

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis Previa a la Obtención del

Título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

Título:

***“DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE RED PARA GESTIÓN DE
PARQUEO EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE CUENCA”***

AUTORES:

**ISRAEL PATRICIO SANCHEZ PEÑAFIEL
CRISTIAN FRANCISCO SHICAY ARIAS**

DIRECTOR:

ING. ESTEBAN ORDOÑEZ

CUENCA - ECUADOR

2015

Los conceptos, análisis y conclusiones desarrollados en el presente trabajo, son de completa responsabilidad de los autores.



Israel Sánchez Peñafiel



Cristian Shicay Arias

DECLARACIÓN

Nosotros, Israel Patricio Sánchez Peñafiel y Cristian Francisco Shicay Arias, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Israel Sánchez Peñafiel



Cristian Shicay Arias

CERTIFICACION

Certifico que el trabajo “DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE RED PARA GESTIÓN DE PARQUEO EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE CUENCA”. Realizado por Israel Patricio Sánchez Peñafiel y Cristian Francisco Shicay Arias fue desarrollado bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Esteban Ordoñez', is written over a horizontal line.

Ing. Esteban Ordoñez

DEDICATORIA

Esta tesis quiero dedicar en primer lugar a Dios por llenar mi vida de bendiciones y ayudarme a vencer todos los obstáculos puestos en mi vida desde el día que me dio la vida.

A mis padres que con esfuerzo y sacrificio han podido brindarme los estudios y gracias a su amor y enseñanza han podido sembrar virtudes necesarias para llevar una vida llena de felicidad.

A mi hijo Matías quién ha sido una motivación para nunca rendirme en los estudios y llegar a ser un ejemplo para él.

Y de una manera muy especial a mi esposa Andrea quién ha sido el pilar principal para la culminación de mi carrera, que con su gran amor ha sido la mejor amiga incondicional gracias a sus consejos en todo momento.

Israel Sánchez

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, y darme fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mi camino.

A mis padres Luz y Manuel, quienes me dieron la vida, educación, apoyo constante y sus sabios consejos para formarme tanto en lo personal como profesionalmente.

A mi esposa Jessica Bernal, quien es la persona que más amo y quien ha estado conmigo apoyándome en las buenas y en las malas.

A mi hijo Sebastián, a quien amo y es mi inspiración y orgullo para seguir adelante.

A mis hermanos Freddy y Fabián a quienes quiero mucho y han estado conmigo en todo momento y me han animado a terminar esta gran meta.

Y a mi familia en general, porque me han brindado todo su apoyo y quienes han compartido todas mis alegrías y tristezas.

Cristian Shicay

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de haberlo conocido y vivir junto a él siempre caminando por sus senderos, a mi familia fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida.

A mi director de tesis un gran amigo el Ing. Esteban Ordoñez, por habernos guiado durante la elaboración de este proyecto.

A mi gran hermano Cristian Shicay, compañero de tesis, un agradecimiento muy especial por todos los momentos compartidos durante la Universidad, Colegio y Tesis.

Y en especial quiero expresar mi más grande agradecimiento a mi madre quien sin su apoyo hubiese sido imposible culminar mi profesión.

Israel Sánchez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy gracias infinitamente a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta gran etapa de mi vida.

Agradezco incondicionalmente a mis padres, que me dieron la vida, toda su confianza, su apoyo, todo su amor y me han enseñado a no rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi esposa e hijo quienes comparten su vida conmigo y me dan su respaldo totalmente.

A mi director de tesis Ing. Esteban Ordoñez, por toda su colaboración brindada durante la elaboración de este proyecto.

A mi compañero de tesis Israel Sánchez, quien ha sido como un hermano, un agradecimiento muy especial por todos los momentos compartidos.

A toda mi familia y amigos, que durante estos años de carrera han sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda en este proyecto.

Cristian Shicay

Contenido

GLOSARIO DE TERMINOS.....	XV
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1.....	2

ESTADO DEL ARTE	2
1. Introducción	2
1.1 Smart City (Ciudad Inteligente).....	2
1.1.1 <i>Apoyo de Smart City en una ciudad</i>	3
1.1.2 <i>Servicios de una Smart City</i>	4
1.2 Tecnología Smart.	6
1.2.1 <i>Tecnologías para Smart City.</i>	7
1.3 Gestión del Tráfico.....	9
1.4 Sensores detectores de vehículo.....	11
1.4.1 <i>Sensor de ultrasonido</i>	11
1.4.2 <i>Sensor infrarrojo</i>	14
1.4.3 <i>Sensor magnético</i>	15
1.5 Protocolos de comunicación inalámbrica.....	17
1.5.1 <i>Protocolo de comunicación IEEE 802.11</i>	18
1.5.2 <i>Internet móvil GPRS</i>	19
1.5.3 <i>Protocolo de comunicaciones IEEE 802.15.4</i>	19
1.5.4 <i>Zigbee (basado en IEEE 802.15.4)</i>	20
CAPÍTULO 2.....	21
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE PARQUEO EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE CUENCA.....	21
2.1 Descripción del problema y su resolución.	21
2.1.1 <i>Solución del problema por la falta de aparcamiento en el centro histórico de Cuenca</i> 22	22
2.2 Estudio de vialidad.....	22
2.2.2 <i>Vialidad según gerente de la EMOV</i>	23
2.2.3 <i>Rutas del Centro Histórico de la ciudad de Cuenca</i>	23
2.3 Tiempos y tarifas.....	25
2.3.1 <i>Zonas prohibidas de estacionamiento</i>	25
2.3.2 <i>Vehículos mal estacionados</i>	26
2.3.3 <i>Zonas de Estacionamiento Rotativo Tarifado (Zonas tarifadas)</i>	26
2.3.4 <i>Horarios de operación de parque tarifado</i>	27
2.3.5 <i>Tiempo máximo de estacionamiento</i>	27
2.3.6 <i>Vehículos retirados</i>	27
2.3.7 <i>Tasas aplicables al SERT (Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado)</i>	28

2.3.8 Tarifa o tasa de SERT	28
2.3.9 Tarifa mensual	28
2.3.10 Mecanismos De Cobro.....	29
Exoneraciones	29
2.4.1 Tasa personas con discapacidad	30
2.4.2 Personas residentes.....	30
Tabla de valores de Infracciones.....	31
2.5.1 Infracciones Y Sanciones	32
CAPITULO 3.....	33
TOPOLOGIA DE LA RED.....	33
3.1 Introducción	33
3.2 Redes De Área Personal Inalámbricas WPAN	33
3.2.1 WPAN de alta velocidad	33
3.2.2 WPAN de media velocidad.....	33
3.2.3 WPAN de baja velocidad.....	34
3. 3 Redes De Sensores Inalámbricas WSN.....	34
3.3.1 Arquitectura	35
3.4 Protocolo de comunicaciones IEEE 802.15.4	36
3.4.1 Dispositivos de Funcionalidad Total (Full-Function Device o FFD).	36
3.4.2 Dispositivos de Funcionalidad Reducida (Reduced-Function Device o RFD).....	37
3.4.3 Diferencias entre FFD-RFD.....	37
3.5 Miembros de una red IEEE 802.15.4	37
3.5.1 Coordinador PAN	37
3.5.2 Router	37
3.5.3 Dispositivos Finales.....	37
3.6 Capas del estándar IEEE 802.15.4	38
3.6.1 Diferencias entre las dos capas físicas	39
3.7 Tipos de tramas	40
3.7.1 Data Frame	40
3.7.2 Acknowledgment Frame	40
3.7.3 MAC Command Frame	41
3.7.4 Beacon Frame	41
3.8 Protocolo de comunicación Zigbee	42

3.8.1 Características básicas de protocolo Zigbee	42
3.8.2 Consumo de energía transmitiendo y en reposo tecnologías inalámbricas	43
3.9 Topología de una red inalámbrica.....	44
3.9.1 Topología en estrella.....	44
3.9.2 Topología punto a punto	44
3.9.3 Topología en malla.....	45
3.9.4 Topología de árbol.....	45
3.10 Tecnologías Habilitadoras.....	46
3.10.1 Placas de Sensores Waspnotes.....	46
3.11 Diseño	51
3.11.1 Funcionamiento del protocolo de detección del sensor.....	56
3.11.2 Funcionamiento de la infraestructura de red	59
3.12 Topología	62
3.12.1 Propagación.....	63
3.12.2 Capacidad de la red.....	64
3.12.3 Protocolo.....	66
3.13 Seguridad.....	68
3.13.1 El firewall para el servidor	68
3.13.2 La encriptación de los sensores	68
3.14 Ubicación de los coordinadores Meshlium	69
3.15 Ubicación De Todos Los Waspnote Router En El Casco Urbano De Cuenca	70
3.16 Aplicación para android	75
CAPITULO 4.....	77
SOFTWARE Y ESTUDIO ECONÓMICO	77
4.1 Introducción	77
4.1.1 Software.....	77
4.2 Balance del proyecto actual	80
4.2.1 Balance sin proyecto.....	80
4.2.2 VAN y TIR sin proyecto.....	82
4.3 Inversión del proyecto.....	83
4.3.1 Primera parte.....	83
Costos de los materiales.....	84
4.3.2 Segunda parte.....	84

• <i>Costo Maquinaria</i>	84
• <i>Costo de operador</i>	84
• <i>Costo de ayudante</i>	84
• <i>Costo de servicio de programación</i>	84
4.3.3 <i>Tercera parte</i>	85
• <i>Tiempo de instalación</i>	85
<i>Inversión total del proyecto</i>	86
4.4 <i>Balance del proyecto propuesto</i>	86
4.4.1 <i>Balance con proyecto</i>	87
4.4.2 <i>Total de egresos</i>	88
4.4.3 <i>Ganancia o utilidad</i>	88
4.4.4 <i>VAN y TIR con proyecto</i>	88
4.4.5 <i>Graficas VAN y TIR</i>	89
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	95

Índice de Figuras

Figura 1. 1: Smart City.....	6
Figura 1. 2: Smart City como apoyo a la evolución de las ciudades	9
Figura 1. 3: Aplicación de movilidad Tránsit (Barcelona)	11
Figura 1. 4: Sensores ultrasonido	12

Figura 1. 5: Rangos de frecuencias de ultrasonido.	12
Figura 1. 6: Sensor infrarrojo detector de presencia.	14
Figura 1. 7: Sensor infrarrojo activo	15
Figura 1. 8: La calle Inteligente de Sant Cugat del vallès.....	15
Figura 1. 9: a. Diseño del bucle, b. Campo en situación de reposo, c. Campo en presencia de un objeto.....	16
Figura 1. 10: Metodología para detectar la presencia de un vehículo con un magnetómetro.....	17
Figura 1. 11: Comparaciones de tecnologías inalámbricas.....	19
Figura 2. 1: Patios de la EMOV.....	21
Figura 2. 2: Parking inteligente.....	22
Figura 2. 3: Planos de las rutas del centro histórico.....	24
Figura 3. 1: Arquitectura de una red de sensores inalámbricos	35
Figura 3. 2: Capas de IEEE 802.15.4.....	38
Figura 3. 3: Estructura de la trama 802.15.4.....	41
Figura 3. 4: Pila de capa Zigbee.....	42
Figura 3. 5: Consumo transmitiendo de las tecnologías inalámbricas.....	43
Figura 3. 6: Consumo en reposo de las tecnologías inalámbricas.....	43
Figura 3. 7: Topología en estrella y punto a punto.	44
Figura 3. 8: Topología de árbol.....	45
Figura 3. 9: Placa Wasp mote.	47
Figura 3. 10: Módulo 802.15.4, WIFI, GSM/GPRS y RFID/NFC.....	47
Figura 3. 11: Gateway con un modulo 802.15.4 montado.....	48
Figura 3. 12: Meshlium junto a Wasp motes.	48
Figura 3. 13: RFID/NFC.....	49
Figura 3. 14: Tarjetas, Llaveros y sticker RFID.....	50
Figura 3. 15: División de las zonas del centro de la ciudad.....	52
Figura 3. 16: Ubicación de los sensores en la calle.....	53
Figura 3. 17: Sensor de parqueamiento.....	54
Figura 3. 18: Sensor de parqueamiento y sus componentes dentro de su carcasa	54
Figura 3. 19: Sensor de parqueamiento dentro de su carcasa soterrado.....	55
Figura 3. 20: Batería de 26 Ah del Sensor.....	55
Figura 3. 21: Batería de 52 Ah del Sensor.....	55
Figura 3. 22: Funcionamiento del protocolo para la detección del vehículo.....	57
Figura 3. 23: Batería del Wasp mote router 12V-6600mAh.....	58
Figura 3. 24: Cargador de la batería del Wasp mote router 12V-9000mAh.....	58
Figura 3. 25: Regulador de 4.2 V.....	59
Figura 3. 26: Diagrama de flujo de estacionamiento.....	61
Figura 3. 27: Topología de la red para 1 zona.....	62
Figura 3. 28: Wasp mote router con módulos de Digi Mesh 2.4 GHz y 2.4 GHz.....	63
Figura 3. 29: Topología y funcionamiento con los equipos para 1 zona.....	67

Figura 3. 30: Ubicación del firewall en la red.....	68
Figura 3. 31: Ubicación de los Meshlium para el centro de Cuenca.....	70
Figura 3. 32: Ubicación de todos los Waspote router en el Centro de Cuenca google earth.....	70
Figura 3. 33: Topología zona 1.	71
Figura 3. 34: Topología zona 2.	72
Figura 3. 35: Topología zona 3.	73
Figura 3. 36: Topología zona 4.	74
Figura 3. 37: Aplicación Smart Parking.....	75
Figura 3. 38: Espacios libres de estacionamiento.	76
Figura 4. 1: Página Principal del Software de Simulación.....	77
Figura 4. 2: Simulación zona 1 centro de Cuenca.....	78
Figura 4. 3: Simulación de un vehículo en las calles Mariscal Sucre y General Torres.....	79
Figura 4. 4: Maquinaria y trabajo a realizar. [25]	85
Figura 4. 5: Graficas del VAN y TIR.....	90

Índice de Tablas

Tabla 3. 1: Característica de la placa Waspote.	46
Tabla 3. 2: Consumo de la batería.....	56
Tabla 3. 3: Tiempo de vida estimado de la batería.	56

Tabla 3. 4: Tiempo de vida estimado de la batería.	59
Tabla 3. 5: Resultados del margen de enlace.	64
Tabla 3. 6: Ubicación de los Meshlium.	69
Tabla 4. 1: Fecha y hora de parqueos disponibles	79
Tabla 4. 2: Número de parqueos disponibles	79
Tabla 4. 3: Ingresos anuales de la empresa EMOV para el centro de la ciudad	80
Tabla 4. 4: Egresos anuales de la empresa EMOV para el centro de la ciudad	81
Tabla 4. 5: Ganancia de la empresa EMOV en el año 2014	81
Tabla 4. 6: Inversión o Activos Fijos EMOV-EP	82
Tabla 4. 7: Depreciación sin proyecto.....	82
Tabla 4. 8: Periodos Ingresos, Egresos y Flujo Neto Sin Proyecto.....	82
Tabla 4. 9: VAN y TIR sin proyecto.....	83
Tabla 4. 10: Costos de los materiales [31]	84
Tabla 4. 11: Costos del operador, maquinaria y ayudante	85
Tabla 4. 12: Costos de servicio de programación por nodo.....	85
Tabla 4. 13: Tiempo de instalación	86
Tabla 4. 14: Inversión Total Del Proyecto	86
Tabla 4. 15: Ingresos EMOV-EP Con Proyecto	87
Tabla 4. 16: Egresos Mantenimiento de la Red	87
Tabla 4. 17: Egreso Arrendamiento Local	88
Tabla 4. 18: Egresos EMOV-EP Con Proyecto	88
Tabla 4. 19: Ganancia o Utilidad EMOV-EP con proyecto.....	88
Tabla 4. 20: Depreciación con Proyecto.	88
Tabla 4. 21: Periodos de Ingresos, Egresos y Flujo Neto Con proyecto.....	89
Tabla 4. 22: VAN y TIR Con Proyecto.....	89

GLOSARIO DE TERMINOS

SERT

Sistema de Estacionamiento Rotativo

LAN	Redes de Área Local
WSN	Redes de Sensores Inalámbricas
LR-WPAN	low rate wireless personal area network
FFD	Full-Function Device
RFD	Reduced-Function Device
MAC	Medium Access Control
PHY	Protocol Physical Layer
PPDU	protocol data unit
ISM	Banda Industrial, médica y científica
LLC	Logical Link Control
SHR	Synchronization Header
PHR	Phy Header
PSDU	Phy Service Data Unit
ACK	Acknowledgment Frame (trama de asentamiento)
RFID	Radio Frequency Identification
NFC	Near Field Communication
AODV	Ad-hoc On Demand Distance Vector

INTRODUCCION

En la presente tesis, estudiaremos los diferentes tipos de tecnologías que se pueden utilizar para la automatización de parqueo inteligente en el casco urbano de la ciudad de Cuenca, basándonos en el actual control de parqueo tarifado asignado por la Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte EMOV-EP, para lograr un diseño de infraestructura de red de parqueo inteligente conformada por una red de sensores inteligentes que manejan tecnologías Xbee 802.15.4 y Xbee DigiMesh 802.15.4 a 2.4 GHz. Gestionando de manera directa los aparcamientos en superficie y facilitando al usuario tomar una ruta más ágil logrando un fluido tráfico vehicular.

