (SOP)**

En este protocolo, cada nodo tiene sus propias capacidades y funciones, existiendo cuatro tipos de nodos, que son:

- Nodo base, que tiene todas las capacidades de procesamiento, almacenamiento, comunicación y conexión cableada, sin limitaciones de energía.
- Nodo especializado, monitorea parámetros como temperatura, presión, humedad y otros que se puedan definir, son móviles y están agrupados por clases.
- Nodo router, que actúa como enrutador de los datos.
- Nodo agregador, aplica funciones como compresión a los datos, antes de ser enviados entre nodos. (Cárdenas, 2015)

Las actividades de obtención y de transmisión de datos se realizan de forma distribuida por intermedio de sus respectivos nodos. La comunicación entre los nodos router se realiza por medio de enlaces cortos, lo que implica la reducción del consumo de energía, aumentando el tiempo de vida y la tolerancia a fallos de la red. Las desventajas que se presentan, básicamente, son la sobrecarga por la generación de la organización jerárquica y los problemas de latencia, cuando manejan las tablas de encaminamiento. (Cárdenas, 2015)

- **Sensor Aggregates Routing**

En este protocolo, los nodos se añaden a la red para monitorear de una forma conjunta un fenómeno o actividad en un determinado medio, estos nodos se dividen en clusters de acuerdo a la potencia de la señal, ahí se eligen los nodos líderes. (Cárdenas, 2015)

2.9.3 Protocolos de enrutamiento en localización

Varios de los protocolos de enrutamiento para las redes de sensores requieren la información de la localización de los nodos. En muchos casos la información de la ubicación es necesaria para calcular la distancia entre dos nodos particulares con el propósito de poder calcular el consumo de energía. Por ejemplo si la región muestreada por los sensores es conocida, usando la ubicación de los nodos, las consultas pueden ser difundidas solo para una región particular, eliminando un número significativo de transmisiones. (Reyes & Esponda, 2016)

2.10. Sistemas operativos para redes WSN

Según el autor (López, 2012) dice que: Los sistemas operativos que se utilizan en las redes inalámbricas de sensores son menos complejos que los sistemas operativos de propósito general, por las necesidades específicas de las aplicaciones para redes de sensores, por las limitaciones en recursos en las plataformas hardware de las redes de sensores. Un ejemplo, los sistemas operativos para redes de sensores no son interactivos de la misma forma que los son los sistemas operativos para PCs. (López, 2012)

Es por esto que los sistemas operativos para redes de sensores no incluyen soporte para interfaces de usuario. Las limitaciones de recursos en términos de memoria y soporte hardware de mapeo de memoria hace de algunos mecanismos como la memoria virtual bien innecesarios o bien imposibles de implementar. (López, 2012)

El hardware para redes inalámbricas de sensores no es muy distinto de los sistemas embebidos tradicionales, siendo por tanto posible la utilización sistemas operativos para sistemas embebidos tales como eCos o uC/OS. (López, 2012)

Este tipo de sistemas operativos son diseñados con propiedades de tiempo real, que los sistemas operativos diseñados específicamente para redes de sensores ofrecen para instalar en las redes. (López, 2012)

2.10.1. Principales sistemas operativos para redes WSN

- Bertha (*pushpin computing platform*): Es una plataforma de software diseñada e implementada para modelar, testear y desplegar una red de sensores distribuida por varios nodos idénticos. (Serna, 2007)

Sus principales funciones se dividen en los siguientes subsistemas:

- Administración de procesos
 - Manejo las estructuras de datos
 - Organización de los vecinos
 - Interfaz de Red (Serna, 2007)
- Nut/OS: Es un pequeño sistema operativo para aplicaciones en tiempo real, que trabaja con CPUs de 8 bits. Tiene las siguientes funciones:

Está diseñado para procesadores con los siguientes recursos:

- 0.5 kBytes RAM
 - 8 kBytes ROM
 - Velocidad de 1 MIPS CPU (Serna, 2007)
- Contiki: Es un Sistema Operativo de libre distribución para usar en un limitado tipo de computadoras, desde los 8 bits a sistemas embebidos en microcontroladores, incluidas motas de redes inalámbricas. (Serna, 2007)
 - CORMOS: A Communication Oriented Runtime System for Sensor Networks, específico para redes de sensores inalámbricas como su nombre indica. (Serna, 2007)
 - eCos: (embedded Configurable operating system) es un sistema operativo gratuito, en tiempo real, diseñado para aplicaciones y sistemas embebidos que sólo necesitan un proceso. Se pueden configurar muchas opciones y puede ser personalizado para cumplir cualquier requisito, ofreciendo la mejor ejecución en tiempo real y minimizando las necesidades de hardware. (Serna, 2007)
 - EYESOS: se define como un entorno para escritorio basado en Web, permite monitorizar y acceder a un sistema remoto mediante un sencillo buscador. (López, 2012)

- MagnetOS: es un sistema operativo distribuido para redes de sensores o Ad-Hoc, cuyo objetivo es ejecutar aplicaciones de red que requieran bajo consumo de energía, adaptativas y fáciles de implementar. (López, 2012)
- MANTIS (Multimodal Networks Insitu Sensors) (López, 2012)
- TinyOS: Sistema Operativo utilizado por TMote Sky y MICAz, que contiene un núcleo multitarea, por tanto se emplea en proyectos que usan dispositivos pequeños como los sensores inalámbricos. (López, 2012)
- t-Kernel: es un sistema operativo que acepta las aplicaciones como imágenes de ejecutables en instrucciones básicas. Por ello, no importará si está escrito en C++ o lenguaje ensamblador. (López, 2012)
- LiteOS: Sistema operativo desarrollado en principio para calculadoras, pero que ha sido también utilizado para redes de sensores. (López, 2012)

2.10.2 TINYOS (Tiny Microthreading Operating System)

Los sistemas operativos TinyOS, es un sistema que contiene un reducido núcleo multitarea, que se usa para dispositivos pequeños, tales como los sensores de redes inalámbricas, routers, switch, etc, este sistema operativo llamado Tinos usa la función de “eventdriven”, quiere decir que funciona a partir de eventos que se producen, que llama a funciones, este sistema está diseñado especialmente para redes de sensores con recursos limitados. (I. García, Mora, & García, 2018)

El lenguaje en el que se encuentra programado TinyOS es un meta-lenguaje que deriva de C, cuyo nombre es NesC. Además existen varias herramientas que ayudan el estudio y desarrollo de aplicaciones para las redes de sensores, que van desde aplicaciones para la obtención y manejo de datos, hasta sistemas completos de simulación. (Fernández et al., 2009)

El diseño de TinyOS está basado en responder a las características y necesidades de las redes de sensores, tales como reducido tamaño de memoria, bajo consumo de energía, operaciones de concurrencia intensiva, diversidad en diseños y usos, y finalmente operaciones robustas para facilitar el desarrollo confiable de aplicaciones. Se encuentra optimizado en términos de uso de memoria y eficiencia de energía. (Fernández et al., 2009)

El diseño del Kernel de TinyOS está basado en una estructura de dos niveles de planificación:

- Eventos: Pensados para realizar un proceso pequeño por ejemplo cuando el contador del timer se interrumpe, o atender las interrupciones de un conversor análogo-digital. Se pueden interrumpir las tareas que se están ejecutando. (Fernández et al., 2009)
- Tareas: Las tareas son preparadas para hacer una gran cantidad de procesamiento y no son críticas en tiempo (ejemplo calcular el promedio en un arreglo). Las tareas se cumplen por completo, pero la solicitud de empezar una tarea, y final de ella son funciones diferentes. (Gutierrez, 2008)

El sistema TinyOs, sus librerías y aplicaciones, está escrito en nesC, una versión de C que fue diseñada para programar sistemas embebidos. En el programa nesC, los programas están compuestos por componentes que se enlazan para formar un programa completo. (Barcell, 2015)

Los componentes se enlazan a través de sus interfaces. Estas interfaces son bidireccionales y especifican un conjunto de funciones que están implementadas bien por los proveedores o bien por los que la utilizan. NesC esperará que el código que va a ser generado cree un programa con un ejecutable que contenga todos los elementos del mismo, así como los manejadores de las interrupciones de programas de más alto nivel. (Barcell, 2015)

Según el autor (Barcell, 2015) dice que: TinyOs tiene las siguientes características:

- Pequeño núcleo de footprint (huella del ejecutable del SO) de 400bytes entre código y datos.
- Arquitectura basada en componentes. (Barcell, 2015)
- Capas de abstracción bien establecidas, limitadas claramente a nivel de interfaces, a la vez que se pueden representar los componentes automáticamente a través de diagramas.
- Amplios recursos para elaborar aplicaciones. (Barcell, 2015)
- Adaptado a los recursos limitados de las motas: energía, procesamiento, almacenamiento y ancho de banda.
- Operaciones divididas en fases (Split-phase). (Barcell, 2015)
- Dirigido por eventos (Event Driven): reacciona ante sensores y mensajes.
- Concurrencia de tareas y basada en eventos.
- Implementación en nesC. (Barcell, 2015)

- Las interfaces realizan servicios.
- Interfaces bidireccionales, con comandos y eventos.
- Los comandos los implementa el proveedor. (Barcell, 2015)
- Los eventos son implementados por el usuario.
- Un módulo implementa una interfaz.
- Los componentes proveen y usan interfaces (representado en el código por las etiquetas “provide and use”). (Barcell, 2015)
- Una configuración enlaza las interfaces internas y externas (wire).
- Una aplicación consiste en una configuración de alto nivel y todos los módulos asociados. (Barcell, 2015)

Con este diseño permitimos que los eventos que son rápidos en ejecutar, se cumplan al momento, se puede interrumpir los trabajos que tienen mayor complejidad en comparación a los eventos. (Gutierrez, 2008)

El enfoque basado en eventos es la solución ideal para alcanzar un alto rendimiento en aplicaciones utilizadas con mucha frecuencia. También este enfoque usa las capacidades de la CPU de forma eficaz y así no gasta mucha de energía. (Gutierrez, 2008)

TinyOS se encuentra programado en NesC, un lenguaje diseñado para reflejar las ideas propias del enfoque de componentes, incorporando además un modelo de programación que soporta concurrencia, manejo de comunicaciones y fácil interacción con el medio (manejo de hardware). (Fernández et al., 2009)

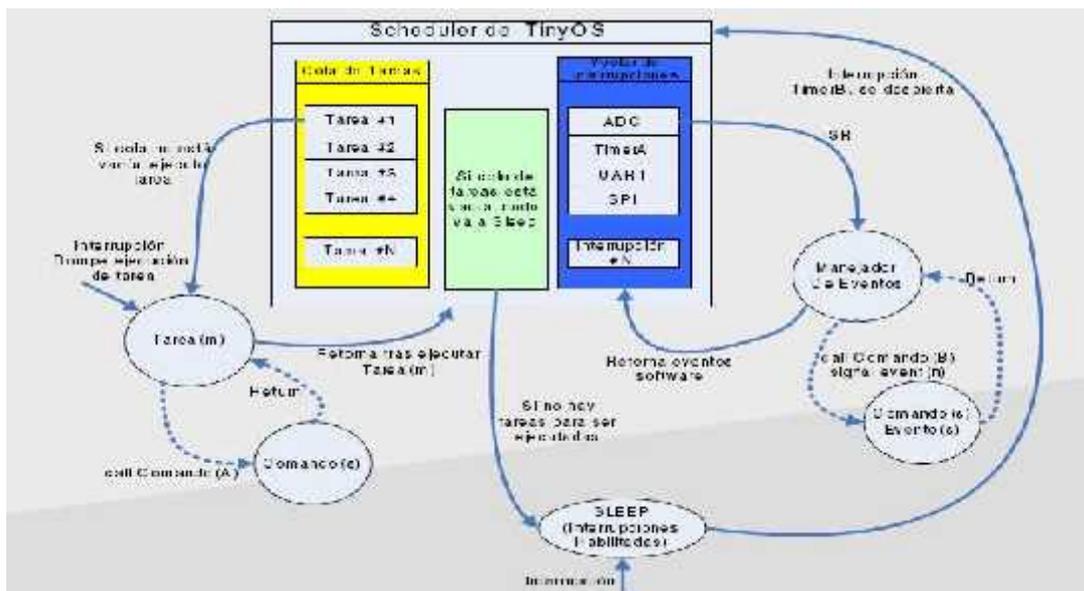


Figura 2. 19: Esquema de funcionamiento de TinyOs
Fuente: (Moreno & Fernández, 2007)

2.10.3. Lenguajes de programación para sensores

La programación de sensores es complicada, existen dificultades como la limitada capacidad de cálculo y la cantidad de recursos. Y así como en los sistemas informáticos tradicionales encontramos entornos de programación prácticos y eficientes para depurar código, para simulaciones en estos microcontroladores todavía no hay herramientas compatibles. (Barcell, 2015)

Según el autor (Valenzuela, 2012) dice que: Encontramos los siguientes lenguajes de programación:

- nesC: lenguaje que utilizamos para nuestras motas, y que está directamente relacionado con TinyOS. (Valenzuela, 2012)
- Protothreads: específicamente diseñado para la programación concurrente, provee hilos de dos bytes como base de funcionamiento. (Valenzuela, 2012)
- SNACK: facilita el diseño de componentes para redes de sensores inalámbricas, sobre todo cuando la información o cálculo a manejar es muy voluminoso, complicado con nesc, este lenguaje hace su programación más fácil y eficiente. Luego es un buen sustituto de nesc para crear librerías de alto nivel a combinar con las aplicaciones más eficientes. (Valenzuela, 2012)
- c@t: iniciales que indican computación en un punto del espacio en el tiempo (*Computation at a point in space (@) Time*). (Valenzuela, 2012)
- DCL: Lenguaje de composición distribuido (*Distributed Compositional Language*). (Valenzuela, 2012)
- galsC: diseñado para ser usado en TinyGALS, es un lenguaje programado mediante el modelo orientado a tarea, fácil de depurar, permite concurrencia y es compatible con los módulos nesC de TinyOS. (Valenzuela, 2012)
- SCTL (*Sensor Query and Tasking Language*): como su nombre indica es una interesante herramienta para realizar consultas sobre redes de motas. (Valenzuela, 2012)

2.10.3.1. NesC

NesC (*Network Embedded Systems C*) es un lenguaje de programación basado en C, enfocado y optimizado para su uso en aplicaciones de redes de sensores. Su origen se debe al deseo de disponer de un lenguaje específico que cumpliera con el modelo de ejecución y los conceptos del sistema operativo

TinyOS, el cual se describe a continuación. No fue hasta la versión 1.0 de TinyOS cuando se rescribió todo el código en nesC. En versiones anteriores (por ejemplo, la versión 0.6) de TinyOS todo el sistema operativo y la programación de aplicaciones fue desarrollada en C. (Sohraby et al., 2010, pp. 273-281)

Esta necesidad de desarrollar un nuevo lenguaje de programación específico para redes de sensores inalámbricos viene motivada por el tipo de aplicaciones que se desarrolla, que se caracterizan por:

- Son aplicaciones basadas en recolección, difusión y control de la información obtenida del sensor, es decir, no son aplicaciones de propósito general.
- Tienen que reaccionar ante cambios en su entorno (eventos).
- Es preciso optimizar la limitada cantidad de recursos que ofrecen los nodos.
- Deben ser aplicaciones estables, puesto que deben correr durante meses / años sin intervención humana.
- Precisan de control de errores en la manejo de datos.
- Son aplicaciones en tiempo real (envío de mensajes a la red).

Teniendo en cuenta estos aspectos, nesC aporta como concepto innovador la metodología de lenguaje orientado a componentes. Con respecto al lenguaje C tradicional, en nesC, se precisan restricciones teniendo en cuenta a las limitaciones de los nodos. Estas precondiciones estáticas del lenguaje, son la base de la optimización y permiten al compilador realizar análisis profundos sobre el código. (Sohraby et al., 2010, pp. 273-281)

Hay que resaltar que nesC puede desarrollar interfaces y componentes, estos últimos pueden ser a su vez módulos o configuraciones. (López, 2012)

2.10.4. Seguridad en redes WSN

La seguridad en estas redes no está resuelta. El término inalámbrico está asociado a “poco confiable o inseguro”. Porque la tecnología es conocida como insegura debido a su apegada relación con el entorno físico porque un nodo sensor puede ser más sencillo de acceder y los datos son enviados a través de un medio inalámbrico, es primordial la creación de servicios de seguridad que permitan certificar la robustez y la fiabilidad de estos sistemas tales como: (Barcell, 2015)

- Primitivas de seguridad e Infraestructuras de claves
- Sistemas de auto-control (Sistemas de auditoria e IDS)
- Protocolos de funcionamiento seguro, etc. (Barcell, 2015)

Las redes de sensores están predispuestas a múltiples ataques debido a que su despliegue se realiza en áreas abiertas. Dentro de los principales ataques se encuentran: (Aranzazu, 2009)

- Negación del servicio (DoS): Este tipo de ataque ocurre a nivel físico, un nodo malicioso envía indiscriminadamente mensajes que consumen el ancho de banda disponible de la red, consiguiendo la indisponibilidad temporal de un servicio o inclusive degenerando todo el sistema. (Aranzazu, 2009)
- Nodos comprometidos y suplantación de fuentes: En este caso el atacante introduce, ya sea física o por software, un nodo corrupto a la red para transmitir información corrupta. (Aranzazu, 2009)
- Recolección pasiva de información o Eavesdropping: El atacante “escucha” y recolecta la información de la red, sin realizar ningún daño al sistema. (Aranzazu, 2009)
- Ataques físicos: Es la sustracción física de los nodos de la red para sustraer la información y claves de criptografía. (Aranzazu, 2009)
- SinkHole: Se introduce un nodo malicioso cerca a la estación base para atraer información confidencial. (Aranzazu, 2009)
- Ataque Sybil: El atacante introduce múltiples nodos con identidades ilegítimas o con identidades hurtadas de la red. (Aranzazu, 2009)
- Ataque gusano (Wormhole): En este caso se forma un túnel entre dos nodos, por el cual el atacante recolecta la información y la reenvía con cierto retraso. (Aranzazu, 2009)

CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS WSN EN SECTOR SUR DE GUAYAQUIL

3.1. Planificación y desarrollo de los estudios técnicos

Se empezaron a realizar los estudios técnicos por parte de la Dirección de Planificación de Tránsito y Transporte de la Autoridad de Tránsito Municipal de Guayaquil, llegando a la conclusión de que existen varias intersecciones en la ciudad que tienen un mayor flujo de tránsito como la Avenida Quito y la Avenida Eloy Alfaro, las cuales tienen circulación en el sentido sur – norte. Se inició la planificación de una nueva solución a este problema de tránsito y se decidió diseñar una red de sensores inalámbricos como plan piloto e innovador, pionero en nuestra ciudad y en el país. (ATM, 2015)

En este capítulo se presentará el diseño de las redes de sensores WSN, que funcionarán en las intersecciones de la Avenida Quito y calle Bolivia frente a la puerta del Parque Forestal y Centro Cívico; y en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge, junto a la Unidad Educativa “La Inmaculada”, que son dos puntos de referencia que nos ayudarán en la ubicación del proyecto piloto. (ATM, 2015)

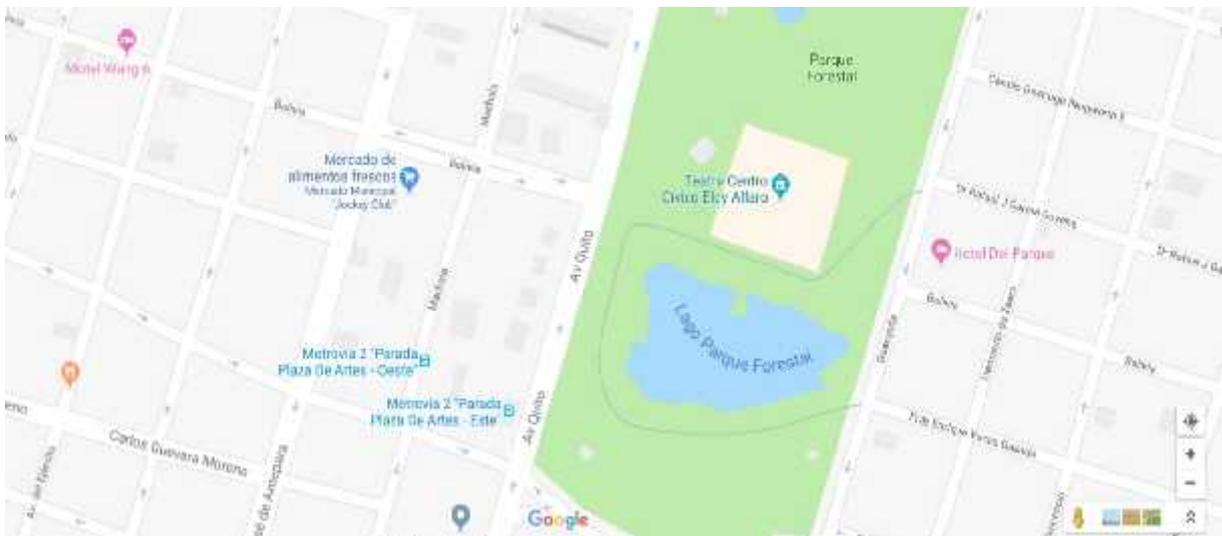


Figura 3. 1: Sector en la Avenida Quito y calle Bolivia
Fuente: (Municipio de Guayaquil, 2019)