También delimitaremos nuestra zona de estudio conjuntamente con sus características de parqueo como horarios, zonas prohibidas de estacionamiento, tiempos máximos de estacionamiento, tarifas y algunas otras características más que debemos tomar en cuenta para el diseño de nuestra infraestructura de red.

Para nuestro diseño utilizaremos equipos de la empresa Libelium, que son capaces de trabajar en ambientes exteriores a baja velocidad y teniendo un consumo de energía menor a otros equipos existentes en el medio, del mismo modo analizaremos las diferentes topologías de red, para poder conectar los dispositivos de la mejor manera, logrando obtener una red robusta y obtener un buen funcionamiento de la infraestructura de red, para esto debemos tener la ubicación de cada uno de los dispositivos referenciadas en el casco urbano de la ciudad de Cuenca. Además realizaremos un estudio de factibilidad después de haber analizado todos los espacios de estacionamiento en el centro de la ciudad, logrando obtener el diseño más óptimo, seguro y aplicable para el casco urbano de la ciudad de Cuenca, mejorando sustancialmente el aspecto económico, ambiental y social. Donde realizamos un balance del proyecto propuesto y determinamos si el proyecto es rentable o no. En el capítulo 1 realizaremos un estudio del arte de las Smart City, algunas tecnologías de comunicación inalámbrica y también analizaremos un estudio de varios sensores que son capaces de detectar un vehículo para que en el capítulo 3 poder determinar cuál es el sensor más apropiado para nuestro proyecto.

CAPITULO 1.

ESTADO DEL ARTE

1. Introducción

Hoy en día buscar un aparcamiento se torna dificultoso por la excesiva cantidad de vehículos que existen a nivel mundial y sigue incrementando en un alto porcentaje constantemente, la búsqueda de un espacio de estacionamiento es una actividad rutinaria y muchas veces frustrante para muchas personas. En esta búsqueda se quema alrededor de un millón de barriles de petróleo, aumentando la contaminación ambiental, el consumo de combustible, pérdida de tiempo, pérdida de dinero, y falta de aparcamiento. [1]

En la ciudad de Cuenca de acuerdo con los cálculos realizados por la Unidad de Tránsito Municipal (UMT), para el año 2015, Cuenca tendrá un parque automotor sobre los 130 mil carros que circulen por las calles y avenidas. [2] Aumentando la falta de aparcamiento en especial en el centro de la ciudad debido a que es muy transitado, por lo que, es indispensable realizar el análisis de una infraestructura red de parqueo inteligente en el casco urbano de Cuenca, ya que vista desde una perspectiva del usuario puede traer consigo grandes beneficios, como disminuir la contaminación ambiental, bajar el consumo de combustible, ahorrar tiempo y el más importante, el de dar un servicio de calidad a los usuarios finales.

Al realizar un diseño de infraestructura de red para gestión de parqueo inteligente podremos ver el tráfico en tiempo real permitiendo conocer la mejor ruta a tomar, y no perder el tiempo buscando un aparcamiento. Esto implica utilizar sensores de bajo costo y tomar datos en tiempo real, para esto debemos realizar un análisis de la Smart City como veremos a continuación.

1.1 Smart City (Ciudad Inteligente)

Es aquella ciudad que utiliza tecnologías de la información y comunicación para lograr una interactividad y eficiencia de sus componentes y servicios donde los ciudadanos puedan ser más conscientes de ellos.

Smart City con el Internet de las cosas son dos términos que van unidos y son llamados el Internet del futuro donde existirá un mundo digital, en el que, todo podrá estar conectado. Desde dispositivos, hasta elementos del mundo físico como edificios, automóviles, electrodomésticos, etc. y todo aquello que se pueda controlar. Permitiendo sostener un bienestar de las ciudades y facilitando el cambio hacia un comportamiento más sostenible.

Smart City también es un espacio urbano con infraestructuras, redes y plataformas inteligentes, con millones de sensores y actuadores, está conformada por dispositivos móviles (Smartphone) que son utilizados por personas.

Smart City constituye una vía para la innovación logrando el desarrollo de nuevas ideas y negocios, ayuda a la gestión automática y eficiente de las infraestructuras y servicios urbanos donde existe la reducción de gasto público, mejorando la calidad de servicios prestados, logrando un progreso en la toma de decisiones.

En los próximos años las Smart Cities se convertirán en una herramienta potente en el ámbito de las políticas públicas en las ciudades, mejorando sus problemas actuales e identificando y gestionando sus problemas futuros configurando su propio alcance como ciudad.

1.1.1 Apoyo de Smart City en una ciudad

- **Problemas actuales**

En los problemas actuales una Smart City ofrece servicios donde puede mejorar el tráfico, la eficiencia energética, gestión de recursos, gestión de espacios, gestión de la información teniendo consigo una gran sostenibilidad.

- **Problemas futuros**

Con las herramientas de análisis de una Smart City se puede prevenir problemas futuros como corrupción, incremento de población, escases de recursos.

- **Alcance**

La ciudad se auto configura como un centro turístico, centro comercial, un centro de fabricación, etc. Por medio de servicios e infraestructuras que ofrece soporte a las comunidades.

- **Estrategia de crecimiento económico**

Al momento de implementar una Smart City la ciudad se convierte en una plataforma de innovación incrementando la productividad y contribuyendo en hacer crecer el PIB (Producto Interno Bruto).

- **Impulso del uso de la tecnología**

Existen aplicaciones de Smart City que interaccionan con la ciudad haciéndola más eficiente, adaptiva y flexible, provocando el uso de nuevas tecnologías por parte de los ciudadanos y empresas.

- **Crecimiento sostenible**

Smart City ayuda a mejorar la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos equilibrando demanda u oferta y suministrando un buen lugar para vivir y trabajar.

1.1.2 Servicios de una Smart City

Los servicios que involucran una Smart City se relacionan con movilidad, seguridad pública (salud-educación-cultura), gestión de infraestructura de la ciudad, gestión sostenible de los recursos, eficiencia energética y gobierno participativo.

A. Movilidad

La movilidad se refiere a la sostenibilidad, la eficiencia de las infraestructuras, la seguridad y sistemas de transporte donde uno de los mayores inconvenientes es la congestión de tráfico teniendo un impacto en la calidad de vida de la ciudad tanto por la disminución de la productividad, contaminación acústica y contaminación del medio ambiente.

Según diferentes fuentes, en las grandes ciudades este impacto ronda entre el “1,4 % y el 4 % sobre el PIB de la ciudad. Donde, las carreteras congestionadas están

valoradas en 78.000 millones de dólares debido a los 4.200 millones de horas perdidas en ellas y los 11.000 millones de litros de combustible gastados”. [1]

B. Gestión Del Tráfico

La gestión de tráfico trata de facilitar al conductor la información en tiempo real del tráfico, donde puede ver las incidencias en las carreteras, las zonas en obras, el ritmo de los semáforos, la señalización, actualización de los mapas, las recomendaciones sobre las rutas óptimas dependiendo del tiempo o de distancias también puede favorecer conductas ecológicas como el denominado ecodriving, minimizando la contaminación del CO₂ de los vehículos en el medioambiente.

Son sistemas que pueden realizar un seguimiento y una localización de vehículos en tiempo real y adaptar la gestión del tráfico según las condiciones actuales o previstas, asimismo pueden ajustarse a situaciones especiales como la creación de un carril rápido para servicios de urgencias (ej. Policía, ambulancias, bomberos etc.)

C. Eficiencia Energética Y Medioambiente

Actualmente en las sociedades modernas la gestión de energía es un tema muy importante, ya que existe un aumento del precio de la energía por lo que se debe minimizar su consumo. Utilizando energías renovables reduciendo las emisiones de CO₂.

Hoy en día se están desplegando redes inteligentes de gestión de energía y también se están integrando fuentes de energías renovables en las redes eléctricas conocidas como Smart Energy Grid.

D. Educación Capital Humano Y Cultura

La eficiencia y eficacia de la educación en todos sus horizontes pueden ser mejoradas gracias al uso de las TIC (tecnologías de la información y las comunicaciones). Además pueden perfeccionar la conectividad y la cooperación entre los estudiantes y los centros proporcionando comunicaciones unificadas.

Las TIC permiten realizar tareas diarias desde cualquier lugar gracias a las nuevas tecnologías.

Una Smart City junto con sus contenidos se puede observar en la figura 1.1.

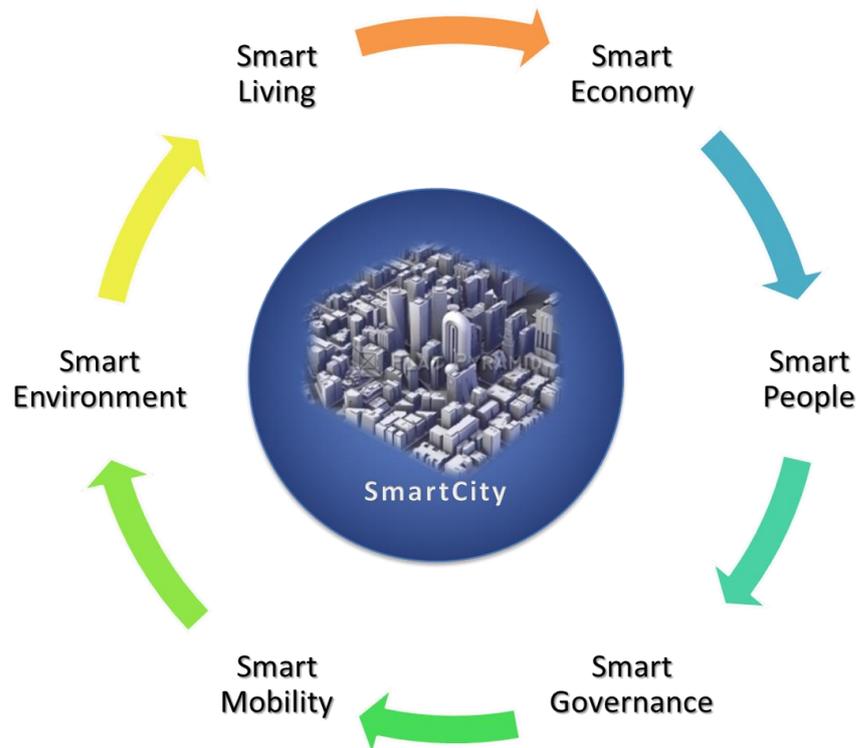


Figura 1.1: Smart City. [1]

1.2 Tecnología Smart.

Smart es un término que está apareciendo muy seguido en los últimos años generalmente cuando se adquiere algún dispositivo electrónico, como por ejemplo un celular, un auto, televisores, computadoras o incluso algunos electrodomésticos.

La Tecnología inteligente trata de dar a un dispositivo una programación lógica para que pueda responder de una manera racional a un estímulo sobre un sensor. Por ejemplo un Smart TV, consta de una programación de ahorro de energía cuando los sensores detectan que nadie esté utilizándolo, es decir pasa al modo de ahorro de energía, ajustando la resolución y el tamaño de la pantalla o también reconoce automáticamente los datos ingresados en él.

Para poder realizar todo lo mencionado anteriormente, los dispositivos cuentan con una programación en un microprocesador que es el encargado en analizar los datos de los sensores para poder responder según sus parámetros de uso en su programación.

1.2.1 Tecnologías para Smart City.

La creación de una Smart City lleva relacionada la creación de una serie de infraestructuras también dispone de mecanismos de gestión de la información tanto como diferentes plataformas, todo esto está integrado bajo una representación total, que se puede definir en cinco pasos:

- **Paso 1 Recolección de datos**

La recolección de datos se realiza utilizando sensores, actuadores y distintos dispositivos, como los móviles de los usuarios, varios dispositivos del hogar, vehículos, dispositivos de medida situados en infraestructuras fijas, como mobiliario urbano, edificios, sistemas de canalización, estaciones meteorológicas y tuberías.

Los datos pueden ser recolectados por sensores que son capaces de convertir magnitudes físicas como la temperatura, la luminosidad, la presión atmosférica y la detección de presencia de un vehículo.

- **Paso 2 Transmisión de datos**

A través de las redes de comunicación se realiza la transmisión de los datos recopilados de la ciudad. Esto se puede lograr mediante una combinación de infraestructura inalámbrica, móvil y fija dependiendo de las necesidades de movilidad, ancho de banda y latencia de la aplicación. Donde los sensores transmitirán la información a los coordinadores a través de protocolos y estos a su vez enrutarán los datos a través de líneas móviles o fijas y lo harán llegar a las bases de datos y plataformas que faciliten la provisión de los servicios, en algunas ocasiones, los propios sistemas de sensado son capaces de actuar de manera autónoma para suministrar ciertos servicios o partes del servicio sin la necesidad de conectar con el servidor central.

Se pueden plantear diferentes niveles en las comunicaciones, en una primera red de proximidad se recogen los datos de los sensores en los repetidores.

En un segundo nivel los repetidores envían los datos a otros elementos que los encaminan por la red de transporte de nivel superior denominados pasarelas, estos niveles a su vez se pueden comunicar mediante redes mesh con tecnología

inalámbrica, y luego, para conectar con la red de transporte superior se utiliza tecnologías celulares tales como GPRS o 3G. O si es el caso que la conexión sea por red fija se utiliza tecnologías como ADSL o fibra óptica.

- **Paso 3 Almacenamiento Y Análisis De Los Datos**

Se trata de almacenar en una plataforma central los datos recopilados en el entorno de la ciudad donde facilita su procesamiento posterior mediante diferentes sistemas analíticos, permitiendo utilizar posteriormente los datos por aplicaciones y servicios.

En esta capa se proporciona a la gestión de información, niveles de protección, seguridad y aseguramiento de la privacidad.

En el caso de las Smart City, en el almacenamiento de los datos se debe tener en cuenta en su diseño dos características fundamentales:

- El manejo de gran cantidad de datos en tiempo real y
- La necesidad de que la información este geolocalizada

- **Paso 4 Plataformas De Provisión De Servicios**

Los datos alimentan una Plataforma la que permite utilizar varios servicios en el ámbito de las Smart City como:

- Autenticación de los usuarios
- Permisos para acceder a datos privados
- Establecer precios en tiempo real
- Transacciones para el pago de servicios
- Almacenamiento seguro de los datos
- Facilidades para el análisis del uso de los servicios, etc.

Estas plataformas son esenciales para la construcción de una Smart City pues son las que integran la visión de la ciudad, facilitando tareas comunes.

- **Paso 5 Servicios Finales**

Los Servicios finales de la Smart City se apoyan en todas las tecnologías, infraestructuras y plataformas mencionadas anteriormente para ofrecer su valor final al cliente, los mismos que constituirá parte de esta Internet del futuro en que el uso de las TIC estará presente en todos los sectores y ámbitos de la actividad humana, haciendo el mundo más accesible y sostenible.