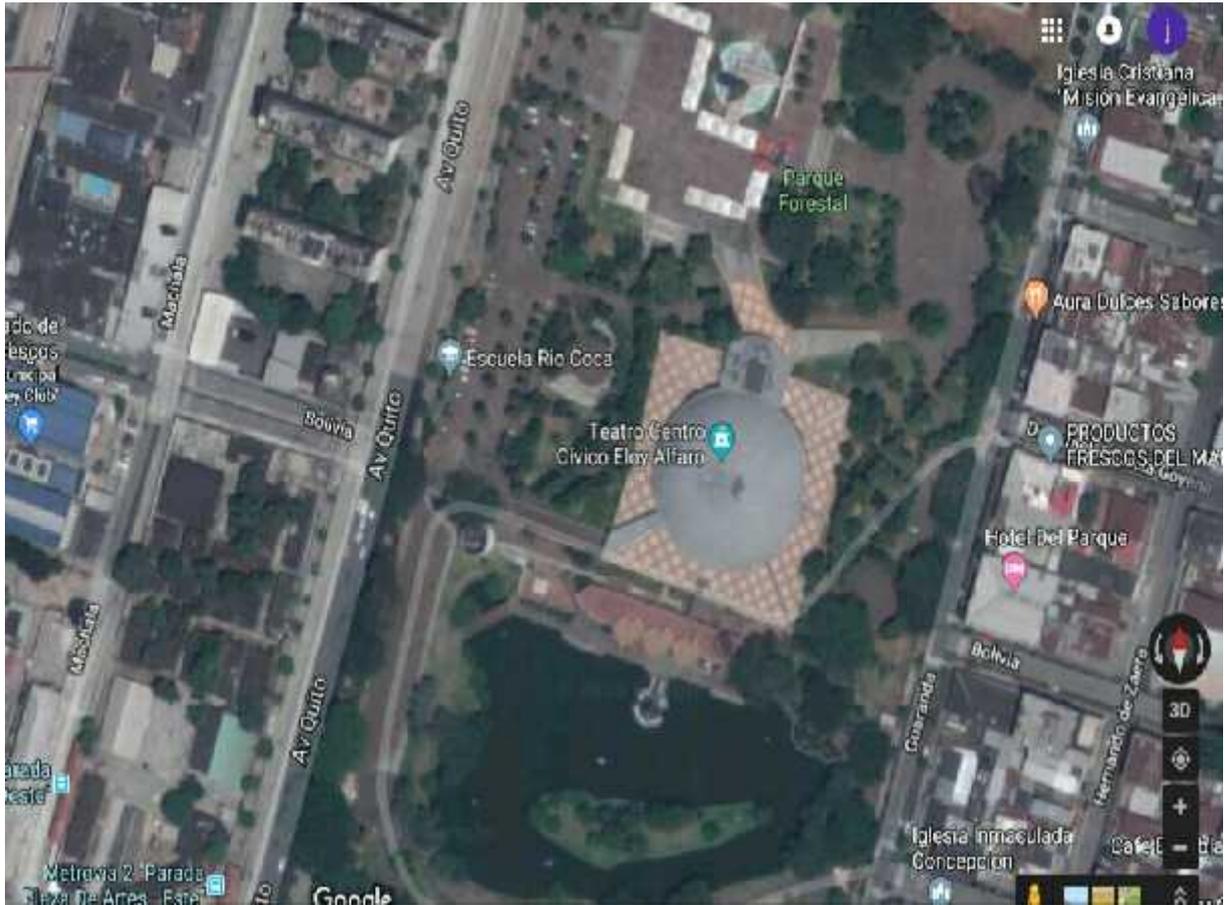


Figura 3. 2: Sector Avenida Quito y calle Bolivia
Fuente: (Municipio de Guayaquil, 2019)

3.2. Estudio y reconocimiento de los puntos de interés

En el año 2015 la Autoridad de Tránsito Municipal toma a cargo el control y la responsabilidad de ordenar el tránsito vehicular en la ciudad de Guayaquil, se inician los primeros estudios para diseñar una red de señores inalámbricos, para optimizar el funcionamiento de los semáforos en la Avenida Quito y calle Bolivia, al poco tiempo también se realizan los estudios en la Av. Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge, una vez que se realiza el reconocimiento del sector por medio de la empresa Sinowatcher Technology Co. Ltda., se inician los diseños de los planos para su aprobación, posterior instalación y puesta en marcha con su correspondiente tiempo de prueba. (ATM, 2015)

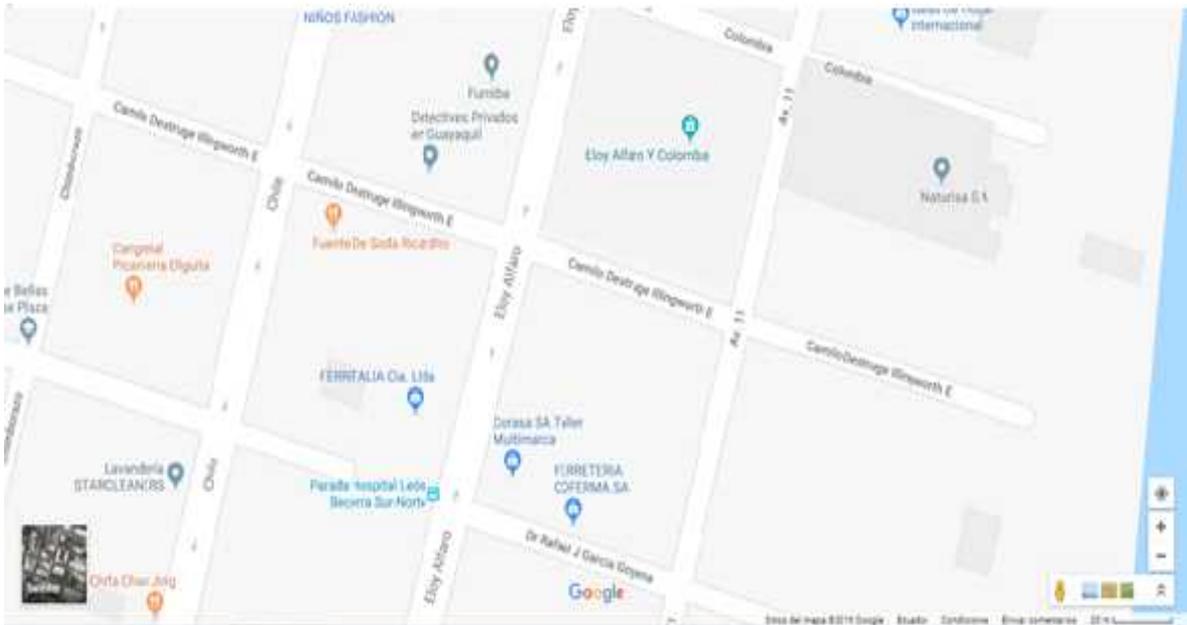


Figura 3. 3: Sector Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge
Fuente: (Municipio de Guayaquil, 2019)



Figura 3. 4: Mapa Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge
Fuente: (Municipio de Guayaquil, 2019)

3.3. Sistema de Detección Vehicular WVD

El sistema Wireless Vehicle Detection (WVD), tiene un detector modular y compacto, que se utiliza ampliamente en el sistema de gestión de vehículos de tráfico urbano. Su principal función es detectar la presencia de vehículos, con múltiples funciones adicionales como, velocidad, flujo de tráfico, tiempo entre los siguientes vehículos, ocupación, etc. (Sinowatcher, 2018).

El sistema está conformado por Detectores inalámbricos de vehículos (WVD), Router receptor (VDR), Modulo procesador de datos (DAC) y el software de gestión Traffic Data Acquisition, enlazado al servidor del centro de control de tráfico por medio del router instalado en el armario y por fibra óptica al servidor en el Data Center de ATM. (Sinowatcher, 2018)



Figura 3. 5: Diagrama Sistema de Detección Vehicular WVD
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.3.1. Equipos del Sistema de Detección Vehicular (WVD)

En el sistema utilizamos unas pequeñas unidades (sensores de detección), que se instalan perforando un agujero en la superficie de la calzada; la unidad se coloca en el orificio y se sella en su lugar con una cubierta, con los siguientes detalles técnicos:

- Los detectores miden constantemente el campo magnético de la Tierra y pueden determinar la presencia de un vehículo cuando cambia el campo magnético.
- Cada detector cuentan con una vida útil de al menos 5 años.
- Se comunican a través de un enlace inalámbrico, lo que hace que las unidades no tengan que requerir ductos y canalizaciones para la detección, que es uno de los elementos más costosos de una nueva intersección de semáforos. (Sinowatcher, 2018)

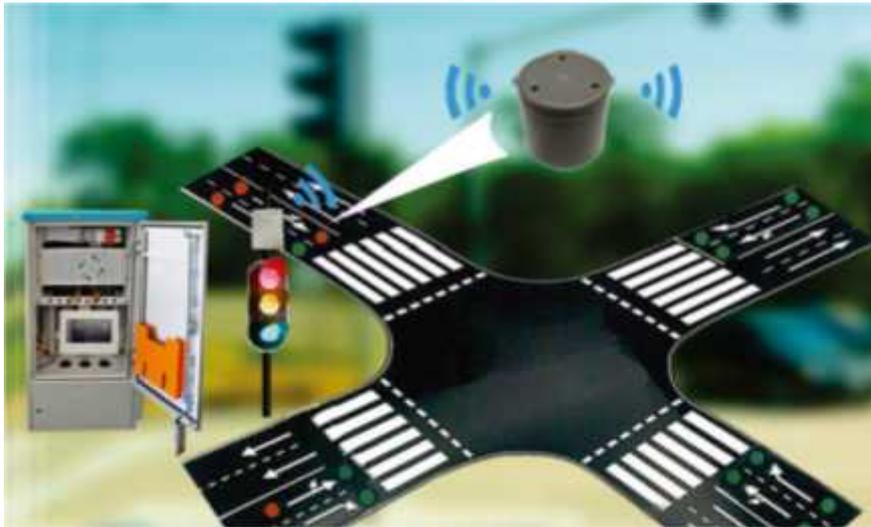


Figura 3. 6: Instalación de Detector de Vehículos
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.3.2. Detector Vehicular Inalámbrico (WVD)

El detector captura el cambio minúsculo del magnetismo causado por el vehículo de paso, WVD (Wireless Vehicle Detector) calcula la velocidad del vehículo, longitud, tiempo de paso y después envía la información al WAP (Wireless Access Point), que recibirá todo el encendido de la línea WVD y transmite estos datos a los sistemas a la antena receptora y el módulo procesador de datos.

Tiene las siguientes características técnicas:

- Vida útil de 5 años.
- Instalación sencilla y en corto tiempo.
- Banda de transmisión libre 2.4GHz ISM(Zigbee)
- Calibración automática, Auto-Tuning.
- Dirección única de dispositivo.
- Configuración de forma inalámbrica.
- Configuraciones permiten detectar velocidad, ocupación y longitud de unidades.
- Grado de precisión, mayor al 95%, ha sido probado en más de 8 000 sensores en funcionamiento en la ciudad Tianjin, China.



Figura 3. 7: Detector inalámbrico WVD
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.3.3. Antena router receptor (VDR)

La antena receptora es el dispositivo enrutador, que recibe la información de los detectores de vehículos, para recolectar estos datos y ser enviados al módulo procesador que analiza la presencia de vehículos y dispone al controlador de tráfico en funcionamiento de los semáforos para optimizar el tráfico vehicular.

Tiene las siguientes características técnicas:

- Microprocesador embebido
- Uso de banda inalámbrica libre 2.4 GHz
- Máximo rango de alcance 100 metros
- Consumo promedio 0.1W –0.3W
- Recolecta información de los sensores y repetidores extendidos
- Compatible en AC 85V-220V, DC 5V y energía solar



Figura 3. 8: Antena router receptor
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.3.4. Módulo procesador de datos (DAC)

El módulo procesador de datos toma las muestras del campo detectado por el sensor datos reales que son señales físicas o analógicas, para convertirlos en datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otros dispositivos electrónicos es decir en señales digitales.

Se toman un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de forma que se puedan ser procesadas por el controlador de tráfico. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o de adquisición de datos (DAC).

Tiene las siguientes características técnicas:

- Sistema LINUX embebido con pantalla 7"LCD táctil
- Interfaces de comunicación: RS232, RJ45, RS485, RS422.
- Salidas I/O hasta 48 salidas.
- Voltaje de trabajo : AC : 85 -220V
- Configuración a través de pantalla , enlace Ethernet o software
- Procesamiento de datos y envío a Servidor Oracle o MySQL



Figura 3. 9: Módulo procesador (DAC)
Fuente: (Sinowatcher, 2018)



Figura 3.10: Conectores del Módulo procesador (DAC)
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.3.5. Controlador de semáforos y disparadores de señal

Los conteos de tránsito con clasificación vehicular son los estudios que nos permiten obtener la información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. La tecnología apropiada para esto son los contadores y clasificadores de tránsito, dentro de los que se puede encontrar una amplia gama de modelos y configuraciones, destinadas a distintos fines. (ATSA, 2018)

Los contadores de la marca Peek Traffic son de uso fijo y portátil y los distintos módulos controladores de sensores permiten utilizar entradas de espiras, piezoeléctricos y cables mangueras. El equipo admite alimentación solar o de red y comunicación y monitoreo remoto. Existen diferentes modelos de este equipamiento de conteo, como ser el ADR 1000 Plus, ADR 2000 Plus, ADR 3000 y ADR SABRE, que son los más utilizados en el mercado. (ATSA, 2018)

Todos poseen gran cantidad de memoria interna y tienen también disponible una memoria extraíble para aumentar la capacidad de almacenamiento de datos. Los tipos de datos que se pueden obtener con los ADR de Peek Traffic son:

Clasificación de vehículos por ejes, velocidad, longitud, avance, tiempo entre vehículos, peso bruto, peso por eje y peso por grupos de ejes. (ATSA, 2018)

Depende del modelo de que se trate, los ADR pueden operar simultáneamente en 16 carriles o más. Los principales beneficios de esta tecnología están relacionados con la facilidad que conlleva su instalación y operación. Cuentan con comunicaciones de alta velocidad y telemetría y un panel de control integrado con lectura LCD. El ADR SABRE cuenta con una memoria interna de alta capacidad para estudios (16 MB) y tiene la posibilidad de ampliarla hasta 4 GB. (ATSA, 2018)



Figura 3. 10: Controlador de tráfico PEEK ATC-2000
Fuente: (ATSA, 2018)

Cada disparador Model 200 trabaja con un semáforo y tienen los indicadores de luces rojo, amarillo y verde, cuando reciben la señal del controlador principal de tráfico disparan la carga eléctrica y se enciende la luz verde o roja para dar paso o detenerlo, después de un conteo de 10 a 15 segundos para dar tiempo de espera a los otros vehículos o peatones que se encuentran en la otra vía. (Dahua technology, 2017)



Figura 3. 11: Disparador de señal model 200
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.3.6. Fuente de alimentación AC/DC

La fuente de alimentación o fuente de potencia es el dispositivo que convierte la corriente alterna (CA), en una o varias corrientes continuas (CC), que alimentan los distintos circuitos del armario, están conectados el controlador de tráfico, disparadores de señal, modem, módulo procesador de datos y router. (ATSA, 2018)

En el armario de control de tráfico trabajan varios equipos de 12 a 24 voltios, hay equipos con 5 voltios en DC, también tiene equipos utilizan de 110 – 220 voltios en A/C. (ATSA, 2018)



Figura 3. 12: Fuente de alimentación A/C a D/C 24 voltios
Fuente: (ATSA, 2018)

3.3.7. Ventajas y beneficios del sistema WVD

El sistema de detección vehicular WVD tiene las siguientes ventajas:

- **Bajo costo de instalación**
 - El router antena receptor puede acoplarse a los postes del semáforo existente sin inconvenientes a 3mts de altura.
 - Se requiere solo agujeros de 100mm de diámetro y 130mm de profundidad.
 - Tiempo de instalación por sensor, incluido agujero es menor a 20 minutos. (Sinowatcher, 2018)
- **Alta tasa de precisión**
 - Debido a su auto calibración permanente.

- Protocolo de comunicación inalámbrica con protección ante interferencia y colisión de datos.
- Precisión mayor al 95%.
- Comunicación Omnidireccional. (Sinowatcher, 2018)
- **Bajo costo de mantenimiento**
 - Vida útil de 5 años
 - Certificación IP68, no se afecta por viento, lluvia o salinidad.
 - Reemplazo rápido manual, sin herramientas de alta complejidad.
 - Si existen fallas el área afectada es reducida (solo 1 carril es afectado). (Sinowatcher, 2018)

El sistema de detección vehicula WVD tiene los siguientes beneficios:

- Bajo costo de instalación
- Bajo costo de mantenimiento
- Un tiempo de 5 años de uso continuo.
- Señal inalámbrica robusta
- Alta precisión y fiabilidad. (Sinowatcher, 2018)

3.4. Diagrama de funcionamiento del Sistema WVD

Se puede observar como los dispositivos que se activan al paso de un vehículo son los detectores inalámbricos, que al percibir el cambio del campo magnético envían la señal a la antena router receptora, este receptor envía la información al módulo de adquisición de datos por medio del cable de red RS-422, dentro del armario de control, se envía una señal o pulso eléctrico al controlador de tráfico para que analice los datos y ordena a los disparadores que realicen con un rango de tiempo de 10 a 15 segundos el cambio de luces para dar el paso vehicular a la vía con menor afluencia de tráfico. (Sinowatcher, 2018)

Si no existe presencia de vehículos en la calle transversal, continua el semáforo en verde para dar paso en las avenidas principales. Toda la información se van registrando en la plataforma del sistema, para con los detalles de los parámetros de medición se obtenga una estadística y se pueda optimizar el funcionamiento de los semáforos en estas y otras intersecciones que presenten problemas de tráfico vehicular en un futuro por los problemas en las horas pico. (Sinowatcher, 2018)

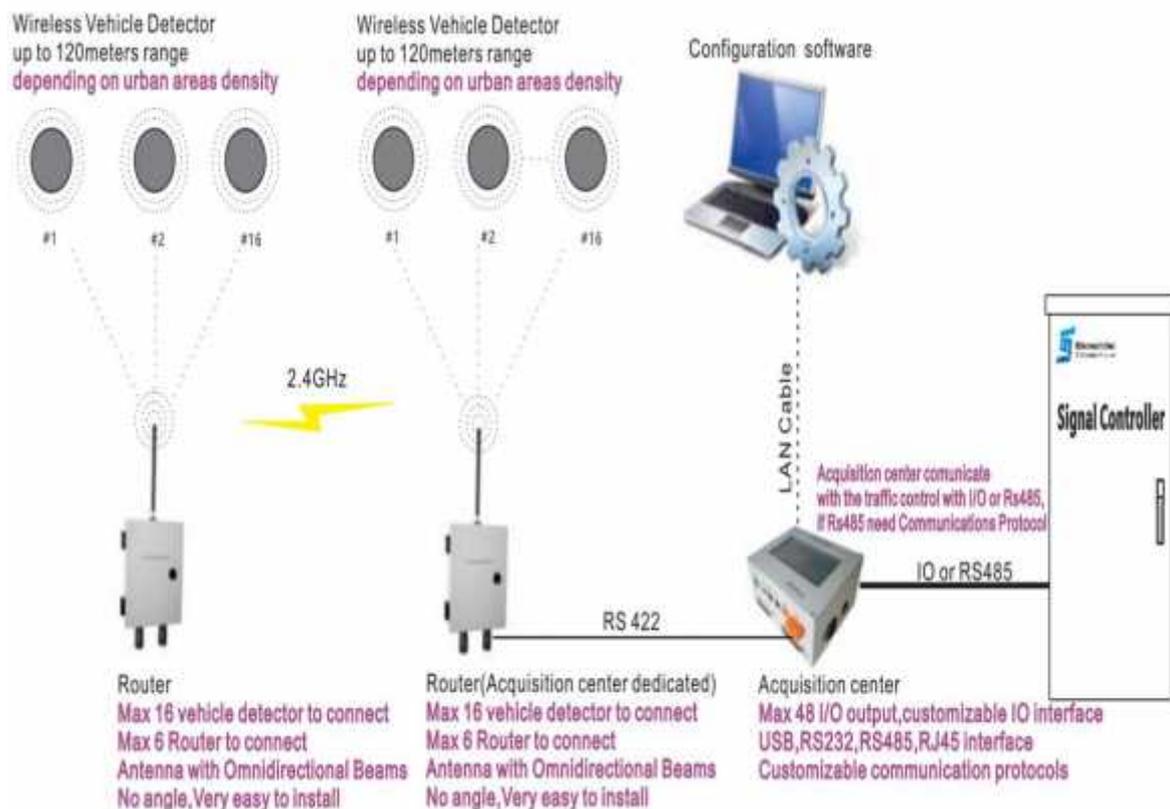


Figura 3. 13: Diagrama del Sistema WVD
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.4.1. Proceso de instalación del Sistema WVD

Una vez definidos los puntos donde se colocaran los sensores magnéticos en los carriles de la avenida y calles transversales se procede a ejecutar los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Realizar el agujero con el taladro estacionario.
- **Paso 2:** Introducir arena fina (100grs) al fondo del agujero.
- **Paso 3:** Ponga de cabeza el sensor para activarlo e insertarlo en el agujero.
- **Paso 4:** Coloque el cobertor y rellene los espacios con resina epóxica.
(Sinowatcher, 2018)

Se continúa con la instalación de la antena router receptor, que debe ir colocada en el poste del semáforo a unos tres metros de altura aproximadamente, se conectara con el armario de control donde se encuentra el módulo de adquisición de datos con el cable de red RS-422. (Sinowatcher, 2018)