En la figura 1.2 se observa las tecnologías de la Smart City.



Figura 1.2: Smart City como apoyo a la evolución de las ciudades. [2]

1.3 Gestión del Tráfico.

La gestión de tráfico está basada en registrar, monitorizar y actuar sobre el tráfico rodado de las ciudades en tiempo real, permitiendo optimizar tiempos de viaje y minimizando gastos de combustible y congestión vehicular como: incidencias en carreteras, zonas de obras, sincronización de los semáforos y señalización entre otras.

Para esto se puede destacar el proyecto “MARTA (Movilidad y Automoción con Redes de Transporte Avanzadas) para la gestión inteligente de la movilidad urbana, una de las mayores iniciativas público-privadas en la historia de la investigación española, que ha contado con un presupuesto de 35 millones de euros donde participaron 18 empresas españolas, 19 centros de investigación y universidades, logrando la actuación de 8 comunidades autónomas” [6].

Donde su principal objetivo es el de reducir el número de accidentes y disminuir el impacto ambiental.

El proyecto MARTA desarrolló una profunda investigación en las comunicaciones entre:

- Vehículos con vehículos denominados (V2V) y
- Vehículos con la infraestructura denominados (V2I)

Mejorando la seguridad vial, el apoyo a la conducción, la movilidad y el medioambiente, reformando la calidad de vida del usuario dentro de la Sociedad de la Información.

Estos sistemas inteligentes de detección, permiten activar avisos visuales, auditivos y sensoriales para que este se despierte; también tienen sistemas que alertan posibles riesgos en las intersecciones y adelantamientos, en donde se utiliza comunicaciones vehículo a vehículo (V2V) de manera que si hay un vehículo obstaculizando el paso en una vía de doble sentido se avise a los otros vehículos de la zona para evitar los accidentes; también existe otro sistema donde se utiliza cámaras de visión nocturna instaladas en los vehículos para la detección de los peatones.

En la ciudad de Barcelona utilizan una aplicación llamada “Transit”, donde podemos ver el tráfico en tiempo real, permitiendo tomar la mejor ruta para seguir en la ciudad con el fin de evitar obras, congestiones, accidentes, logrando un ahorro de tiempo. También se puede obtener información vía web para ver el nivel de fluidez de la circulación, permitiendo conocer el estado de las principales vías de la ciudad, donde se puede captar imágenes por un montón de cámaras desplegadas por todos los distritos que se van actualizando cada cinco o diez minutos. Estas cámaras envían mensajes a medida que se producen incidencias excepcionales en el tráfico. Los ciudadanos que utilizan la misma zona diariamente pueden crear una lista de cámaras favoritas permitiendo un rápido acceso. En la figura 1.3 se observa los diferentes modos de funcionamiento de la aplicación Transit.



Figura 1.3: Aplicación de movilidad Tránsit (Barcelona). [7]

1.4 Sensores detectores de vehículo.

Para detectar vehículos estáticos se utilizan sensores magnéticos, ultrasonidos o infrarrojos. En general, se considera que los detectores actuales tienen un costo de instalación, consumo de energía y gastos de mantenimiento excesivos, para poder implementar una red de sensores inteligentes, para aplicaciones de gran escala y al aire libre. La característica principal de un sensor detector de vehículos es que debe funcionar libre de mantenimiento por lo menos 2 a 3 años y debe ser compacto, fácil de instalar, de bajo costo, bajo consumo de energía y robusto a factores climáticos.

Tipos de sensores:

- Sensor ultrasonido
- Sensor infrarrojo
- Sensor magnético

1.4.1 Sensor de ultrasonido

Los sensores de ultrasonido detectan la proximidad de objetos de hasta distancias de 8 metros, trabajan libres de roces mecánicos.

Este sensor emite pulsos ultrasónicos que son reflejados en un objeto donde recibe el eco producido y lo convierte en una señal eléctrica, trabajan en el aire y pueden detectar objetos de diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales que puede ser solido líquidos o polvorientos.

Los sensores de ultrasonido también trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco.

En algunas aplicaciones estos son utilizados para detectar la presencia de un vehículo en un aparcamiento donde cada detector debe estar codificado con un número de identificación de plaza donde según su color ya sea verde o rojo se puede identificar si una plaza está ocupada o desocupada, tal como se muestra en la figura 1.4.



Figura 1.4: Sensores ultrasonido. [7]

Características de los ultrasonidos

La frecuencia de ultrasonido está por encima del límite audible humano, el límite más bajo de frecuencia es 20 KHz que es aplicada para sensores de proximidad, estas dan como resultado la propagación de largas ondas mecánicas que consta de una variación periódica de la densidad del medio portador por medio de compresiones y dilataciones. La figura 1.5 nos muestra los rangos de frecuencias de ultrasonido.

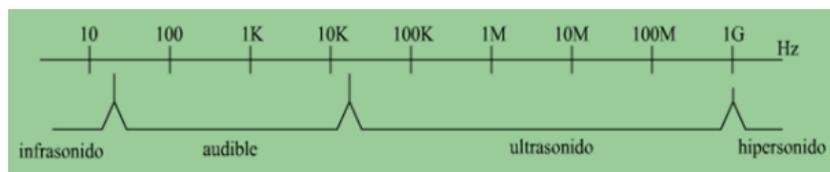


Figura 1.5: Rangos de frecuencias de ultrasonido. [15]

Funcionamiento:

El sensor de ultrasonido puede dividirse en 3 módulos:

El transductor ultrasónico

La unidad de evaluación y

La etapa de salida

Este emite ondas sónicas a cualquier frecuencia inaudible entre 30 y 300 KHz, donde en algunas ocasiones cambia de emisor a receptor. Existen filtros dentro del sensor ultrasónico que comprueban si el sonido recibido es realmente el eco de las ondas sónicas emitidas.

La velocidad de los sensores está limitada por la máxima frecuencia de recepción de pulsos que oscila entre 1 y 25 Hz, donde se genera una tensión alterna de alta frecuencia para excitar un módulo piezo cerámico a la oscilación que es activada por medio de un generador de pulsos cuando se emite el pulso de transmisión.

La medición de la distancia se calcula según el tiempo de propagación. Un generador en rampa se dispara en el momento de transmisión, donde se genera una tensión dependiente del tiempo, donde el módulo piezo cerámico es conmutado para recibir dicha tensión.

La señal ultrasónica se refleja si un objeto está presente en la zona que activa el sensor de proximidad donde recibe la señal y el generador de rampa se detiene. En este punto es evaluado el nivel de tensión y emite una señal de salida.

Ventajas:

- Rango de detección relativamente amplio (8m.)
- Detección del objeto independientemente del material y el color.
- Detección segura de objetos transparentes (botellas de vidrio).
- Relativamente insensibles a la suciedad y el polvo.
- Posibilidad de desvanecimiento gradual del fondo.
- Posibilidad de aplicación al aire libre.
- La zona de detección puede dividirse a voluntad.
- Existen versiones programables.

Desventajas:

- El sonido se desvía cuando son utilizados para superficies inclinadas.
- Reaccionan con relativa lentitud debido a que la frecuencia de conmutación está entre 1 y 125 Hz.
- Son generalmente más caros que los sensores de proximidad ópticos.

1.4.2 Sensor infrarrojo

Los sensores infrarrojos pasivos (PIR) discriminan los pequeños cambios en la radiación térmica causada por un vehículo en movimiento dentro o través del campo de visión. Se adapta un microcontrolador que controla el análisis de la señal automáticamente a las condiciones del contraste del ambiente. En la figura 1.6 se muestra un sensor infrarrojo detector de presencia.



Figura 1.6: Sensor infrarrojo detector de presencia. [7]

Características

Las características de un sensor infrarrojo es la detección multicanal, es decir, permite proporcionar información de presencia, conteo de vehículos y otras características dependiendo de la configuración que se haya establecido. También puede recoger datos para sistemas avanzados de control.

Funcionamiento:

Este sensor realiza una combinación de canales de detección estáticos y dinámicos con la óptica apropiada permitiendo ver una o más zonas de detección. Donde cada cierto tiempo la radiación térmica de un vehículo en movimiento es comparada con la radiación previa de la calzada para poder determinar la presencia de los vehículos como se ve en la figura 1.7.

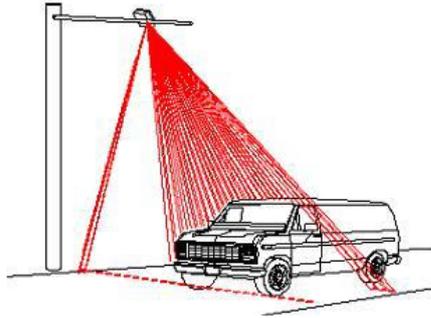


Figura 1.7: Sensor infrarrojo activo. [7]

Ventajas:

- Son rápidos y de reducido peso
- Requerimiento de bajo voltaje por lo tanto es ideal para laptops, teléfonos, etc.
- Consta de una circuitería simple

Desventajas:

- Corto alcance, el rendimiento decae con distancias más largas
- Es sensible a la luz y el clima y afecta a la transmisión
- La transmisión de datos es más baja que la cableada

1.4.3 Sensor magnético

Los sensores magnéticos son compactos, estos sensores son los más utilizados para detección de vehículos en un sistema de parqueo inteligente, debido a que tienen una alta sensibilidad para medir variaciones en el campo magnético terrestre (CMT), y pueden ser colocados encima del pavimento tal como se observa en la figura 1.8, no necesitan lentes, y son más robustos a factores climáticos como la lluvia polvo y viento que los sensores ultrasonidos e infrarrojos.



Figura 1.8: Sensor magnético ubicada en la calle Inteligente de Sant Cugat del vallès. [16]

Este sensor mide el campo magnético de la zona tal y como se observa en la figura 1.9, de forma que va ajustando su nivel de referencia a posibles cambios permanentes e interpreta las variaciones rápidas como señal del paso de un vehículo.

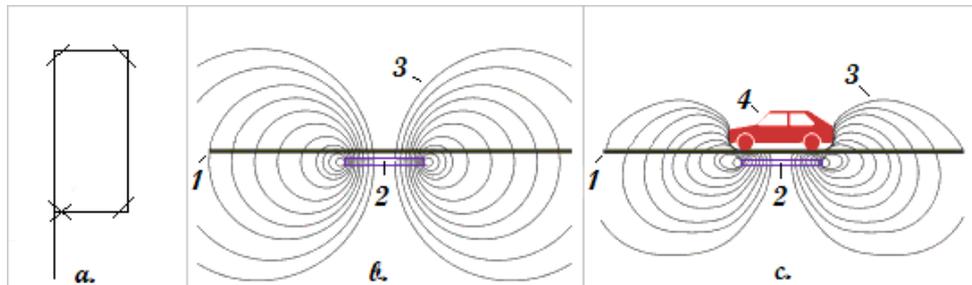


Figura 1.9: a. Diseño del bucle, b. Campo en situación de reposo, c. Campo en presencia de un objeto.

[17]

Funcionamiento:

Un vehículo tiene una permeabilidad mayor al aire que lo rodea que distorsiona las líneas de flujo del campo magnético terrestre (CMT), incrementando la inducción magnética (B) cerca del vehículo, es decir solo se requiere detectar un cambio en algunas de sus componentes del campo magnético sobre su valor base, donde la magnitud establece un umbral de comparación que determina la presencia del vehículo.

El vector de dirección del CMT cambia de horizontal a casi vertical en los polos magnéticos, por lo tanto, un sensor magnético (magnetómetro) con su eje de sensibilidad en dirección vertical (z) puede medir el valor de esa componente y detectar un cambio debido a la presencia de un vehículo, es decir cuando un vehículo se acerque al sensor, el valor de (B_z) se incrementará y cuando el vehículo se aleje B_z disminuirá de acuerdo al inverso del cubo de la distancia.

Cabe mencionar que cada vehículo tendrá una firma magnética distinta con múltiples picos. La figura 1.10 muestra una representación gráfica de la metodología propuesta para detectar un vehículo midiendo la componente B_z del CMT. [8]

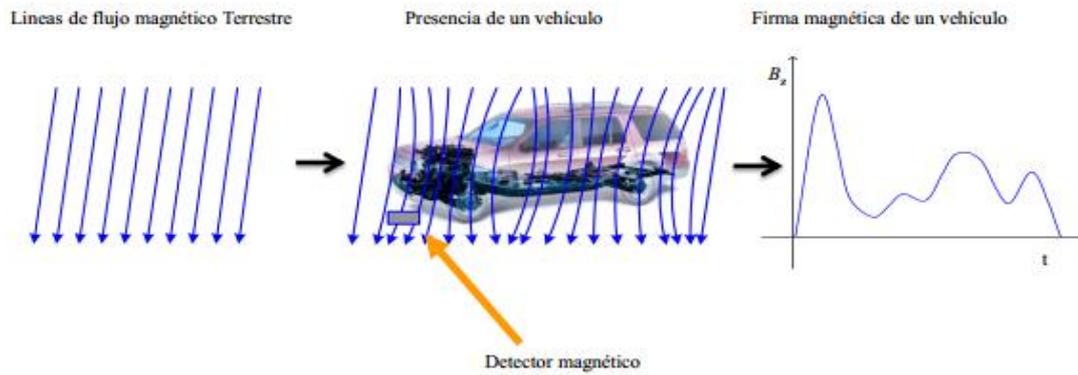


Figura 1.10: Metodología para detectar la presencia de un vehículo con un magnetómetro. [10]

Ventajas

- Su consumo es muy bajo
- Es pasivo (no emite señales de ruido)
- No se desgastan
- Tiempo de vida largo e independiente del número de detecciones

Desventajas

- Solo detectan la presencia de objetos metálicos
- Pueden verse afectados por campos electromagnéticos intensos
- El margen de operación es más corto en comparación con otros sensores

1.5 Protocolos de comunicación inalámbrica

Las tecnologías alámbricas estándares están siendo reemplazadas por las tecnologías inalámbricas Wireless por razones como el alto costo de los cables y de la mano de obra, otra ventaja al momento de implementar una red de telecomunicaciones es el bajo tiempo de implementación de los sistemas wireless, debido a que no se requiere permisos municipales.

Las tecnologías wireless ofrecen una variedad de servicios como, telefonía, internet de banda ancha, etc. Por lo tanto los servicios que eran soportadas por medios alámbricos (coaxial, cobre o fibra óptica), hoy se pueden brindar por sistemas de radio con igual o mayor calidad que los anteriores sistemas.

1.5.1 Protocolo de comunicación IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 define las especificaciones técnicas y operativas de las dos primeras capas del modelo OSI, es decir la capa física y la capa de enlace de datos, para el funcionamiento en una red WLAN (wireless local área network).

a) IEEE 802.11a

Este trabaja en la banda de 5 GHz, utiliza Multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM), divide una señal de datos en 52 subportadoras (48 subportadoras de datos y 4 subportadoras de sincronización) con canales de 20 MHz que permite tasas de transmisión de 6,9,12,18,24,36,48,54 Mbps.

b) IEEE 802.11b

Este estándar amplía la tasa de transferencia de datos hasta los 11 Mbps y opera en la banda de 2.4GHz. Utiliza el método de acceso al medio CSMA/CA, maneja velocidades reales de 5.9 Mbps en aplicaciones TCP y 7.1 Mbps en UDP, posee 11 canales de 22 MHz, maneja niveles de potencia de transmisión alrededor de los 100 mW y utiliza la técnica de espectro ensanchado por secuencia directa la cual genera un patrón de bits redundante para cada uno de los bits que se van a transmitir, proporcionando mayor resistencia a las interferencias.

c) IEEE 802.11g

Utiliza la banda de frecuencias de 2.4 GHz y maneja una velocidad teórica máxima de 54 Mbps, los equipos que trabajan con este estándar pueden utilizar cualquiera de las dos técnicas de modulación DSSS u OFDM. Es totalmente compatible con 802.11b y utiliza potencia de transmisión alrededor de 100 mW.

d) IEEE 802.11n

Es una propuesta de modificación al estándar IEEE 802.11 para mejorar significativamente el rendimiento de la red. Propone un incremento de la velocidad de transmisión de 54 Mbps hasta un máximo de 600 Mbps y puede operar en dos bandas de frecuencias 2.4 GHz y 5.8 GHz.