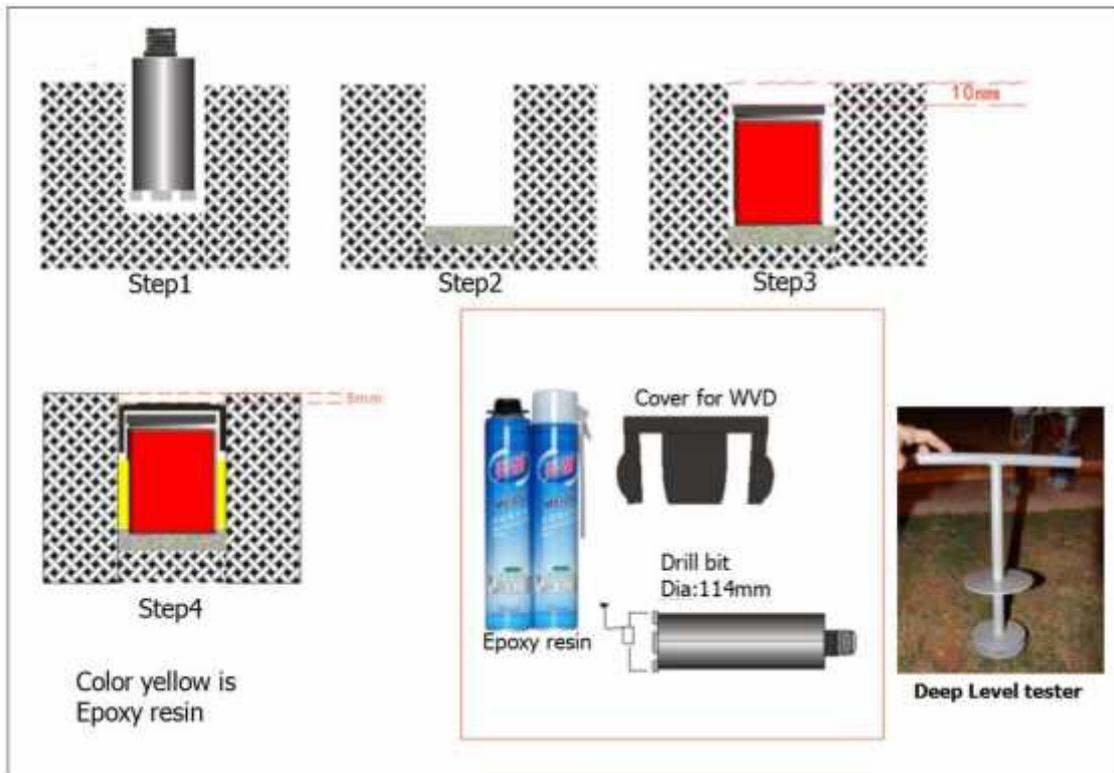


Figura 3. 14: Instalación del sensor WVD
Fuente: (Sinowatch, 2018)



Figura 3. 15: Perforación de la calzada
Fuente: (Sinowatch, 2018)

3.4.2. Instalación de armarios para control de tráfico

Para la instalación del armario se realiza primero la obra civil, una vez terminada se procede a empotrar el armario para colocando en cada bandeja los equipos que se utilizaran, como el módulo de adquisición de datos, el controlador de tráfico, los disparadores para cada semáforo, la unidad de gestión de memoria (MMU), el UPS como dispositivo de respaldo en caso de falta de energía eléctrica. (Sinowatcher, 2018)

Además se deben realizar todas las conexiones en las regletas y circuitos de contactos con la fuente de alimentación de 24 voltios D/C, las barras de polo positivo, polo negativo y puesta a tierra para proteger todos los equipos. (Sinowatcher, 2018)

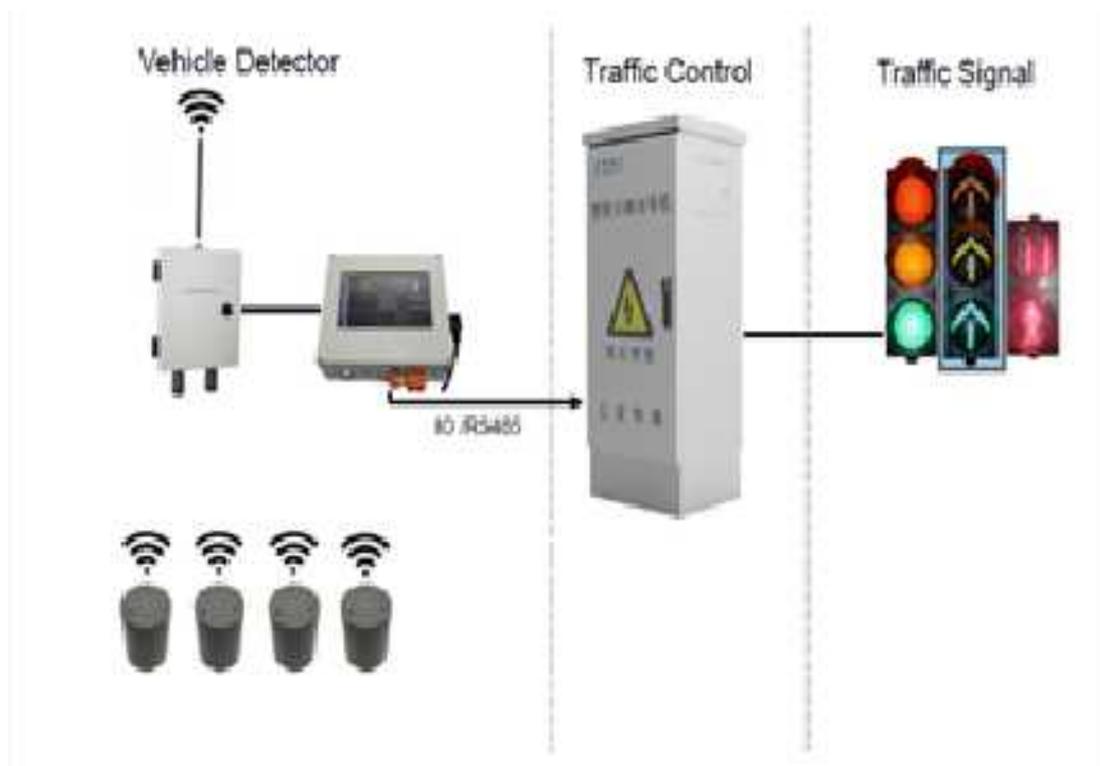


Figura 3. 16: Esquema de instalación de equipos y armario
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.4.3. Cuadro de especificaciones técnicas del Sistema WVD

Tabla 3. 1: Especificaciones técnicas del sistema WVD

CARACTERÍSTICAS	RANGO	DETALLES
Voltaje	AC 85V-265V, 50/ 60Hz - DC 5V – Solar Panel	Dispositivo central de adquisición (ACD)
	DC 5V – Solar Panel	Panel Enrutador de detectores vehiculares (VDR)
	Batería integrada 3 años	Detector vehicular inalámbrico (WVD)
Frecuencia Inalámbrica	2.4 GHZ	Protocolo Zigbee
Distancia de Comunicación	Hasta 100mts	Ampliable a través de repetidores
Potencia de transmisión	+18dBm	
Rango de detección	Omni-direccional	Hasta 50 cm desde la superficie del detector
Max. cantidad	96 detectores	Acoplando 6 enrutadores repetidores.
Puertos	Pines de salida RS-232 RS-485 RJ-45	AC o DC 9600 baudios Protocolo estándar GB Comunicación con servidor Web
Funciones	Flujo de trafico Ocupación Tiempo entre autos Velocidad Longitud	97% requiere 1 detector por carril 98% requiere 1 detector por carril 98% requiere 2 detectores por carril 95% requiere 2 detectores por carril 95% requiere 2 detectores por carril
Grado de protección	IP68	Para detectores
Temperatura de trabajo	-40 C hasta +80 C	
Garantía	1 año / 3 años	VDR + ADC / Detectores

Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.5. Calculo de Parámetro RSSI

Esta técnica utiliza las propiedades de atenuación de la señal de radio para modelar la distancia entre dos nodos como una función del indicador de la fuerza de la señal recibida (RSSI – Received Signal Strength Indicator). Sistemas que se basan en el RSSI como parámetro de entrada tales que tienden a ser muy precisos en distancias cortas si se emplea un extenso post-procesamiento, pero son imprecisos cuando se aumentan unos pocos metros. En distancias cortas, las estimaciones obtienen errores de aproximadamente un 10% en una distancia máxima de 20 metros. La incertidumbre de la propagación de las ondas de radio impone problemas como el desvanecimiento de múltiples trayectorias (multipath fading), sombras (shadowing) y pérdidas de trayectorias (path loss). (E. García, 2014)

Este parámetro está ampliamente estudiado ya que es también utilizado en tecnologías como Wi-Fi y Bluetooth. En el caso particular de los módulos de comunicación Xbee (fabricados por Digi) que utilizan el protocolo Zigbee, la referencia utilizada es de 1mW y la unidad es el dBm. (Vara & Poletto, 2016) Se establece que la pérdida de propagación de la señal recibida por un nodo a una distancia d_i del nodo transmisor es en la ecuación(1): (Vara & Poletto, 2016)

$$P_L(d_i) [dB] = P_L(d_0) [dB] + 10n \log_{10}(d_i/d_0)$$

Donde $P_L(d_0)$ es la pérdida de propagación a una distancia de referencia conocida d_0 (generalmente $d_0=1m$), n es una constante que depende del medio y de los obstáculos que existan entre los nodos.

En un entorno real la propagación de la señal se ve afectada por fenómenos de reflexión, difracción y dispersión debido a los obstáculos del entorno, por lo que debe ser medida empíricamente. (Vara & Poletto, 2016)

$$n = (P_L(d_i) - P_L(d_0)) / 10 \log_{10}(d_i/d_0)$$

La ecuación (2) permite la estimación de la constante n a partir de la medición de potencia en las antenas de los nodos y la distancia que los separa. (Vara & Poletto, 2016). La potencia de señal de recibida será:

$$RSSI [dBm] = -10n \log_{10} d + A [dbm]$$

Donde n es la constante de pérdida ya mencionada, d es la distancia entre el nodo transmisor y el receptor en metros y A es el valor de RSSI en la antena de un receptora a una distancia de 1 metro del transmisor. (Vara & Poletto, 2016)

$$d = 10^{-RSSI-A/10n}$$

Tabla 3. 2: Medición del parámetro A en dBm

Distancia (metros)	RSSI (dBm)						
	1	-36	-36	-36	-36	-36	-36

Fuente: (Vara & Poletto, 2016)

3.6. Simulador del sistema WVD con plataforma software

Con el diseño y planificación de todos los sensores instalados y los equipos ya calibrados en el armario de controlador de tráfico, se procede a las pruebas de simulación con el software del sistema de sensores WVD. Se debe considerar las horas pico de tráfico en días laborables y la menor afluencia de tráfico los fines de semana. (Sinowatcher, 2018)

Al presentarse los primeros vehículos se toman muestras del monitoreo en las dos intersecciones que están planificadas, para registrar todos los parámetros de medición y comprobar que hay un cambio en el flujo del tráfico vehicular para su óptima circulación en las vías. (Sinowatcher, 2018)

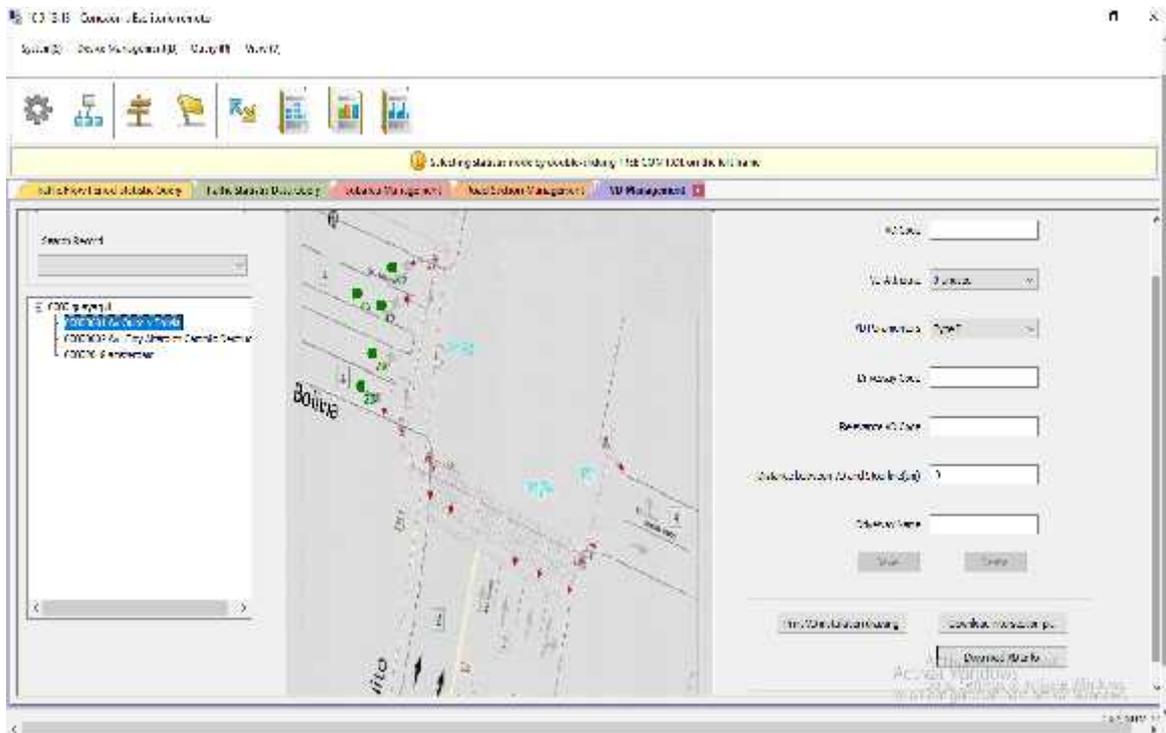


Figura 3. Figura 3. 17: Sensores WVD Avenida Quito y Bolivia
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

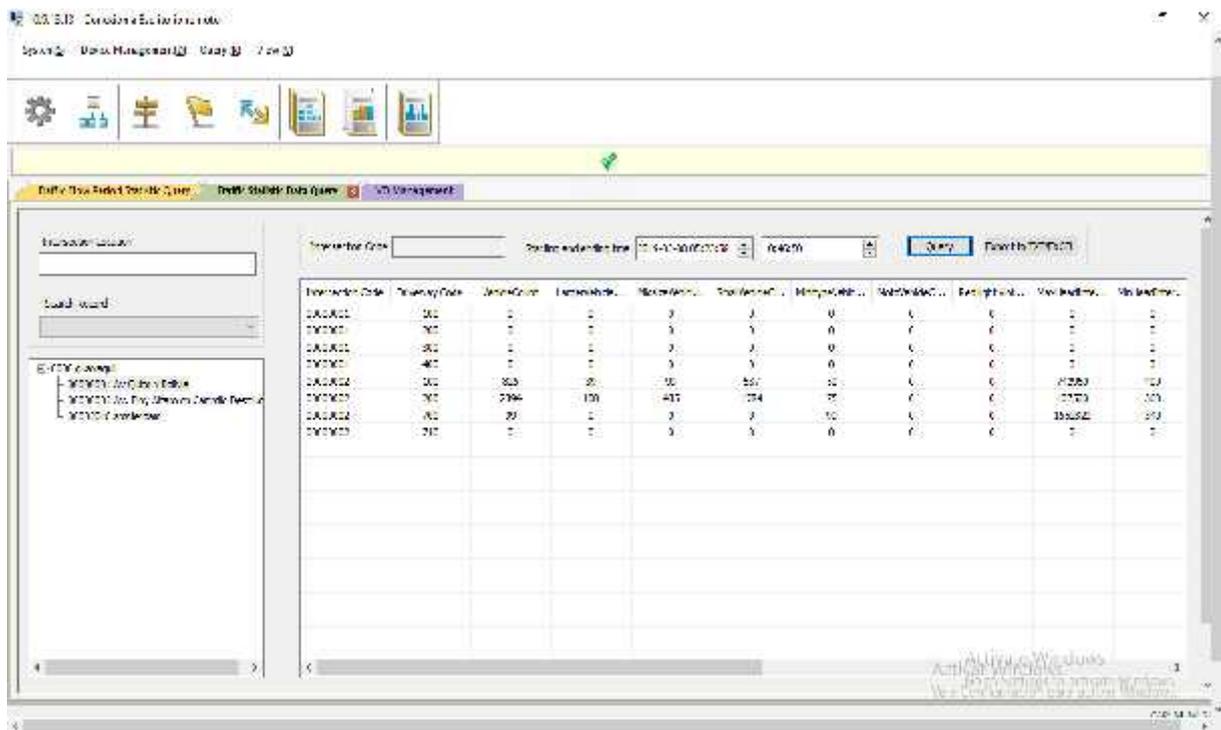


Figura 3. 18: Monitoreo en Avenida Quito y calle Bolivia
Fuente: (Sinowatch, 2018)



Figura 3. 19: Sensores en Avenida Eloy Alfaro y Camilo Destruge
Fuente: (Sinowatch, 2018)

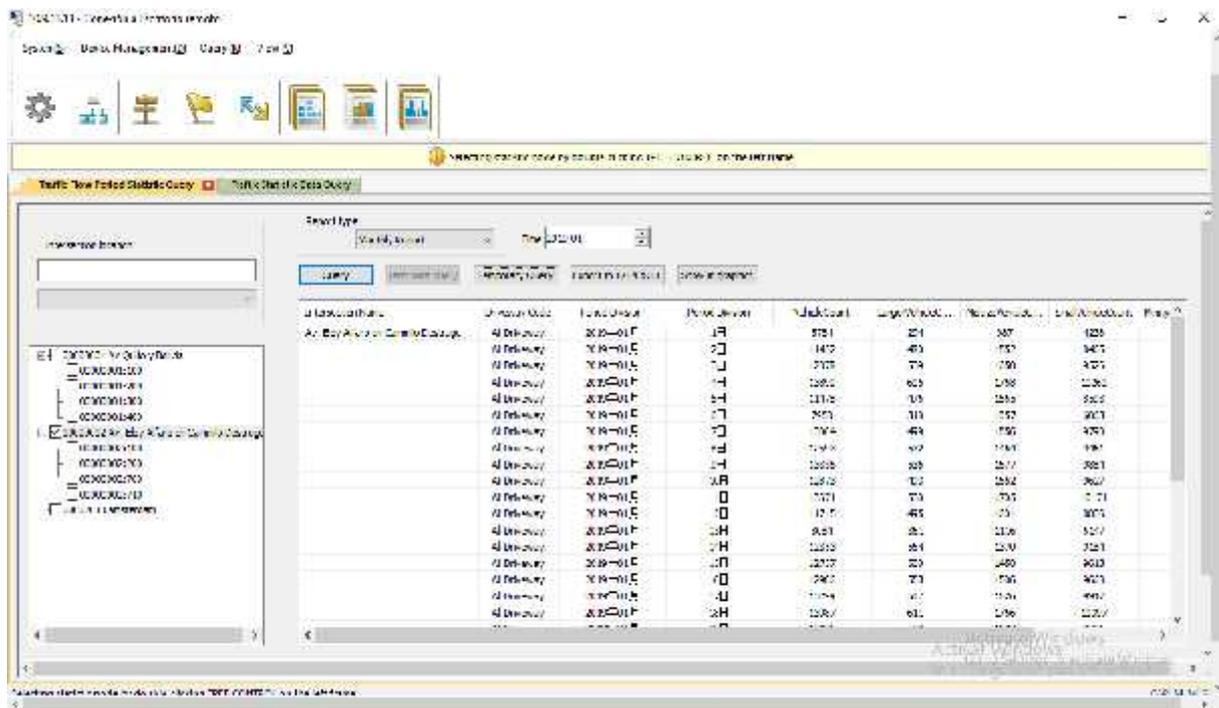


Figura 3. 20: Monitoreo en Avenida Eloy Alfaro y Camilo Destruge
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

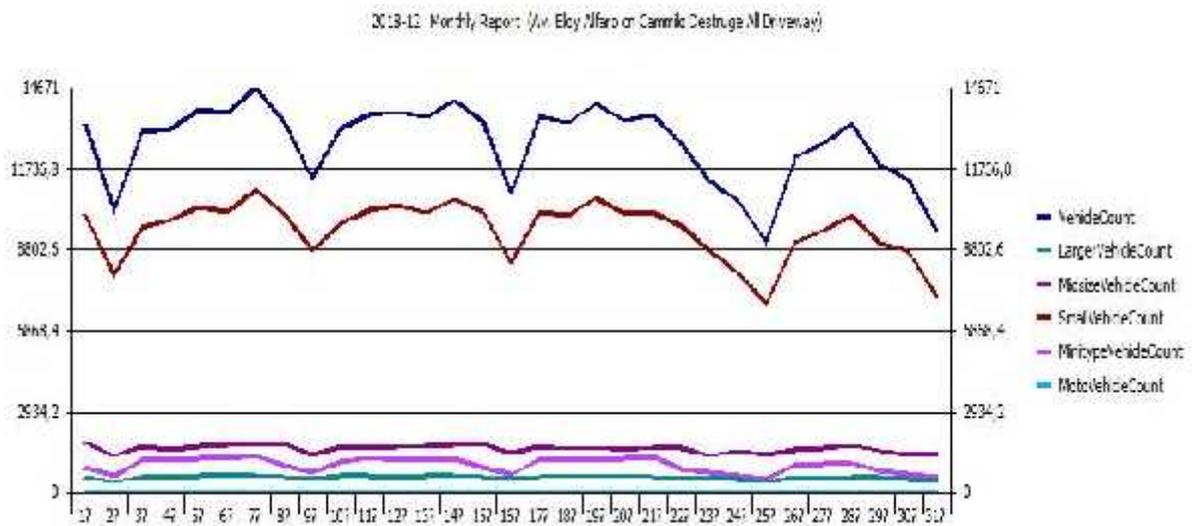


Figura 3. 21: Monitoreo de vehículos Sistema WVD
Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.6.1. Resultados del Simulador WVD en la Avenida Eloy Alfaro