En la figura 1.11 se muestra una tabla comparativa de las diferentes tecnologías inalámbricas.

<i>Estándar</i>	<i>Descripción</i>	<i>Año</i>	<i>Frecuencia (GHz)</i>	<i>Tasa máx. (Mbps)</i>	<i>Alcance máx. (m)</i>
802.11	Estándar WLAN original	1997	2.4	2	100
802.11a	Estándar WLAN de alta velocidad en la banda de 5 GHz	1999	5	54	120
802.11b	Mejora velocidad respecto al 802.11 original. Adopta como nombre Wi-Fi	1999	2.4	11	140
802.11g	Establece modulación adicional para la banda de 2.4 GHz, aumentando velocidad	2003	2.4	54	140
802.11n	Mejora del alcance y velocidad en las bandas de 2.4 y 5GHz (uso de MIMO)	2009	2.4 y 5	600	200

Figura 1.11: Comparaciones de tecnologías inalámbricas. [14]

e) IEEE 802.16

El protocolo 802.16 corresponde con la tecnología conocida como WiMAX. Es una tecnología de bucle de abonado que permite la recepción de datos por microondas. Se ha hecho popular por proveer de acceso a Internet a las zonas rurales más apartadas gracias a su gran alcance. Los equipos estandarizados trabajan a las frecuencias 2.3 o 3.5 GHz, aunque también hay equipos fijos que emplean la banda de los 5.4 GHz, que obliga a que haya una visión directa entre la estación base y el receptor.

1.5.2 Internet móvil GPRS

El servicio general de paquetes vía radio es una tecnología con cierta antigüedad pero aún muy presente en las comunicaciones hoy en día. Es no orientada a conexión (por paquetes) que se añadió a GSM para permitir tráfico de datos. Se trata de un servicio best-effort, es decir, que aprovecha las ranuras que deja libre la comunicación por voz. Permite velocidades entre 56 y 144 Kbps.

1.5.3 Protocolo de comunicaciones IEEE 802.15.4

IEEE 802.15 se define como un grupo de trabajo dentro de IEEE 802, cuya especialización reside en las redes inalámbricas de área personal WPAN (wireless

personal área network). Está formado por 5 grupos, de los cuales el denominado 802.15.4 se dedica a las WPAN de baja velocidad.

La finalidad del estándar 802.15.4, es la de estandarización del nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con bajas tasas de transmisión de datos.

IEEE 802.15.4 también da servicio a un tipo de red destinada a la comunicación de dispositivos inalámbricos, que requieren baja velocidad de transferencia. Donde se puede lograr una reducción del consumo de energía de los dispositivos inalámbricos, llegando estos a ser autónomos en cuanto a la alimentación.

1.5.4 Zigbee (basado en IEEE 802.15.4)

La especificación Zigbee es un conjunto de protocolos de alto nivel para comunicaciones inalámbricas de bajo consumo basado en el estándar IEEE 802.15.4 que define las redes WPAN. Ha experimentado un gran auge gracias a la incipiente aparición del Internet de las cosas, ya que su muy bajo consumo y capacidad son perfectos para las comunicaciones inalámbricas en una red de sensores. Además, los módulos Zigbee son baratos y fáciles de fabricar y su topología en malla facilita la escalabilidad. [13]

Luego de haber estudiado el presente capítulo podemos decir que al momento de implementar una Smart City mejora la calidad de vida de los ciudadanos debido a que se incrementa la productividad logrando el crecimiento del PIB, las ciudades inteligentes utilizan diferentes dispositivos como sensores que pueden detectar varios factores como es en nuestro caso la presencia de un vehículo, estos dispositivos utilizan protocolos de comunicación inalámbrica para la transmisión de datos.

También existe otro punto muy importante para realizar nuestro diseño de infraestructura de red que es el de estudiar y analizar las calles tarifadas del casco urbano de la ciudad de Cuenca y sus características de funcionamiento, que veremos en el capítulo 2.

CAPÍTULO 2.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE PARQUEO EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE CUENCA

2.1 Descripción del problema y su resolución.

Hoy en día en la ciudad de Cuenca la población crece desmedidamente y la necesidad de obtener un automóvil es tan importante, el vehículo se ha constituido en una herramienta de trabajo, se lo adquiere para transportarse, o para otras actividades. Esto lleva a un crecimiento vehicular ya que en la mayoría de hogares existe más de un automóvil para uso cotidiano, trayendo como consecuencia una mayor contaminación ambiental, mayor consumo de combustible, pérdida de tiempo, pérdida de dinero y falta de aparcamiento.

A la fecha de nuestra investigación en Cuenca existen 495.776 habitantes y 100.000 vehículos entre matriculados y flotantes, lo que significa que en la ciudad circula un vehículo por cada cinco habitantes. [18]

Los conductores siguen infringiendo las leyes de tránsito, pese a las sanciones estipuladas en la ley de tránsito, los tres patios de retención de la EMOV-EP (Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte) están llenos de vehículos retirados, por mal estacionamiento tal como se observa en la figura 2.1.



Figura 2.1: Patios de la EMOV. [18]

2.1.1 Solución del problema por la falta de aparcamiento en el centro histórico de Cuenca

Para mejorar la falta de aparcamiento en el centro de la ciudad de Cuenca es indispensable realizar el análisis para una propuesta sobre una infraestructura de red de parqueo para el casco urbano de la ciudad de Cuenca, ya que vista desde una perspectiva del usuario puede traer consigo grandes beneficios, como disminuir la contaminación ambiental, bajar el consumo de combustible, ahorrar tiempo y el más importante, el de dar un servicio de calidad a los usuarios finales.

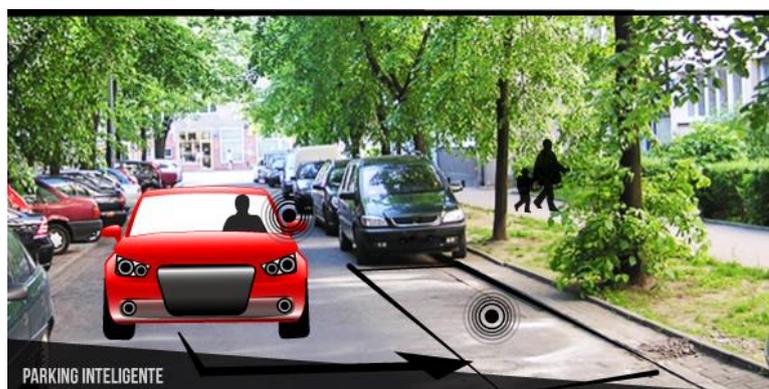


Figura 2.2: Parking inteligente. [19]

Donde los usuarios podrán ver el tráfico en tiempo real que permite conocer la mejor ruta a tomar, y no perder el tiempo buscando un aparcamiento.

2.2 Estudio de vialidad.

Para realizar el estudio de la vialidad hemos investigado acerca de las rutas que existen en el centro histórico de Cuenca, sus características y delimitaciones de las calles del centro de la ciudad.

En el anexo 1 se muestra una tabla de rutas de las calles de parqueo tarifado del centro de la ciudad de Cuenca.

2.2.1 Delimitación del Centro Histórico de Cuenca

El centro histórico de Cuenca está delimitado por las siguientes calles Huayna Cápac, Vega Muñoz, Calle Larga y Miguel Heredia tal como se puede observar en la figura 2.3.

2.2.2 Vialidad según gerente de la EMOV

Funcionarios de la empresa EMOV piensan que al realizar un diseño de infraestructura de red para gestión de parqueo inteligente en el casco urbano de Cuenca, se puede convertir en un proyecto muy viable para la ciudad y para la sociedad ya que el mismo nos permite buscar un aparcamiento de la forma más rápida y segura, donde se podrá ver el Tráfico en tiempo real, permitiendo conocer la mejor ruta a tomar, y no perder el tiempo buscando un aparcamiento, trayendo de esta manera grandes beneficios, como disminuir la contaminación ambiental, bajar el consumo de gasolina, ahorrar tiempo y el más importante, el de dar un servicio de calidad a los usuarios.

También comentaron que es un proyecto interesante ya que Cuenca es una ciudad Patrimonio Cultural de la Humanidad y sería de gran importancia implementar esta red para mejora de la ciudad ya que la mayoría de usuarios hoy en día están más actualizados en la tecnología y cuentan con un celular con plan de datos o WIFI donde podríamos descargar la aplicación o conectarnos directamente a la red, para poder visualizar los aparcamientos disponibles en tiempo real en el centro de la ciudad.

2.2.3 Rutas del Centro Histórico de la ciudad de Cuenca

A continuación se mostrará las rutas de parqueo tarifado para vehículos donde se observará las calles que son de estacionamiento tarifado y de rápida circulación.

Las calles que son de circulación rápida, es decir de prohibido estacionarse son las calles que no están pintadas de color mientras que las calles que están de color son las calles de parqueo tarifado, en el plano existen varios colores debido a que de esta manera se puede distribuir a las personas que controlan el parqueo tarifado.

En la figura 2.3 se mostrará un plano de las calles del centro histórico y sus delimitaciones en las cuales se trabajará con nuestro diseño de infraestructura de red.

2.3 Tiempos y tarifas.

2.3.1 Zonas prohibidas de estacionamiento

Las zonas de prohibido estacionamiento, son aquellas zonas que garantizan la seguridad vial, el orden y el cuidado de los bienes públicos, deben estar señalizadas vertical y horizontalmente, conforme a la planificación municipal, donde deben ser apropiadas para la circulación de peatones, ciclistas, discapacitados, etc.

En la Ordenanza Municipal de Tráfico, Circulación de Vehículos a motor, seguridad vial y régimen de uso de la vía pública del municipio de Cuenca. [20] Podemos constatar las siguientes zonas prohibidas de estacionamiento que serán tomadas en cuenta para el diseño de la infraestructura de red para el parqueo inteligente en el centro de la ciudad de Cuenca.

Está prohibido estacionar cualquier tipo de vehículo automotor en los siguientes lugares:

- a) “En las vías peatonales y pasos cebra
- b) En las vías o carriles por los que circulan sistemas de transporte público dependiendo de la dinámica de la movilidad de la Ciudad.
- c) En los carriles exclusivos para transporte público o bicicleta
- d) En las dársenas habilitadas exclusivamente para el embarque y desembarque de pasajeros.
- e) En las vías que determine la entidad de planificación de tránsito de la Municipalidad y que se encuentren debidamente señalizadas, en función de la dinámica de la movilidad de la Ciudad.
- f) En los espacios destinados a personas con discapacidad o mujeres embarazadas.
- g) En las rampas de acceso para personas con discapacidad, puertas de garaje o zonas de circulación peatonal.
- h) En los espacios destinados a estacionamiento reservado.
- i) En doble columna respecto de otros vehículos ya estacionados, junto a la acera.
- j) A una distancia menor de 6 metros de las bocacalles y de los hidrantes, así como en los espacios destinados a las paradas de transporte público y

comercial, sobre las aceras, parques, plazas, áreas de margen de ríos, jardines, parterres, zonas de seguridad, rampas de acceso para ciclistas, y lugares de ingreso a los parqueaderos privados o públicos que hayan sido autorizados y debidamente señalizados; y las demás establecidas en las Leyes y Reglamentos pertinentes”. **Art 13.**

Los espacios que son determinados para el parqueo de motos y bicicletas, no podrán ser utilizados para otro medio de transporte.

2.3.2 Vehículos mal estacionados

“Los vehículos motorizados que se encuentren estacionados en las zonas señalizadas como prohibido parqueo, serán sancionados y retirados por las grúas autorizadas por la EMOV – EP hasta los patios de custodia”. **Art 15.**

No existe período de tolerancia en las zonas de prohibido estacionarse por lo que los vehículos motorizados serán sancionados y retirados.

Donde luego su propietario deberá cancelar todos los valores pendientes de pago que se adeude a la EMOV–EP, si en caso los tiene, o proseguirá a retirar su vehículo previa cancelación de la infracción.

Las zonas, que no se encuentren señalizadas como zonas tarifadas o zonas prohibidas, se entienden autorizadas para parqueo.

2.3.3 Zonas de Estacionamiento Rotativo Tarifado (Zonas tarifadas)

Una zona de estacionamiento rotativo tarifado es el espacio público destinado al aparcamiento vehicular motorizado por un tiempo determinado, previa la cancelación de una tasa establecida. Las zonas tarifadas estarán señalizadas de manera horizontal y vertical, indicando el horario en que el SERT (Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado) está en operación y el tiempo máximo de parqueo permitido.

La aprobación de las zonas tarifadas la realizará la entidad municipal de planificación de tránsito según las políticas generales y de conservación de las áreas patrimoniales.

El Directorio de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca–EMOV-EP, conocerá el informe técnico, económico y social respectivo que respalde dicha determinación. [20]

2.3.4 Horarios de operación de parqueo tarifado

Los horarios de operación y control del parqueo en las zonas tarifadas según corresponda a cada sector, serán definidos por la EMOV-EP en coordinación con la entidad municipal correspondiente. El usuario tendrá diez minutos de tolerancia, desde el momento en que estaciona el vehículo en la zona tarifada, para adquirir, llenar y colocar en su vehículo la tarjeta prepago o cualquier otro mecanismo de control que sea implementado por la EMOV-EP. La operación y control del SERT estará a cargo de la EMOV-EP.

2.3.5 Tiempo máximo de estacionamiento

El tiempo máximo de parqueo en las zonas tarifadas será fijado por la EMOV-EP para cada sector; una vez transcurrido el tiempo indicado, se procederá a la aplicación de la respectiva sanción.

“El tiempo máximo de parqueo permitido podrá variar por zonas y por horarios con el respectivo sustento técnico, en función de la dinámica de la movilidad de esa zona de la Ciudad.”. **Art 11.**

2.3.6 Vehículos retirados

Los vehículos motorizados que incumplan con lo dispuesto con respecto a las zonas de estacionamiento prohibido serán retirados por un vehículo autorizado por la EMOV-EP y llevados hasta el patio de custodia, el funcionario encargado colocará la notificación en un lugar visible de la vía, indicando la dirección exacta del patio de custodia, hora de la intervención, lugar, fecha, identificación del vehículo, número de placa, marca, color, la falta cometida, valor de la falta, código y firma del funcionario. En este caso, previo al retiro o liberación del vehículo del patio de custodia.

“El funcionario autorizado realizará el respaldo fotográfico o en video necesario que permita identificar al vehículo en las condiciones en que se encontraba antes de ser retirado, y el lugar en el que se cometió la infracción”. **Art 3.**

2.3.7 Tasas aplicables al SERT (Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado)

SERT es la entidad destinada de realizar el cobro de la tasa fijada y el control de la ocupación de un espacio de parqueo tarifado en cualquiera de las modalidades contempladas en esta norma.

“El sujeto activo de las tasas de esta ordenanza es la Empresa de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca, EMOV-EP, el sujeto pasivo es toda persona natural o jurídica, que utilice el sistema de estacionamiento rotativo tarifado del cantón, en cualquiera de las modalidades previstas en esta ordenanza”. **Art 33-34-35.**

2.3.8 Tarifa o tasa de SERT

La tasa base del SERT será de 0,25 centavos por el uso de una plaza de estacionamiento, por media hora o fracción de media hora.

“El Directorio de la EMOV-EP podrá fijar tasas especiales de mayor valor, en función de las políticas de movilidad de la ciudad, la conservación de las áreas históricas patrimoniales y los horarios de aplicación del SERT”. **Art 36.**

En ningún caso las tasas especiales podrán superar el 150% del valor fijado para la tasa base.

2.3.9 Tarifa mensual

En el caso de requerir una plaza de parqueo tarifado mensualmente por arrendamiento tendrá un valor del 50% de un salario básico unificado.

Previo a la celebración del contrato se contará con el informe técnico de factibilidad emitido por el área responsable de la EMOV-EP, en donde se valorará necesariamente el cumplimiento simultáneo de las siguientes condiciones:

- a) Que no existan más de dos plazas de parqueo bajo esta modalidad en la misma cuadra.

b) Que se justifique la necesidad del espacio ya sea por la naturaleza del negocio o por razones de seguridad.