Tabla 3. 3: Reporte de monitoreo de vehículos 2018

Intersección	Todos carriles	Mes	Día	Conteo total	Buses-camión	Camionetas Vans	Autos	Motos	NO Sever
Eloy Alfaro y	All Driveway	201808	1	0	0	0	0	0	0
Camilo Destruge	All Driveway	201808	2	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	3	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	3	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	5	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	6	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	7	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	8	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	9	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	10	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	11	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	12	4501	205	626	3476	0	0
	All Driveway	201808	13	12849	558	1651	9991	0	0
	All Driveway	201808	14	13060	590	1566	10185	0	NO EQ
	All Driveway	201808	15	13500	606	1542	10614	0	0
	All Driveway	201808	16	13246	574	1673	10282	0	0
	All Driveway	201808	17	13925	629	1803	10749	0	0
	All Driveway	201808	18	12615	524	1672	9811	0	0
	All Driveway	201808	19	0	0	0	0	0	0
	All Driveway	201808	20	0	0	0	0	0	0

Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.6.2. Resultados del Simulador WVD en la Avenida Quito

Tabla 3. 4: Reporte del sistema WVD monitoreo de vehículos 2018

Intersección	Todos los carriles	Día	Intervalo Horario	Conteo	Velocidad promedio km/hora
Avenida Quito	AllDriver way	201809	00:15	31	28,29
Calle Bolivia	AllDriver way	201809	00:30	32	25,93
	AllDriver way	201809	00:45	18	27,25
	AllDriver way	201809	01:00	15	30,61
	AllDriver way	201809	01:30	7	11,49
	AllDriver way	201809	01:45	18	32,32
	AllDriver way	201809	02:00	4	13,73
	AllDriver way	201809	02:15	9	36,19
	AllDriver way	201809	02:30	4	84,07
	AllDriver way	201809	02:45	4	46,92
			Velocidad	Promedio	33,68

Fuente: (Sinowatcher, 2018)

3.7. Presupuesto estimado Proyecto Sistemas de Detectores WVD

Se planificó y analizó varias propuestas a empresas especializadas en Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT), el Directorio de la ATM de Guayaquil decidió conceder el contrato para instalar e implementar con periodo respectivo de prueba a la empresa con sede en China Sinowatcher Technology Co., Ltd. Se recibió el presupuesto estimado de las obras y adquisición de equipos. Información reservada y tomada del Departamento Financiero de la ATM.

Tabla 3. 5: Presupuesto estimado del Proyecto Sistema WVD

SISTEMAS WVD	PRECIO/UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
ADQ-INSTALACION DETECTORES WVD	158,95	6	953,70
EQUIPOS DAC-CONTROL TRAFICO	1.575,48	2	3.150,96
ANTENA ROUTER-MMU-UPS	1.285,39	2	2.570,78
DISPARADORES – MODEM - CPU	1898,55	4	7.594,20
PUERTOS USB CABLE RS-232-485 RJ-45	110,67	10	1.106,70
FUENTE DE ALIMENTACION	80,53	2	161,06
INSTALACION DE ARMARIOS	569,35	2	1.138,70
SUMINISTRO DE TX/RX DE FIBRA CNT	257,89	2	515,78
TOMA TIERRA	160,78	2	321,56
PRESUPUESTO TOTAL			17.513,44

Fuente: (ATM, 2015)

CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

En la investigación y desarrollo de este proyecto se puede observar que en la mayoría de países de América, Asia y Europa ya están utilizando estos dispositivos en redes de sensores inalámbricos que ya se aplican en diversos campos de trabajo y ayuda a las empresas y viviendas para mejorar la calidad de vida de las personas.

En nuestro país se está empezando a instalar e implementar estos nuevos sistemas de redes inalámbricas con sensores. En nuestra ciudad Guayaquil se instalaron sistemas que ya funcionan hace varios años tales como: Sistemas Wi-Fi gratuito ubicados en las paradas de la Metrovía y los sistemas de seguridad ciudadana con cámaras de vigilancia.

La Autoridad de Tránsito de Guayaquil ATM tiene como proyecto implementar redes de sensores inalámbricos, para innovar y renovar la circulación vial en nuestra Ciudad.

La finalidad del proyecto es mejorar la circulación vial y optimizar los servicios que actualmente tenemos. El diseño de las redes de sensores inalámbricos con sus detectores vehiculares (WVD), se puede obtener un bajo costo de instalación puesto que los equipos y dispositivos son de fácil manejo e instalación de los detectores, antena router y módulos de adquisición de datos con el software incluido.

La señal de protocolo Zigbee es muy confiable tiene protección anti-interferencia y colisión de datos, una auto calibración permanente, con una precisión del 95% y comunicación omnidireccional.

Este sistema consta de un bajo costo de mantenimiento, una vida útil de 5 años, Certificación IP68, no se afecta por factores externos como la lluvia, viento, salinidad, paso de vehículos pesados. Se puede reemplazar manualmente los dispositivos o equipos con fallos, sin herramientas complejas, si se producen fallas en los detectores solo es afectada el área que corresponde, es decir un carril.

El nuevo sistema (WVD) se convierte en una fusión con el sistema anterior de transporte y se convierte en un Sistema Inteligente de Transporte (SIT), para el mejoramiento y bienestar de todos los habitantes de Guayaquil.

4.2. Recomendaciones.

Se sugiere continuar con el proyecto de redes de sensores inalámbricos con detectores de vehículos, porque sería de mucha ayuda para otras intersecciones con estos problemas de tráfico, por supuesto con un estudio analítico previo, para localizar los puntos críticos y sobre todo en las horas pico es decir entrada y salida de los colegios y empresas.

La población en nuestra ciudad y en el país sigue su crecimiento por lo tanto hay que buscar y diseñar nuevos sistemas viales para evitar los atascos y pérdidas de tiempo en nuestros trayectos y desplazamientos diarios.

Por supuesto debemos adquirir y suministrar estas nuevas tecnologías a más ciudades de nuestro país como Quito, Cuenca, Santo Domingo, Machala y Quevedo que tienen más afluencia de vehículos por su localización geográfica en las vías de transporte comercial y turístico.

Es importante ir progresando para estar inmersos en la globalización de las nuevas tecnologías que incluyen el internet de las cosas, para modernizar los sistemas de alumbrado, equipos médicos, instalaciones nuevas en viviendas y empresas como la domótica. Así tenemos un mayor rendimiento y beneficios de las redes inalámbricas como Wi-Fi, Bluetooth y Zigbee.

BIBLIOGRAFÍA

- Aakvaag, N., & Frey, J. (2006). *Redes de sensores inalámbricos*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28135303_redes_de_sensores_inalambricos
- Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramanian, Y., & Cayirci, E. (2002). *Wireless sensor networks: a survey*. 393-422.
- Aranzazu, C. (2009). Seguridad en redes de sensores inalámbricos. Recuperado 7 de febrero de 2019, de ResearchGate website: https://www.researchgate.net/publication/38320161_seguridad_en_redes_de_sensores_inalambricos
- Asencio, A., Miguel, A., & Pascual, J. (2009). *Diseño de un simulador para redes de sensores*. Recuperado de https://eprints.ucm.es/9453/1/Dise%C3%B1o_de_un_simulador_para_redes_de_sensores.pdf
- ATM, G. (2015). *Agencia de Tránsito Municipal de Guayaquil*. Recuperado de <https://www.atm.gob.ec/>
- ATSA. (2018). Tecnología en conteo y mediciones de tránsito. Recuperado 12 de febrero de 2019, de <http://www.americantrafficsa.com.ar/novedades/singlenoticia.php?a=74>
- Barcell, M. (2015). *Redes de sensores inalámbricas WSN*. Recuperado de <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>
- Belduma, L., & Bravo, B. (2017). *Diseño de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo del tránsito vehicular y la contaminación CO2 dentro de un sector*

- urbano. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14153/1/UPS-CT006969.pdf>
- Capella, J. (2010). *Redes inalámbricas de sensores una nueva arquitectura eficiente y robusta basada en jerarquía dinámica de grupos*. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8417/tesisUPV3326.pdf>
- Cárdenas, J. (2015). *Protocolo de enrutamiento en WSN*. Recuperado de <https://www.jdc.edu.co/revistas/index.php/rciyt/article/download/107/98/>
- Cobos, E. (2007). *Estudio de las redes sensoriales como una nueva alternativa de comunicación inalámbrica*. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2372/1/T-ESPE-025074.pdf>
- Dahua technology. (2017). *Sistemas de tráfico inteligente*. Recuperado de [http://dahuasecurity.mx/download/2017v2_intelligent_traffic_system\(32p\)_es_high.pdf](http://dahuasecurity.mx/download/2017v2_intelligent_traffic_system(32p)_es_high.pdf)
- Faludi, R. (2011). *Building wireless sensor networks*. Recuperado de <https://ablog.ru/files/file/books/wirelessnetwork.pdf>
- Fernández, R., Martínez, F., & González, A. (2009). *Redes inalámbricas de sensores teoría aplicación práctica*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/377564.pdf>
- García, E. (2014). *Técnicas de localización en redes inalámbricas de sensores*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/228705728_tecnicas_de_localizacion_en_redes_inalambricas_de_sensores

- García, I., Mora, M., & García, G. (2018). *Sistema de seguridad usando la tecnología WSN (wireless sensor networks) para mejorar la seguridad de un equipo radio base*. 5.
- González, J., & Cañizares, L. (2014). *Redes de sensores inalámbricos*. Recuperado de clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/cursos/oct05marzo06/inalambricas/.../t1.doc
- Gutierrez, L. (2008). *Estudio de consumo en redes de sensores inalámbricos para la detección de ondas características en ECG*. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/10276/1/LauraGutierrezMu%C3%b1oz-proyectomaster.pdf>
- López, J. (2012). *Estudio e implementación de un sistema de seguimiento de vehículos con una red de sensores inalámbrica*. Recuperado de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2982/pfc4411.pdf?sequence=1>
- Moreno, J., & Fernández, D. (2007). *Protocolo ZigBee (IEEE 802)*. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/informe_zigBee.pdf
- Municipio de Guayaquil. (2019). *Municipalidad de Guayaquil home*. Recuperado 7 de marzo de 2019, de <https://guayaquil.gob.ec/>
- Ortiz, F. (2006). *Redes de sensores inalámbricos*. Recuperado de <https://docplayer.es/9413229-redes-de-sensores-inalambricos-wireless-sensor-networks-wsn-francisco-ortiz-tapia.html>