“Las instituciones públicas, que no cuenten con parqueadero, podrán solicitar a la EMOV-EP la asignación gratuita de hasta tres espacios de parqueo en zonas tarifadas, siempre que sean utilizados exclusivamente para vehículos del servicio de la institución. La EMOV-EP proporcionará la identificación correspondiente”. **Art 37.**

2.3.10 Mecanismos De Cobro

El cobro se realizará mediante el mecanismo definido por la EMOV-EP. “La comercialización, distribución y venta de las tarjetas u otro medio para funcionamiento del SERT, estará a cargo de la EMOV-EP, garantizando el acceso a las y los usuarios en las distintas zonas y horarios establecidos”. **Art 40.**

“El porcentaje de descuento a distribuidores de las tarjetas u otro medio, será establecido por el Directorio de la EMOV-EP, en función del análisis económico - financiero, presentado por el área responsable y la Subgerencia Financiera de la Empresa”. **Art 41.**

La venta de las tarjetas u otro medio, estarán obligatoriamente identificados con la señalética establecida y entregada por la EMOV-EP, el usuario tendrá acceso a la información sobre el uso de las tarjetas u otro medio, las tasas, sanciones, y en general sobre el funcionamiento del SERT.

Exoneraciones

Los vehículos institucionales como: Corporación Municipal de Cuenca, Policía Nacional, Cuerpo de Bomberos, Cruz Roja, Ejército Nacional, Empresa Eléctrica, ambulancias públicas o privadas, que se encuentren cumpliendo tareas operativas relacionadas con sus funciones, tendrán derecho al salvo conducto para su exoneración previa solicitud a la empresa EMOV-EP.

Para la obtención del salvo conducto se deberá entregar una solicitud dirigida a la Gerencia General en la que constará el detalle de las actividades habituales

operativas para las que es requerido el vehículo; y adjuntar la siguiente documentación:

- Matrícula del vehículo para el cual solicita el salvoconducto
- Certificado actualizado de no adeudar a la EMOV EP por parte de la Institución requirente.
- Contrato con la institución a la que sirve (en caso que el vehículo no sea de propiedad de la institución)
- Devolución del salvoconducto anterior, en caso de renovación.

El estacionamiento de estos vehículos se los hará en los espacios y por el tiempo máximo permitido.

El salvo conducto tendrá vigencia por un año a partir de la fecha de expedición.

“El salvoconducto en ningún caso autoriza al estacionamiento en las zonas prohibidas señaladas en esta ordenanza”. **Art 45.**

2.4.1 Tasa personas con discapacidad

“Las personas con discapacidad, serán beneficiarias de un salvo conducto para el vehículo en el que se movilizan habitualmente que les facultará para ocupar los espacios de parqueo reservados, debidamente señalizados por la EMOV-EP, cumpliendo con el tiempo máximo de parqueo permitido”. **Art 46.**

Para la obtención del salvoconducto dirigirá una solicitud a la Gerencia General, adjuntando la siguiente documentación:

- Original y Copia a colores del carnet del CONADIS
- Original y copia a colores de la Matrícula del vehículo para el cual solicita el salvoconducto
- Certificado de no adeudar a la EMOV EP.

El salvoconducto tendrá vigencia hasta el cambio de dominio del vehículo.

2.4.2 Personas residentes

Las personas residentes en los sectores donde opera el SERT, y que no posean garaje, podrán obtener un salvo conducto que permita el estacionamiento hasta por

tres horas diarias, en el horario y zona que se convenga con la EMOV-EP. Para obtener este salvoconducto, el residente emitirá una solicitud a la Gerencia General, adjuntando la siguiente documentación:

- Documento que acredite que el peticionario es residente del sector (original y copias de: pago del predio urbano actualizado a nombre de quien requiere el salvoconducto, en caso de ser arrendatario: contrato de arrendamiento)
- Original y Copia a colores de la matrícula del vehículo
- Original y Copia a colores de la cédula de identidad
- Certificado actualizado de no adeudar a la EMOV EP
- Devolución del salvo conducto anterior, en caso de renovación.

El salvo conducto tendrá vigencia por un año a partir de la fecha de expedición.

“Para el caso de residentes cuyo ingreso a su parqueadero se encuentre con frente a carril exclusivo de transporte público, la EMOV-EP otorgará el salvoconducto que le permita ingresar a su parqueadero y salir del carril en el primer giro permitido. El salvoconducto no podrá usarse para el parqueo en estos carriles”. **Art 47.**

“El salvo conducto emitido por la EMOV EP será de uso exclusivo para el vehículo para el cual fue solicitado.” **Art 48.**

La persona o institución que realiza el trámite para la obtención del salvo conducto, debe garantizar el uso apropiado del mismo.

“En caso de registrarse uso indebido del salvo conducto, ya sea utilizándolo para un vehículo distinto al autorizado o alterando la información constante en el mismo, el vehículo será sancionado con la multa fijada en esta ordenanza. La reincidencia implicará el retiro definitivo del salvoconducto y la persona o institución que lo tramitó no podrá volver a beneficiarse del mismo”. **Art 49.**

“Si el vehículo autorizado con el salvo conducto cambia de propietario termina esta habilitación automáticamente. El uso indebido del mismo acarreará la sanción por mal uso descrita en esta Ordenanza”. **Art 50.**

Tabla de valores de Infracciones

A continuación se mostrara los distintos tipos de infracciones y sanciones.

2.5.1 Infracciones Y Sanciones

La EMOV-EP, sancionará a la o el usuario que incumpla las disposiciones de la presente Ordenanza. Las sanciones serán fijadas en proporción a la remuneración básica unificada mensual tal como se puede observar en la tabla 2.1 del Anexo 2.

Recapitulando, como vimos anteriormente existen distintas Ordenanzas Municipales de Tráfico, Circulación de Vehículos a motor, seguridad vial y régimen de uso de la vía pública del municipio de Cuenca, es por eso que para nuestro diseño de “infraestructura de red de parqueo inteligente” es muy importante estudiar y analizar cada uno de sus normas de parqueo tarifado para el casco urbano de Cuenca que pueden influir en nuestro diseño como es el caso de los números de espacios de estacionamiento tarifado, zonas de prohibido estacionamiento, horarios de operación, tiempos máximos de estacionamiento, tarifas o tasas de SERT, infracciones, sanciones y personas residentes.

Para nuestro proyecto se utilizaran las mismas normas mencionadas anteriormente debido a que el objetivo principal de nuestro diseño es el de digitalizar y automatizar los espacios de estacionamiento logrando ver cada espacio en tiempo real mediante una aplicación diseñada mejorando la cultura y calidad de vida del usuario permitiéndole a la ciudad de Cuenca convertirse en una Smart City.

CAPITULO 3

TOPOLOGÍA DE LA RED

3.1 Introducción

En los últimos años la ingeniería ha evolucionado de manera vertiginosa, creando dispositivos cada vez más rápidos, pequeños y versátiles, donde estos dispositivos carecieran de sentido de no ser por la implementación de infraestructuras tanto físicas como lógicas que permitan su interconexión. Por lo tanto se ha ido desarrollando toda clase de redes de interconexión LAN (Redes de Área Local) o WLAN (Redes de Área Local Inalámbrica).

En nuestro diseño de infraestructura de red utilizaremos redes inalámbricas de área personal (WPAN) y redes de sensores inalámbricas (WSN) concretamente en las de baja tasa de transmisión y bajo consumo debido a que nuestra red está equipada con sensores que están distribuidos en un área determinada y estos trabajan con el estándar IEEE 802.15.4 ya que por su bajo consumo y capacidad son perfectos o ideales para las comunicaciones inalámbricas en una red de sensores. [30]

3.2 Redes De Área Personal Inalámbricas WPAN

Las redes inalámbricas WPAN se definen en 3 tipos, en función del ámbito de aplicación de las mismas:

3.2.1 *WPAN de alta velocidad*

Esta utiliza el protocolo IEEE 802.15.3, y se usan principalmente para aplicaciones en tiempo real y multimedia. Su tasa de transmisión es de 55 Mbps.

3.2.2 *WPAN de media velocidad*

Esta redes maneja el protocolo IEEE 802.15.1 (bluetooth), son usadas principalmente para sustituir cables por enlaces inalámbricos en conexiones de corta distancia su velocidad alcanza los 3 Mbps.

3.2.3 WPAN de baja velocidad

Se los conoce como LR-WPAN (Low Rate Wireless Personal Área Network), utilizan el protocolo IEEE 802.15.4, su tasa de transmisión es de 250 Kbps. Dan respuesta a aplicaciones muy específicas es decir donde no es necesario una gran velocidad de transmisión o en aplicaciones donde los nodos de red estén alimentados por baterías y el consumo de potencia sea un parámetro crítico.

3.3 Redes De Sensores Inalámbricas WSN

Son redes que proporcionan conectividad inalámbrica a un conjunto de sensores asignados en un área determinada realizando alguna tarea específica como:

- Medición de fenómenos atmosféricos
- Seguimiento de objetos
- Monitorización de estructuras
- Detección de eventos entre otros “detección de vehículos”

Estos dispositivos se comunican con otros nodos conectados en la red, recopilando la información de los sensores y realizando algún tipo de procesamiento.

Por lo tanto es necesario minimizar su consumo para que funcionen durante el mayor tiempo posible sin reemplazar las baterías que lo alimentan, debido a que estos sensores están colocados en lugares de difícil accesibilidad. [29]

Características

- Permiten formar redes ad-hoc sin infraestructura física ni administración central
- Los nodos pueden actuar como emisores, receptores o routers
- Debido a su reducido consumo de energía y memoria funcionan con baterías operando sin mantenimiento durante varios años
- Utilizan comunicaciones multisalto cuando no existe línea de vista entre dos nodos
- Son nodos auto-configurables, presentan una alta fiabilidad y una alta tolerancia a fallos
- Son utilizados por su bajo costo

3.3.1 Arquitectura

Cada vez que se produce un evento la información es transformada en digital en el mismo nodo y transmitida fuera de la red vía un elemento Gateway a una estación base, donde la información pueda ser almacenada y tratada temporalmente para luego acabar finalmente en un servidor con mayor capacidad que permita realizar un análisis de datos. [22]

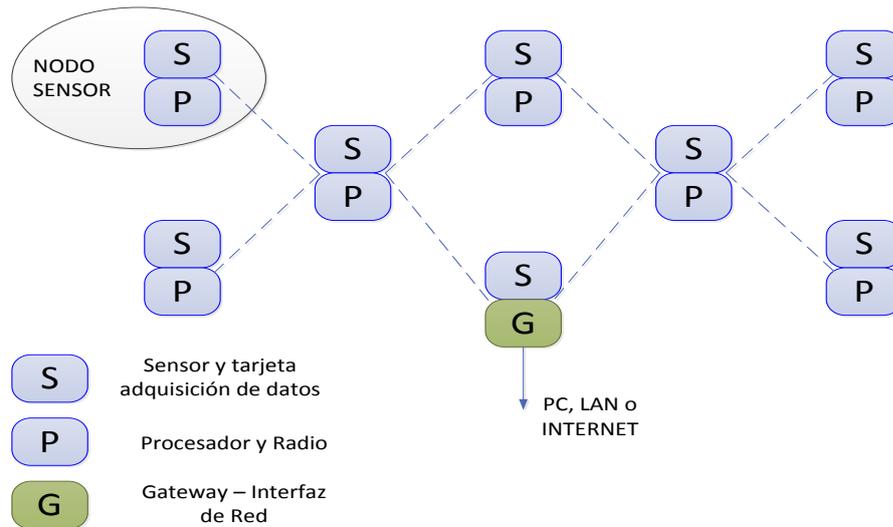


Figura 3.1: Arquitectura de una red de sensores inalámbricos

Por lo tanto en una WSN podemos encontrar los siguientes elementos:

- **Nodo sensor**

Está compuesto por un procesador y radio también consta de una placa de sensores que funcionan conjuntamente a través de un conector de expansión para la adquisición de datos.

- **Gateway o pasarela**

Son elementos designados a la interconexión entre la red de sensores y una red de datos (TCP/IP).

- **Estación base**

Recolecta datos en un ordenador común o sistema integrado.

3.4 Protocolo de comunicaciones IEEE 802.15.4

El estándar 802.15.4 tuvo como finalidad la estandarización del nivel físico y control de acceso al medio de redes WPAN que trabajan a bajas tasas de transmisión de datos a bajas velocidades.

De esta manera obtiene una reducción del consumo de los dispositivos inalámbricos, logrando alcanzar grandes periodos de tiempo siendo autónomos en cuanto a la alimentación. [4]

Características

Las características más importantes son:

- Doble capa física (2.4GHz y 868/915MHz)
- Velocidad de envío de datos de 20 kbps a 250 kbps
- Existe optimización de energía gracias a su bajo ciclo de trabajo
- Acceso a canal CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access an Collision Avoidance o Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Prevención de Colisiones)
- Reducido consumo de energía
- Puede formar parte de varias topologías como: star, cluster tree, mesh
- Es capaz de direccionar 65535 dispositivos
- Tiene un alcance de 1 a 75m.

Fue creado exclusivamente para las comunicaciones que requieran el bajo consumo de energía, flexibilidad de la red y el bajo costo de desarrollo. Tiene grandes funcionalidades a niveles industriales como en aplicaciones domóticas donde se han alcanzado grandes avances.

IEEE 802.15.4 maneja dos tipos de dispositivos:

3.4.1 Dispositivos de Funcionalidad Total (Full-Function Device o FFD).

Es un dispositivo que actúa como repetidor o dispositivo final, tiene un modelo de comunicación que permite realizar un intercambio con cualquier otro dispositivo. En

una red de área personal (PAN) funciona como coordinador donde es el responsable de su red, sincronizando sus nodos mediante envío de Beacons.

3.4.2 Dispositivos de Funcionalidad Reducida (Reduced-Function Device o RFD).

Es un dispositivo de bajos recursos, es decir tiene comunicaciones limitadas se puede comunicar solo con dispositivos FFD y no pueden ser coordinadores.

3.4.3 Diferencias entre FFD-RFD

La diferencia entre estos dos tipos de dispositivos es que mientras que los FFD tienen acceso al uso de todos los servicios de la MAC, los dispositivos RFD tienen un acceso limitado a esos servicios.

3.5 Miembros de una red IEEE 802.15.4

Los miembros de una red IEEE802.15.4 son:

3.5.1 Coordinador PAN

- Es un dispositivo FFD donde existe uno por red.
- Gestiona las comunicaciones entre los elementos de la misma.

3.5.2 Router

- Es un dispositivo FFD y puede haber varios en cada red.
- Se asocia con el coordinador de la red o con otro router.
- Puede actuar como coordinador.
- Es el encargado del enrutamiento de saltos múltiples de los mensajes.

3.5.3 Dispositivos Finales

- Se trata de un dispositivo RFD el cual solo se comunica con nodos FFD.
- No realiza ninguna tarea de enrutamiento.
- Pueden existir múltiples dispositivos finales en una misma red.

En una red 802.15.4 puede haber hasta 254 nodos. No obstante, según la agrupación que se haga, se pueden crear hasta 255 conjuntos (clusters) de nodos, con lo cual, se puede alcanzar un total de 64770 nodos [2].

Estas redes abarcan grandes superficies debido a un encaminamiento o enrutamiento de saltos múltiples, también conocido como multi-hop.

3.6 Capas del estándar IEEE 802.15.4

En la figura 3.2 se exponen las capas a las que hacen referencia en el estándar IEEE 802.15.4

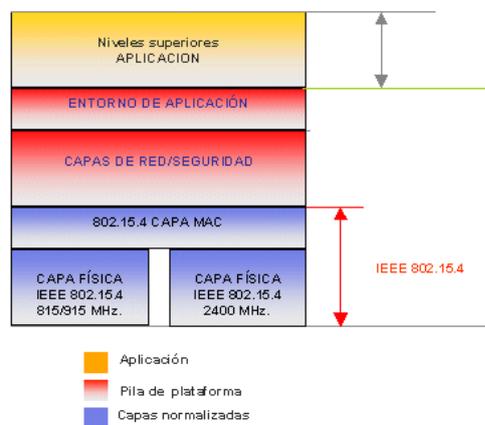


Figura 3. 2: Capas de IEEE 802.15.4. [14]

La capa física es la encargada de interactuar tanto con el medio de transmisión de la red como con la capa MAC, proveyéndola de dos servicios:

- Servicio de datos PHY
- Servicio de Administración

Los servicios de datos PHY (Protocol Physical Layer) habilitan la transmisión y recepción de Unidades de Datos del Protocolo (protocol data unit, PPDU), mientras que el servicio de Administración brinda los mecanismos para el control y configuración de la interfaz de radio desde la capa MAC.

IEEE 802.15.4 ofrece dos opciones de servicios de datos (PHY) que combinan con la MAC para permitir un amplio rango de aplicaciones de redes. Las dos variantes se basan en métodos de Secuencia Directa de Espectro Extendido (direct sequence spread spectrum, DSSS), que se caracteriza por sus bajos costos de implementación

digital, y ambas comparten la misma estructura básica de paquetes con operaciones de bajo consumo de energía. [14]

3.6.1 Diferencias entre las dos capas físicas

Las principales diferencias entre las dos capas se detallan a continuación:

- **Capa física a 2.4 GHz**
 - Especifica la operación en la banda Industrial, médica y científica (ISM).
 - Está disponible en todo el mundo.
 - Permite una transmisión de 250kbps
- **Capa física a 868/915 MHz**
 - Utiliza la banda de 865 MHz en Europa y 915 MHz en la banda ISM en los EEUU.
 - Sus rangos de transmisión son de 20kbps y 40 kbps respectivamente.

La baja densidad de datos en la capa física a 868/915 MHz se utiliza para lograr mayor sensibilidad y mayores áreas de cobertura, donde se reduce el número de nodos requeridos para cubrir una área geográfica. El rango superior de transmisión en la capa física a 2.4 GHz se utiliza para obtener salidas superiores y de poca latencia.

El estándar IEEE 802 divide la Capa de Enlace de Datos en dos subcapas diferenciadas:

- Sub-capas de enlace al Control de Acceso al Medio (Medium Access Control, MAC)
- Sub-capas de Control de Enlaces Lógicos (Logical Link Control, LLC)

La diferencia de IEEE 802.15.4 respecto al resto de estándares IEEE 802 reside en la subcapa MAC, ya que la subcapa LLC es común a todos ellos. La subcapa MAC depende del hardware y varía respecto a la implementación física de esta capa. [4]

Características principales MAC IEEE 802.15.4

Las características principales del MAC IEEE 802.15.4 son:

- Asociación/Disociación,
- Reconocimientos De Entrega De Trama (ACK),
- Mecanismos De Acceso Al Canal,
- Validación De Trama,
- Control De Garantía De Ranuras De Tiempo (Slot Time),
- Control De Guías (Beacon), y
- Barrido De Canal.

La subcapa MAC ofrece servicios a las capas superiores como:

- Servicio de Datos MAC (MCPS)

Permite enviar y recibir datos a la siguiente capa superior.

- Servicio de Administración MAC (MLME)

Brinda mecanismos para el control y configuración de comunicaciones, interfaz de radio y creación de redes desde la siguiente capa superior.

3.7 Tipos de tramas

La información se encapsula en 4 tipos distintos de tramas, que son:

3.7.1 *Data Frame*

Esta trama se utiliza para la transferencia de datos, donde la trama empieza con un encabezado de sincronización (SHR, Synchronization Header), seguido por la capa física que indica la longitud del paquete (PHR Phy Header), y la capa física de la unidad de servicio de datos (PSDU, Phy Service Data Unit)

3.7.2 *Acknowledgment Frame*

Se la conoce también como trama de asentamiento (ACK), en esta se confirma la recepción de los datos mediante el receptor del paquete hacia el emisor, después de realizar una transmisión, donde se establece un tiempo antes de realizar una transmisión nueva, es aquí donde la red envía las tramas de asentamiento ACK.

3.7.3 MAC Command Frame

Es utilizada para el control de la MAC, donde el encargado de construir y gestionar la red es el coordinador, que requiere de tramas de comandos MAC para enviar información de configuración y control hacia los distintos dispositivos que constituye la red independientemente del tamaño que tenga la misma para comenzar el intercambio de datos.

3.7.4 Beacon Frame

La utiliza el coordinador para transmitir “Beacons” su característica principal es el ahorro de energía, es decir los nodos pasan a un estado dormido (sleep) cuando no participan en ninguna transferencia de datos, esperando recibir una señal o Beacon frame para despertar y esperar la llegada de información por el canal de transmisión, si no recibe ninguna trama o señal este pasa de nuevo a su estado dormido o modo sleep, de este manera tendremos a todos los nodos sincronizados sin necesidad de que los nodos estén activos a la espera por un canal de transmisión logrando un importante ahorro de energía.

En la figura 3.3 se muestra la estructura de la trama 802.15.4

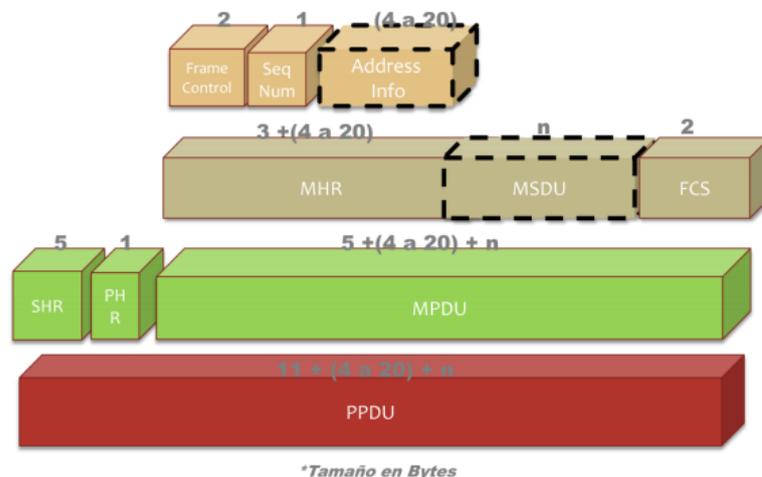


Figura 3.3: Estructura de la trama 802.15.4. [14]

Existen dispositivos que trabajan en la banda de 2.4 GHz que pueden tener interferencias causados por otros servicios que son tolerables en aplicaciones que trabajan con el protocolo 802.15.4 donde requiere:

- Una comunicación síncrona
- Baja calidad de servicio
- Para completar la transmisión de paquetes realiza varios intentos

El principal requerimiento es la larga duración de las baterías que se obtiene gracias a la poca energía de transmisión y pocos ciclos de servicio.

Debido a que los dispositivos pasan el 99% de tiempo en estado dormido y en el espectro extendido ocupan transmisiones baja energía, es evidente que trabajen a 2.4 GHz a pesar de sus interferencias. [29]

3.8 Protocolo de comunicación Zigbee

Zigbee fue creado a mediados del año 2003, este protocolo opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz y puede transferir datos hasta 250 Kbps, tiene un alto nivel de comunicación inalámbrica.

En la figura 3.4 se observa la pila de capa Zigbee.



Figura 3.4: Pila de capa Zigbee. [4]

3.8.1 Características básicas de protocolo Zigbee

- Puede configurarse con diferentes topologías estrella, árbol y malla.
- Menor potencia y menor costo que otras redes inalámbricas WPAN
- Potencia de transmisión 1 mW
- Los nodos están gran parte del tiempo dormido
- Larga duración de las baterías (2 años)
- Rango de alcance de 10 a 100 metros

- Tasa de bits entre 20-250 Kbps
- Permite un total de 65534 nodos/red

“El consumo energético en el dispositivo es directamente proporcional al tamaño de los paquetes y la cantidad de datos transmitidos”. [4]

Zigbee es utilizado para aplicaciones que hacen referencia a la Smart City, este permite encontrar módulos de diferentes fabricantes y conectarlos a la red sin tener ningún tipo de incompatibilidad.

3.8.2 Consumo de energía transmitiendo y en reposo tecnologías inalámbricas

En la figura 3.5 se puede observar su consumo cuando está transmitiendo.

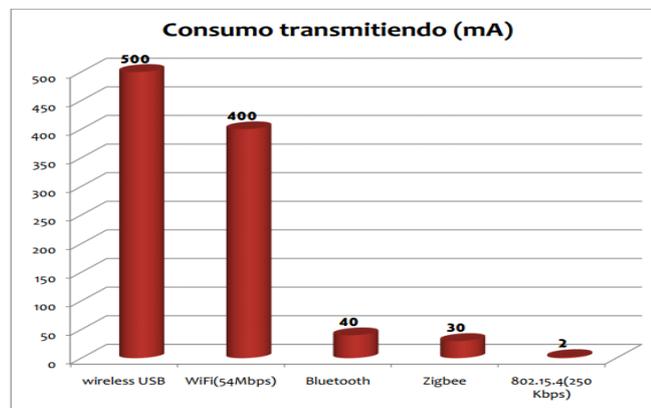


Figura 3.5: Consumo transmitiendo de las tecnologías inalámbricas. [23]

En la figura 3.6 se muestra el consumo en reposo de las tecnologías inalámbricas

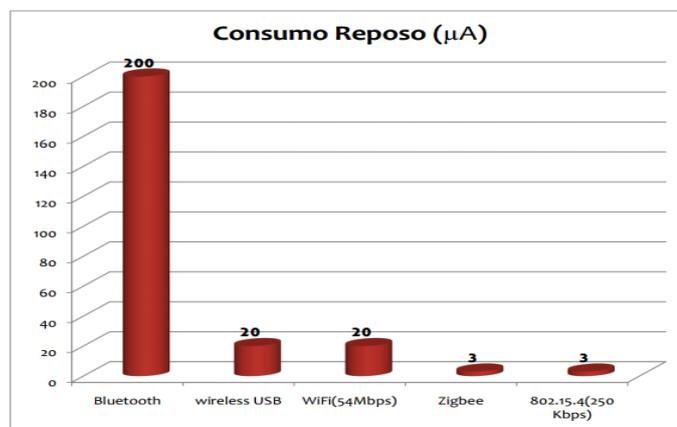


Figura 3.6: Consumo en reposo de las tecnologías inalámbricas. [23]

Zigbee se basa en la norma IEEE 802.15.4 que implementa la capa física (PHY) y MAC. Esta tecnología está marcada dentro de un subgrupo de las redes de área personal (WPAN) de baja velocidad de transmisión, orientada a redes de sensores inalámbricos conocidos como WSN. [4]

3.9 Topología de una red inalámbrica

Una red inalámbrica puede configurarse en cualquiera de las siguientes topologías:

- Topología en estrella
- Topología peer to peer

3.9.1 Topología en estrella

Es utilizada para aplicaciones de control y monitorización, redes inalámbricas de sensores, seguridad centralizada o agricultura inteligente, consta de varios dispositivos que se interconectan a un nodo central o coordinador de red que es el principal controlador de la WPAN, este inicia y termina las conexiones es decir que cualquier comunicación que existe entre dos nodos debe pasar por el coordinador, también establece el área de cobertura que está determinado por el alcance de radio del coordinador. [29]

3.9.2 Topología punto a punto

En la topología punto a punto cada nodo de la red puede comunicarse con los demás nodos siempre y cuando estén dentro de su área de influencia, donde uno de los FFD de la red debe asumir el papel de coordinador PAN.

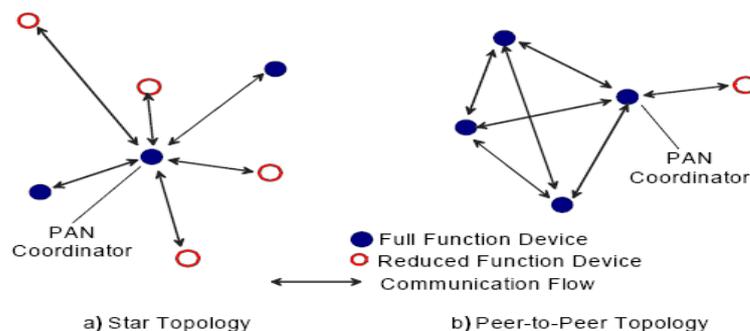


Figura 3.7: Topología en estrella y punto a punto. [30]

Los dispositivos de que retransmiten los mensajes en este tipo de red son los FFD. Mientras que los RFD solo pueden ser nodos finales es decir pueden comunicarse con un único dispositivo que puede ser el coordinador o el router los mismos que son los encargados de encaminar los mensajes hacia su destino

Las redes punto a punto se pueden configurar siguiendo distintas topologías, dependiendo de las restricciones que se apliquen a los dispositivos que se unen a ellas.

3.9.3 Topología en malla

En la topología en malla cada FFD puede comunicarse con el resto de FFD de la red que estén dentro de su área de cobertura y con los RFD que estén relacionados a él, la principal ventaja de esta topología es que al momento de transmitir un mensaje desde un nodo final hacia otro nodo, si deja de funcionar un router intermedio, puede encontrar un camino distinto para lograr envió de la información.

3.9.4 Topología de árbol

Después de haber determinado un FFD como coordinador PAN los router que se van uniendo a la red lo hacen siguiendo una determinada estructura jerárquica de manera que puede prestar servicios a varios nodos del nivel inferior, pero solo puede depender de un único nodo de nivel superior.

Esta topología se parece a la ramificación de un árbol, donde el coordinador PAN es la raíz, los enlaces entre routers formarían las ramas y los nodos finales serían las hojas, tal como se puede observar en la figura 3.8

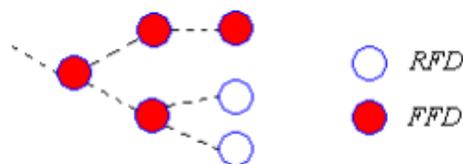


Figura 3.8: Topología de árbol. [29]

3.10 Tecnologías Habilitadoras

A continuación veremos algunas tecnologías que utilizaremos para realizar nuestro diseño de infraestructura de red.

3.10.1 Placas de Sensores Waspnotes

Para la realización de nuestro proyecto hemos decidido utilizar placas de sensores de la compañía Libelium que es una empresa creada por dos ingenieros de la Universidad de Zaragoza, Alicia Asin y David Gascón. La misma que está especializada en el diseño y construcción de placas y sensores Waspnotes lanzados al mercado en el año 2009. [23]

A. Waspnote

Es una placa básica que se compone de elementos mínimos para poder ejecutar programas, también permite añadir módulos que amplíen sus prestaciones.

Las placas Waspnote cumplen con las siguientes características:

Microprocesador	ATmega 1281
Velocidad	8 MHz
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
FLASH	128 KB
Tarjeta micro SD	Hasta 2GB
Peso	20gr
Dimensiones	73.5x51x13mm
Rango de temperatura	-20°C hasta +65°C
Reloj	RTC (32KHz)

Tabla 3.1: Característica de la placa Waspnote. [26]

La placa Wasmote tiene conectada un módulo de comunicaciones GPRS y un módulo de comunicaciones Zigbee (la que contiene la antena) tal como se puede observar en la figura 3.9.



Figura 3.9: Placa Wasmote. [23]

Los componentes más importantes de una placa Wasmote son:

- Interruptor ON-OFF
- Mini USB para conectarse a un PC
- Socket Xbee para conectarse a un módulo de comunicaciones
- Socket tarjetas micro SD
- Acelerómetro incorporado y sensor de temperatura
- Batería auxiliar (para funciones de apagado y alarma Wasmote)

Además de la placa Wasmote Libelium ofrece otros productos relacionados con estas placas tales como módulos de comunicaciones 802.15.4 Zigbee, WIFI, 3G+GPS, GSM/GPRS, Bluetooth, RFID/NFC, que pueden ser conectados en un módulo de expansión de comunicaciones sobre un Wasmote al mismo tiempo.

En la figura 3.10 podemos observar el módulo 802.15.4, WIFI, GSM/GPRS y RFID/NFC



Figura 3.10: Módulo 802.15.4, WIFI, GSM/GPRS y RFID/NFC. [23]

También dispone de un Gateway de conexión USB que permite capturar los paquetes que se están transmitiendo, en la figura 3.11 observamos el Gateway con un módulo 802.15.4 montado.