- Palma, A. (2009). *Análisis de protocolos de enrutamiento para redes de sensores inalámbricas*. Recuperado de <https://docplayer.es/43478612-analisis-de-protocolos-de-enrutamiento-para-redes-de-sensores-inalambricas.html>
- Reyes, J., & Esponda, Y. (2016). *Protocolos de enrutamiento para redes de sensores inalámbricos*. 11.
- Rueda, J., & Talavera, J. (2016). *Redes de sensores inalámbricas al internet de las cosas*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/310320964_de_las_redes_de_sensores_inalambricas_al_internet_de_las_cosas_
- Santos, E. (2014). *Estudio de los sistemas de monitoreo de parámetros medioambientales y propuesta para detectar los principales puntos de contaminación del aire en la Ciudad de Trujillo*. Recuperado de <http://cip-trujillo.org/ovcipcdll/uploads/biblioteca/abstract/T011056.pdf>
- Serna, J. (2007). *Trabajo de ampliación de redes de sensores inalámbricas*. Recuperado de <https://docplayer.es/4450480-trabajo-de-ampliacion-de-redes-redes-de-sensores-inalambricas.html>
- Sinowatcher. (2018). Sinowatcher ITS product provider. Recuperado 10 de febrero de 2019, de <http://www.trafficsolution.cn/es>
- Sohraby, K., Minoli, D., & Znati, T. (2010). *Wireless sensor networks technology, protocols and applications*. Recuperado de <http://www.tfb.edu.mk/amarkoski/WSN/Kniga-w02>

Valenzuela, F. (2012). Redes de sensores inalámbricos (WSN). Recuperado 20 de febrero de 2019, de <https://es.slideshare.net/franciscovalenzu/redes-de-sensores-inalmbricos-wsn>

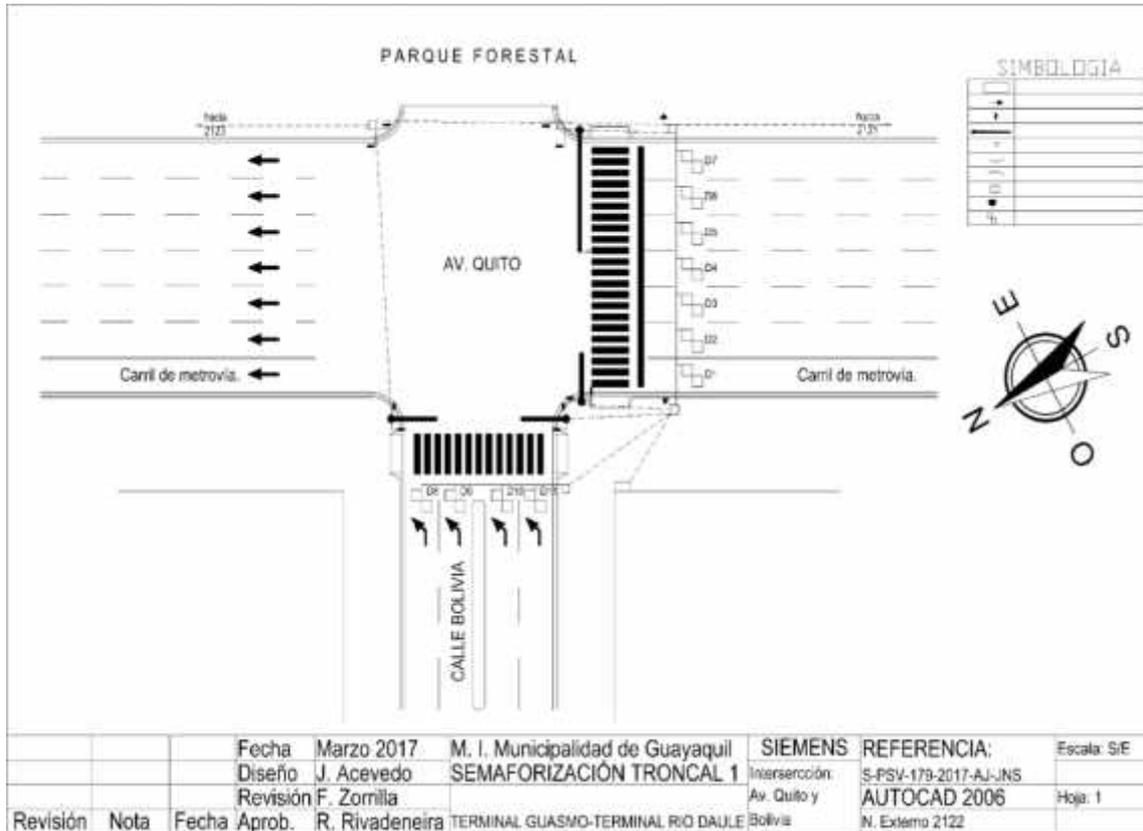
Vara, N., & Poletto, G. (2016). *Cálculo para señal de red de sensores inalámbricos*. Recuperado de <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/download/275/241>

Zennaro, M. (2010). *Introduction to wireless sensor networks*. Recuperado de <https://docplayer.es/8261980-introduction-to-wireless-sensor-networks-marco-zennaro-ictp-trieste-italy.html>

Anexo 1

Figura A1: Plano de la Avenida Quito y calle Bolivia

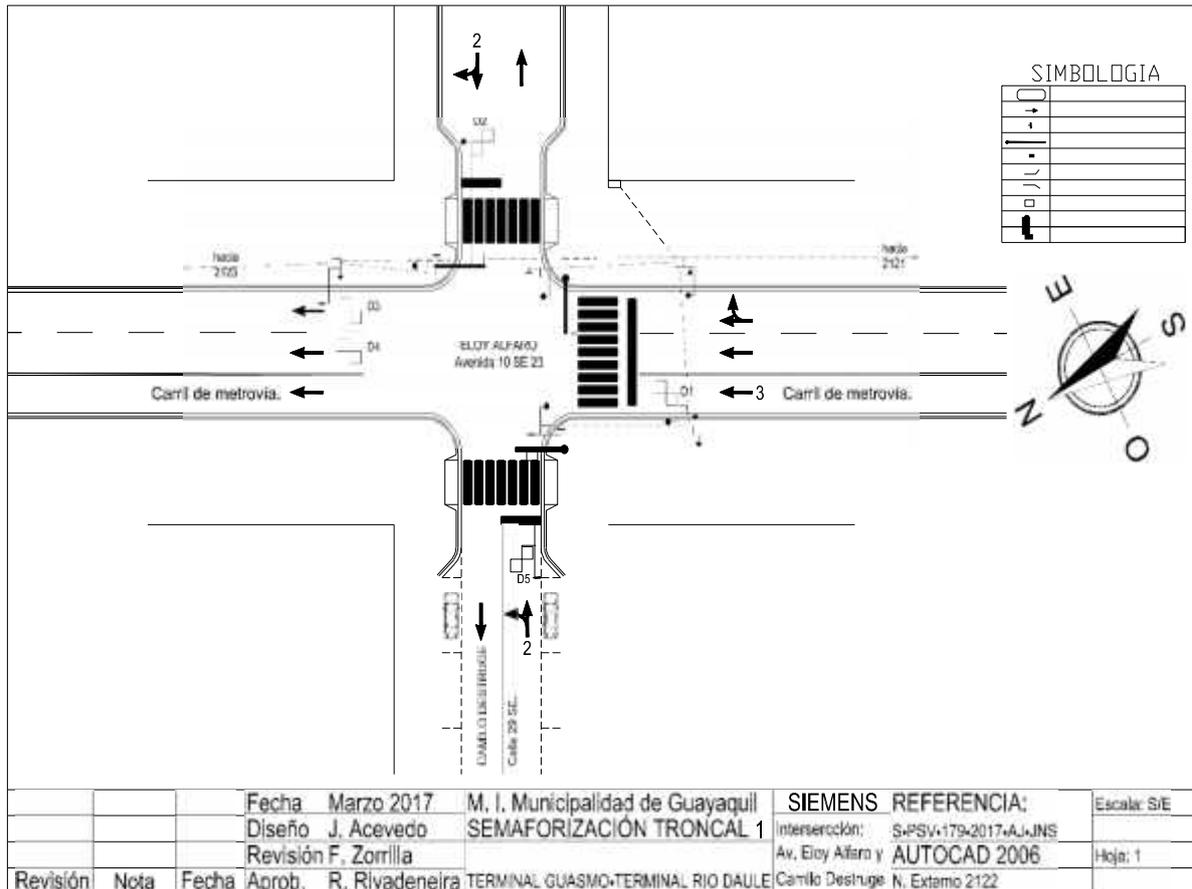
Fuente: (Municipio de Guayaquil, 2019)



Anexo 2

Figura A2: Plano de la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge

Fuente: (Municipio de Guayaquil, 2019)



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **OQUENDO MAZÓN, JUAN CARLOS**, con C.C: # **0912933686** autor del trabajo de titulación: **Diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN) para detección de vehículos en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge; y en la Avenida Quito y calle Bolivia sector sur de la ciudad de Guayaquil** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 12 de marzo de 2019

f. _____

Nombre: Oquendo Mazón, Juan Carlos

C.C: 0912933686

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN) para detección de vehículos en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge; y en la Avenida Quito y calle Bolivia sector sur de la ciudad de Guayaquil.		
AUTOR(ES)	OQUENDO MAZÓN, JUAN CARLOS		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. RUILOVA AGUIRRE, MARÍA LUZMILA		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 de marzo de 2019	No. DE PÁGINAS:	91
ÁREAS TEMÁTICAS:	Arquitectura de Redes, Sensores, Comunicaciones Inalámbricas.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Redes de sensores, Topología, Detectores, Inalámbrico, Router, Protocolo Zigbee.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>En el presente trabajo de titulación se puede comprender la modernización de las principales ciudades y capitales del mundo. Por lo tanto nuestro país y la ciudad Guayaquil no pueden quedar a la retaguardia de la integración de las nuevas tecnologías como las redes de sensores inalámbricos. Se empezó con los estudios previos y planificación de la Autoridad de Tránsito de Guayaquil, para encontrar una solución al congestionamiento del tráfico en las avenidas principales y se encontró la respuesta con la creación del proyecto de redes de sensores inalámbricos detectores de vehículos. Así comenzó el desarrollo del proyecto, se diseñó en base a los estudios realizados con las especificaciones en la Avenida Quito y calle Bolivia, también se estudió la intersección en la Avenida Eloy Alfaro y calle Camilo Destruge. Estas dos calles Bolivia y Camilo Destruge tienen poco flujo de vehículos y están en el tramo final de su trayectoria. Con el diseño y posterior instalación de este proyecto se puede obtener una mejoría del tráfico vehicular en estas dos intersecciones y según se realicen más estudios y planificaciones en otras zonas de la ciudad se irá prolongando las redes de sensores inalámbricos en nuestra ciudad para el servicio y beneficio de los habitantes.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593991653046	E-mail: jcoquendo2015@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593967608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			