Figura 3.11: Gateway con un módulo 802.15.4 montado. [23]

Además de las placas de sensores y módulos de comunicaciones existe otro producto de la empresa Libelium llamado Meshlium.

B. Meshlium

Es un router Linux que funciona como un Gateway (puerta de enlace) de la red de sensores Waspnote como se observa en la figura 3.12. Este es un ordenador que conecta múltiples interfaces:

- Zigbee/802.15.4
- Bluetooth
- WIFI 2.4GHz
- WIFI 5 GHz
- 3G/GPRS
- Xbee Digi Mesh 802.15.4 a 2.4 GHz



Figura 3.12: Meshlium junto a Waspnotes. [23]

Meshlium también dispone de un GPS y un puerto Ethernet. Consta de varios métodos de alimentación como conexión a la red eléctrica, conexión al encendedor de un vehículo o conexión a un panel solar. También consta de una carcasa de aluminio para uso exterior.

Tiene un procesador de 500 MHz, una memoria RAM DDR de 256 MB y entre 8 y 32 GB de almacenamiento. Utiliza un sistema operativo Linux, como es Debian que permite montar un sistema de base de datos o un servidor Web.

Todas las características mencionadas anteriormente hacen que nuestro dispositivo sea ideal para actuar como pasarela de forma que recoge los datos de los sensores Waspote de nuestra red que vamos implementar, dichos datos pueden ser visualizados en una aplicación Android o una página Web en cualquier lugar o momento.

C. RFID/NFC

Como ya mencionamos anteriormente RFID/NFC es un módulo que puede ir conectado a una placa Waspote y puede funcionar conjuntamente con el mismo, es una tecnología que utiliza campos electromagnéticos para identificar objetos. NFC (Near Field Communication) es una extensión de la tecnología RFID (Radio Frequency Identification) que se centra en las comunicaciones entre los teléfonos inteligentes y otros dispositivos avanzados. En la figura 3.13 se muestra el módulo RFID/NFC.



Figura 3. 13: RFID/NFC. [23]

Existe dos elementos de comunicaciones RFID:

- **Módulo RFID**

Es un módulo fijo también llamado dispositivo de lectura/escritura, es el maestro en esta acción, este realiza la consulta a la tarjeta y le envía instrucciones.

- **Tarjeta RFID**

A esta tarjeta también se le puede llamar etiqueta, es móvil, el usuario debe llevarle junto a él para poder realizar cualquier interacción.

Las etiquetas RFID son pasivos, lo que implica que el módulo RFID debe crear un campo electromagnético con el fin de alimentar la etiqueta, estos trabajan a una frecuencia de 13,56 MHz o 125 KHz.

Existen varios tipos de implementar las tarjetas RFID en la figura 3.14 observaremos algunos de ellos.



Figura 3.14: Tarjetas, Llaveros y sticker RFID. [23]

Características

- Compatibilidad: modo de lector/escritor de soporte ISO 14443A/MIFARE/FeliCaTM /NFCIP-1
- Alcanza una distancia de 5 cm
- Tiene una capacidad máxima de 4 KB
- Las etiquetas pueden ser elaboradas de distintas maneras: tarjetas, llaveros, pegatinas
- NFC/RFID se conecta al Waspnote a través de su interfaz UART.

El módulo RFID/NFC puede utilizar el Consejo de Radio de expansión, este permite conectar dos módulos de comunicación al mismo tiempo en la plataforma de sensor

Waspote. Por lo que se puede utilizar los radios inalámbricos disponibles para Waspote: 802.15.4, ZigBee, DigiMesh, 868 MHz, 900 MHz, Lora, Bluetooth Pro, Bluetooth Low Energía, RFID/NFC, WiFi, GPRS Pro, GPRS + GPS y 3G / GPRS.

3.11 Diseño

Nuestro diseño de infraestructura de red, se enfoca principalmente en el casco urbano de la ciudad de Cuenca, para realizar dicho diseño hemos dividido el centro de la ciudad en 4 zonas tal como se puede observar en la figura 3.15, donde actualmente existen 1054 espacios de estacionamiento de vehículos tarifados los cuales serán tomados en cuenta para la realización nuestro diseño.

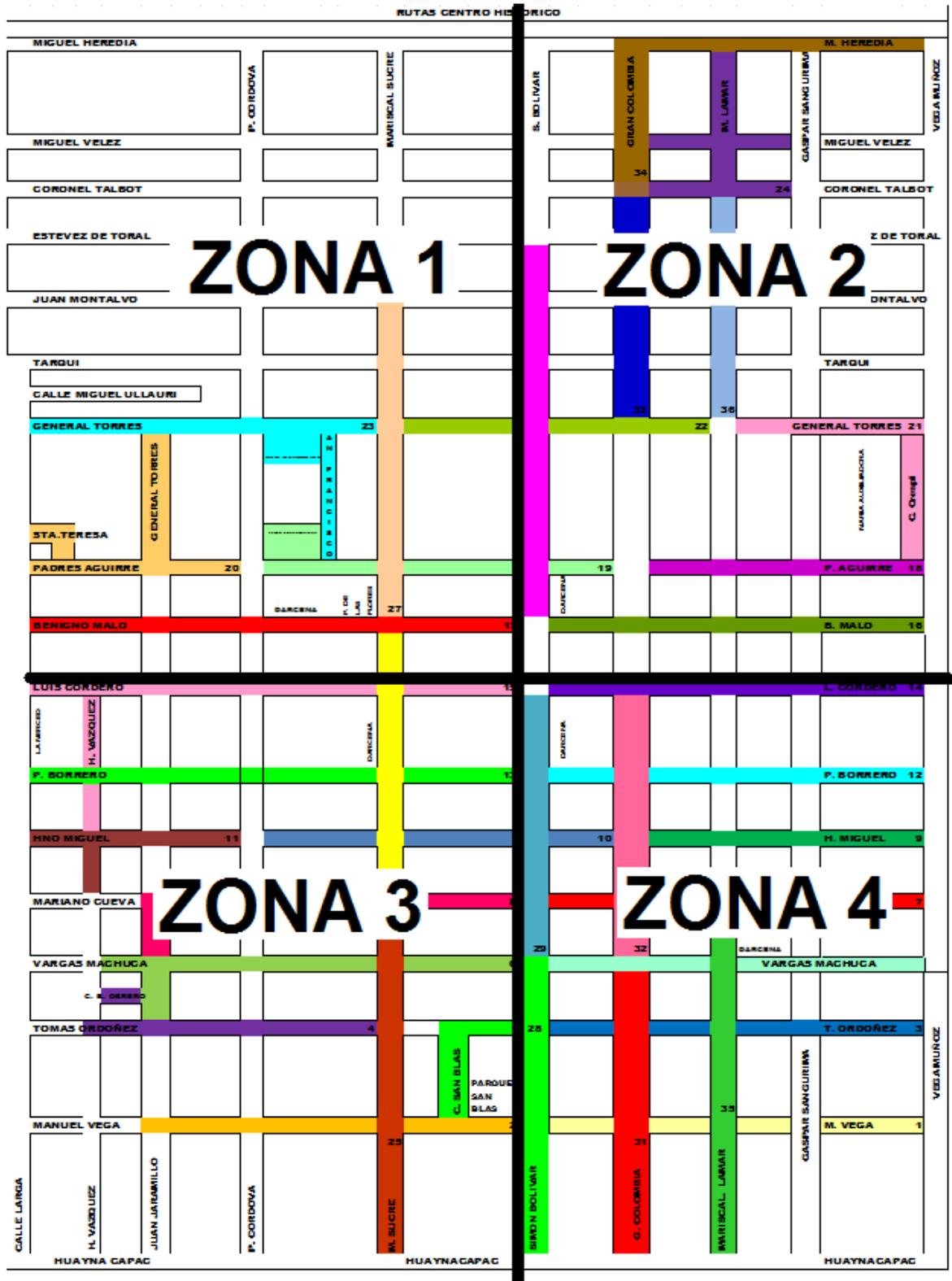


Figura 3.15: División de las zonas del centro de la ciudad.

Cabe recalcar que en nuestro caso el centro de la ciudad de Cuenca se verá afectada por un proyecto de sistema de transporte aprobado por la municipalidad y alcaldía de Cuenca, proyecto que consiste en la implementación del tranvía que encamina dos

importantes calles del centro de cuenca, estas son: la calle Gran Colombia que es aquella por donde va a bajar el tranvía hacia el norte y la calle Mariscal Lamar que es por la que va a retornar hacia el sur de la ciudad.

Debido a este gran proyecto enriquecedor para nuestra ciudad estas dos calles que se encuentran ubicadas paralelamente quedaran sin ningún espacio para poder estacionar. Por tal razón nos obliga a cambiar el diseño en nuestras zonas 2 y 4.

Después de haber analizado y estandarizado los tipos de vehículos que se estacionan en el centro de la ciudad de Cuenca podemos decir que el espacio de estacionamiento asignado para cada vehículo es de 6 metros de largo por 2 metros de ancho, donde ubicaremos un solo sensor a lado izquierdo de dicho espacio tal como se puede ver en la figura 3.16.

Estos espacios de estacionamiento serán pintados según las medidas mencionadas anteriormente para que el usuario pueda respetar cada lugar de estacionamiento.

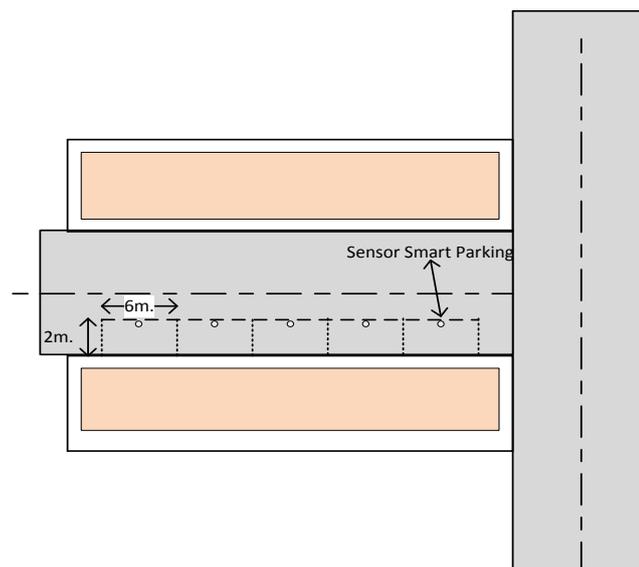


Figura 3.16: Ubicación de los sensores en la calle.

Después de haber estudiado los diferentes tipos de sensores en el capítulo 1, hemos optado por colocar en nuestro diseño de infraestructura el sensor magnético Waspote de la marca Libelium que son capaces de detectar la variación del campo magnético generado por un vehículo estacionado sobre este sensor, en la figura 3.17

se observa el sensor de parqueamiento. A la vez este sensor va montado en la placa Waspote como se indicó en la figura 3.9.

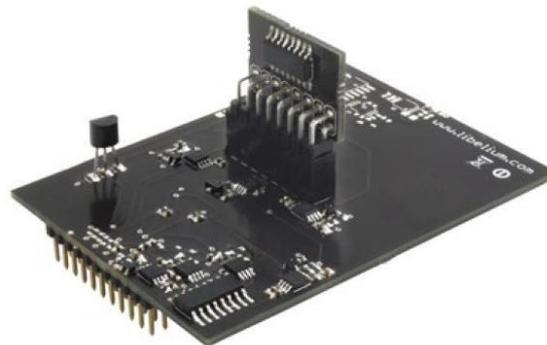


Figura 3.17: Sensor de parqueamiento. [26]

Este tipo de sensores incluyen una carcasa de PVC, que está compuesta por una placa Waspote, un Sensor Smart Parking, módulo de comunicación Xbee 802.15.4 y un módulo RFID/NFC tal como se ve en la figura 3.18. La carcasa PVC es la que le brinda protección a la placa haciéndole resistente al agua y al polvo para que no existan ningún tipo de daño a la misma, razón por la cual debe ir enterrada en la calle bajo la capa asfáltica como se puede observar en la figura 3.19. Cada agujero debe tener 10 cm de profundidad y 12 cm de diámetro donde se introduce la cápsula junto con su batería, además debe contener también unas bolsas de sílice cuyo objetivo es de absorber la humedad y evitar la condensación.

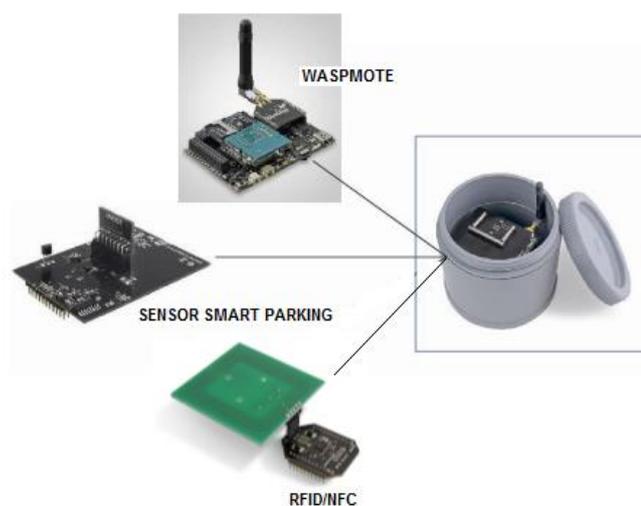


Figura 3.18: Sensor de parqueamiento y sus componentes dentro de su carcasa. [26]

En la figura 3.19 podemos observar al sensor Smart Parking junto con sus componentes soterrado en la calle dentro de su carcasa. Para la correcta instalación de este nodo sensor se puede revisar el dataSheet de la placa del sensor Waspote. [25]



Figura 3.19: Sensor de parqueamiento dentro de su carcasa soterrado. [26]

Cabe recalcar que estos sensores Waspote tienen un bajo consumo de energía y pueden utilizar dos tipos de baterías: 26 Ah y 52 Ah como se observa en la figura 3.20 y 3.21.



Figura 3.20: Batería de 26 Ah del Sensor. [25]



Figura 3.21: Batería de 52 Ah del Sensor. [25]

En la tabla 3.2 y 3.3 se muestran los valores de consumo de la batería en los diferentes estados del sensor.

Descripción	Xbee Digimesh 2.4 GHz
Tiempo de dormido consumo	298.1 seg, 64uA
Tiempo de sensado consumo	380 mseg, 33mA
Tiempo de transmisión	1.52 seg, 72mA
Ciclo completo de consumo	0.470mA

Tabla 3.2: Consumo de la batería. [25]

Descripción	Xbee Digimesh 2.4 GHz
Batería de 26 Ah (corriente de autodescarga)	88 uA
Batería de 52 Ah (corriente de autodescarga)	176 uA
Batería de 26 Ah tiempo de vida estimado	5.3 años
Batería de 52 Ah tiempo de vida estimado	9.1 años

Tabla 3.3: Tiempo de vida estimado de la batería. [25]

3.11.1 Funcionamiento del protocolo de detección del sensor

Como ya mencionamos anteriormente el sensor ferromagnético mide las variaciones del campo magnético terrestre en los tres ejes cartesianos x-y-z, para evitar falsas detecciones debido a vehículos estacionados en plazas adyacentes por tal razón se especifica un umbral que permite distinguir la presencia del vehículo en la plaza.

Al momento de instalar el sensor, este se calibra con un valor de referencia para poder inicializarlo en un estado libre (estacionamiento vacío), donde se envía una trama, para reiniciarlo y empezar el proceso de calibración.

Para realizar la detección del vehículo se resta el valor medido con el valor de calibración y se compara el valor obtenido con el umbral de detección, si este supera el valor asignado la plaza pasaría a estado ocupado.

Después de haber realizado el proceso de calibración el nodo pasa a un estado dormido que debe establecerse como un periodo fijo deshabilitando la placa de sensores y el módulo de radio y así evitar el consumo excesivo de batería.

Si el nodo se mantiene ocupado no se envía el paquete dando lugar que en la pasarela (Meshlium) esté ausente la recepción como estado ocupado, por este comportamiento existen posibles pérdidas de comunicación causadas por la mala ubicación de los vehículos, para evitar que el nodo se quede inactivo se establece un periodo de confirmación (60 minutos) enviando el estado ocupado del nodo aunque este no haya cambiado. Caso contrario si el nodo se mantiene libre la probabilidad de pérdidas de paquetes se reduce respecto al estado ocupado, donde el servidor recibe cada 5 minutos paquetes de un nodo específico que determinan el estado libre de la plaza.

En la figura 3.22 se muestra el funcionamiento del sensor al momento que un vehículo ocupa una plaza de estacionamiento.

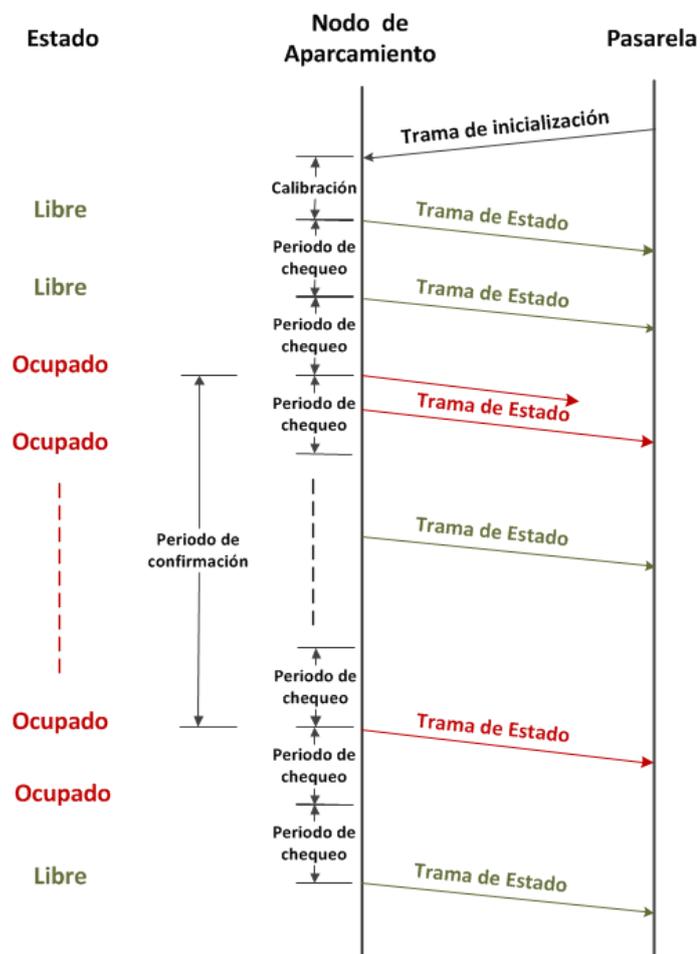


Figura 3.22: Funcionamiento del protocolo para la detección del vehículo. [27]

Continuando con el diseño de nuestra infraestructura de red para parqueo inteligente en el casco urbano de la ciudad de Cuenca, la topología que aplicaremos en nuestra red para conectar los sensores con los routers será de tipo multipunto, mientras que la

topología con la que se conectarán los routers será DigiMesh, de esta manera el sistema estará siempre informado del funcionamiento de los sensores anteriormente descritos y además tendrá un respaldo ante fallos.

Para recolectar la información de los sensores utilizaremos placas Wasmote router, que a su vez estos irán instalados generalmente uno en cada esquina dependiendo del sistema de aparcamiento actualmente distribuido en el centro de la ciudad.

Para la alimentación de los Wasmote router se utilizan baterías recargables de 12 V, 6600 mAh, que son conectadas a un cargador de 12 V a 3 A los mismos que son alimentados por la tensión eléctrica que pasa por la postera de la ciudad. Permitted recargar las baterías por las noches al momento que se encienden la luz eléctrica pública. Estos dispositivos podemos observamos en la figura 3.23 y 3.24.



Figura 3.23: Batería del Wasmote router 12V-6600mAh. [28]



Figura 3.24: Cargador de la batería del Wasmote router 12V-9000mAh. [28]

Además utilizaremos reguladores de 4.2 V como se muestra en la figura 3.25 que serán alimentados por la misma batería mencionada anteriormente.

El uso de las baterías es indispensable en el funcionamiento de nuestra red, ya que si existe un corte de energía el sistema seguirá funcionando con normalidad.



Figura 3.25: Regulador de 4.2 V. [28]

En la tabla 3.4 calculamos el tiempo de descarga de nuestra batería recargable mediante los datos de consumo tanto del coordinador como del módulo Zigbee.

Equipo	Consumo
Consumo Wasmote	15 mA
Consumo módulo Zigbee	57 mA
Consumo total	72 mA
Batería de 9000 mAh tiempo de descarga	125 horas
Tiempo de carga	3 horas

Tabla 3.4: Tiempo de vida estimado de la batería. [28]

3.11.2 Funcionamiento de la infraestructura de red

En la figura 3.26 podemos observar el funcionamiento de nuestra infraestructura de red para parqueo inteligente en el casco urbano de la ciudad de Cuenca en base a un diagrama de flujo donde el principal actuador es el nodo sensor que va a detectar la presencia del vehículo, el mismo que comienza inicializado como una plaza vacía, si un vehículo se estaciona y el tiempo es mayor a 10 minutos, y luego de haberse registrado entonces se realiza la consulta de saldo, si dispone de saldo almacena los datos y se puede decir que el espacio está ocupado, o si no se ha registrado y no dispone de saldo y el tiempo es mayor a 10 minutos se prosigue al bloqueo del vehículo, caso contrario el espacio continuará disponible si el vehículo se estaciona menos de 10 minutos. De esta manera el sensor enviará y almacenará los datos en un

servidor donde podrá ser visualizada la información en un dispositivo Smartphone con una aplicación Android por cualquier usuario.

La segunda parte de nuestro funcionamiento es cuando el sensor detecte si el espacio está ocupado/desocupado, el sistema liberará el espacio en el servidor y retornará a espacio vacío cuando sense desocupado, caso contrario si el tiempo es mayor a 1:45 horas el sistema enviará un mensaje de alerta al usuario indicando que tiene 15 minutos para retirar su vehículo o se procederá al bloqueo del mismo dando lugar a un último procedimiento que sería el pago de la multa, si este es realizado el bloqueo del vehículo es retirado y su espacio es liberado, de no ser realizado el pago, seguirá bloqueado el vehículo.

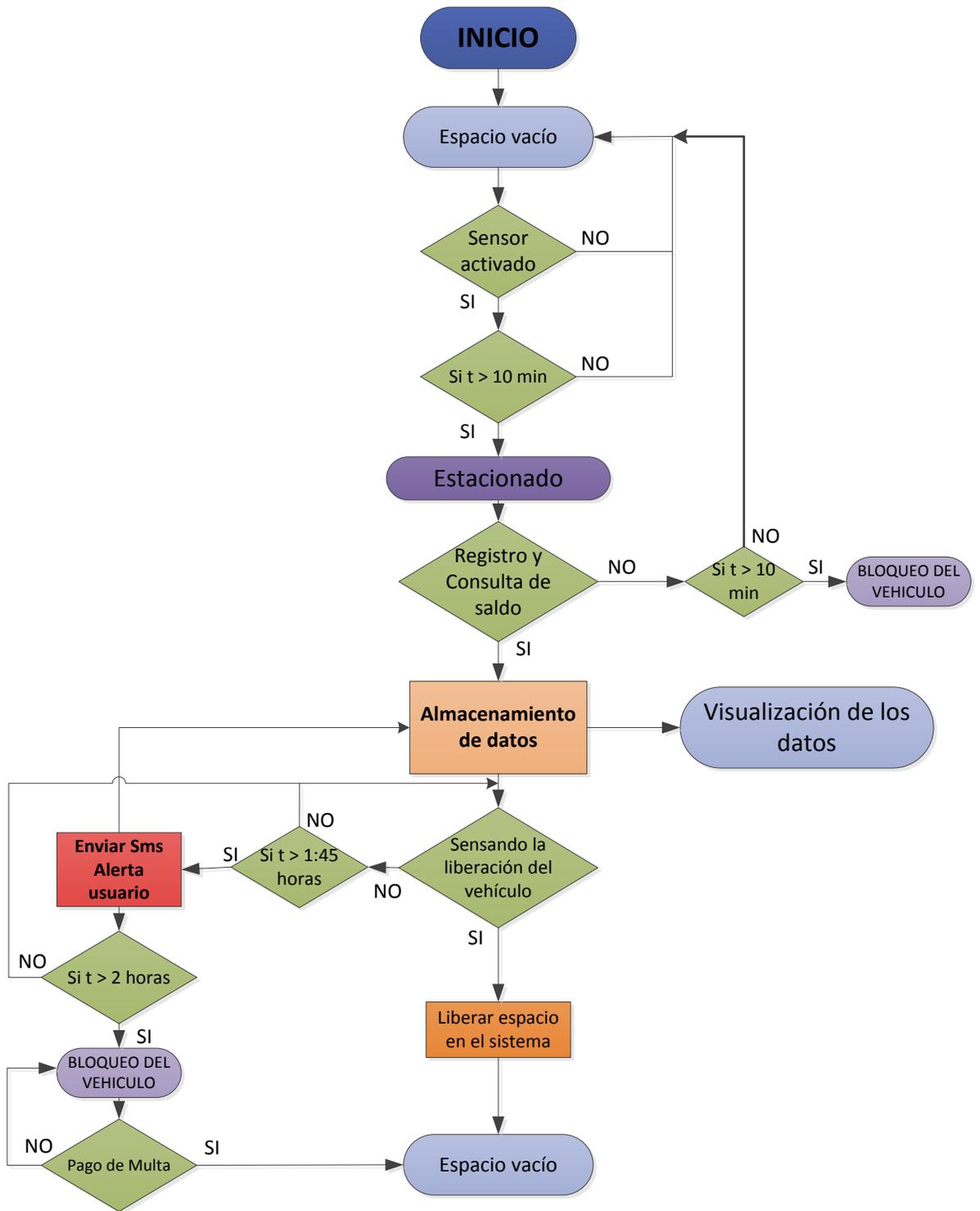


Figura 3.26: Diagrama de flujo de estacionamiento.

3.12 Topología

Como ya mencionamos anteriormente los sensores Smart Parking se conectarán al Wasmote router formando una red tipo multipunto a través de un módulo Xbee 802.15.4 a 2.4 GHz, y a su vez estas placas Wasmote router estarán conectadas con los demás routers en una red tipo DigiMesh, donde para lograr dicha conexión utilizaremos los módulos Xbee DigiMesh 802.15.4 a 2.4 GHz, en la figura 3.27 se muestra la topología de red de forma general para 1 zona.

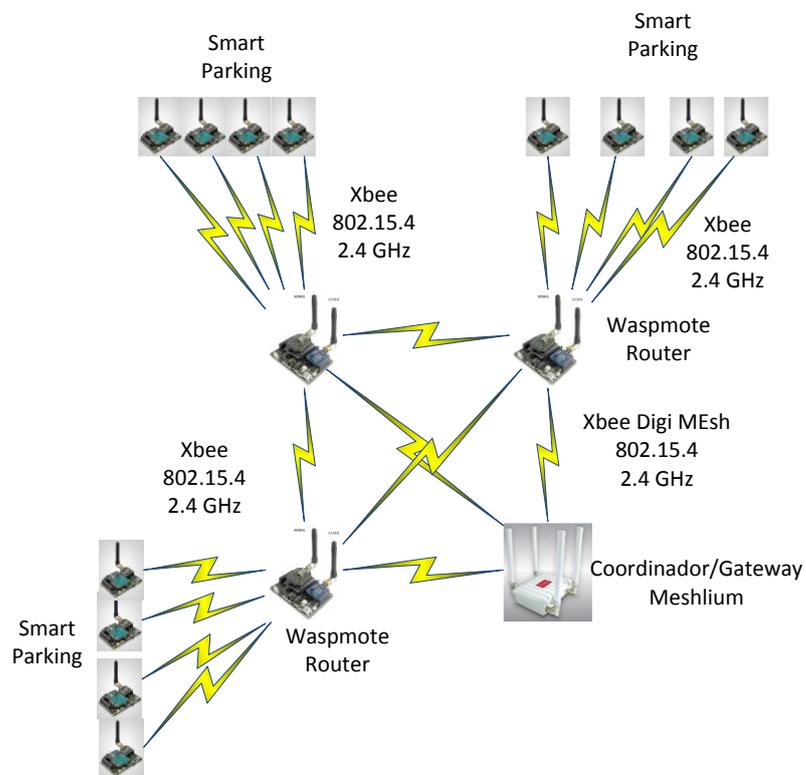


Figura 3.27: Topología de la red para 1 zona.

Los módulos Xbee-802.15.4 pueden acceder al firmware Xbee-DigiMesh para que los módulos permanezcan en modo sleep y puedan sincronizarse entre sí para trabajar todos en una misma condición, y de esta manera evitar el uso de router y coordinadores que deben permanecer encendidos logrando un menor uso de consumo de energía y mermando la utilización de equipos.

Para garantizar un correcto uso de los espacios de estacionamiento estos serán marcados en las calles según lo propuesto en la figura 3.16, además para observar su estado ocupado se utilizará una identificación ID para cada sensor colocado, que contenga el nombre de la calle y el número de espacio que estarán cargados previamente en el sistema asegurando un correcto funcionamiento de los espacios.

El Wasmote router actúa como organizador de su grupo de sensores recibiendo a 2.4 GHz los datos de estacionamiento, además se conecta a la red DigiMesh formada por los coordinadores Meshlium que están conectados a 2.4 GHz estos equipos extienden la placa Wasmote como se ve en la figura 3.28.



Figura 3.28: Wasmote router con módulos de DigiMesh 2.4 GHz y 2.4 GHz. [28]

Para nuestro diseño se toman en cuenta tres elementos muy importantes que nos permitirán construir la forma, la ubicación y el número de sensores asignados para cada coordinador. Estos principales factores son:

- Propagación
- Capacidad de la red
- Protocolo

A continuación se definirá cada uno de los principales factores:

3.12.1 Propagación

Para la propagación se debe tomar en cuenta el margen de enlace tanto en la transmisión como en la recepción, es decir si existe una línea vista entre los sensores y los nodos repetidores.

Para calcular el margen de enlace se tiene las siguientes características de los sensores Wasmote:

- Potencia del Transmisor 20 dBm
- Ganancia de las antenas 5 dBi
- Sensibilidad del receptor -100 dBm
- Perdida del espacio libre a 2.4 GHz 100 dB

A continuación en la tabla 3.5 se muestra los resultados obtenidos que se realizaron mediante un programa para calcular el margen de enlace.

Descripción	Xbee Digimesh 2,4 GHz
Potencia del transmisor	20dBm
Ganancia de la antena Tx	5dBi
Perdida de los conectores	-1dBi
Ganancia de antena Rx	5dBi
Perdida de los conectores	-1dB
Ganancia Total	28dB
Perdida de espacio libre	-100dB
Nivel de señal esperada	-72dB
Sensibilidad del receptor	-100dBm
Margen de enlace	28dB

Tabla 3.5: Resultados del margen de enlace.

3.12.2 Capacidad de la red

Para realizar este punto debemos tomar en cuenta que existen 1054 sensores Smart Parking, 41 Wasmote router y 4 coordinadores Meshlium en todo el casco urbano de la ciudad de Cuenca, que los distribuiremos de la siguiente manera:

Zona 1

- Sensor Smart parking 192
- Wasmote router 8
- Coordinador Meshlium 1

Zona 2

- Sensor Smart parking 198
- Wasmote router 8
- Coordinador Meshlium 1

Zona 3

- Sensor Smart parking 376
- Wasmote router 13
- Coordinador Meshlium 1

Zona 4

- Sensor Smart parking 288
- Wasmote router 12
- Coordinador Meshlium 1

El número de saltos no es limitado pero puede variar de 0 a 7 saltos, desde el sensor hasta el coordinador Meshlium para nuestro caso existe menos de 5 saltos por zona.

Como ya mencionamos anteriormente cada Wasmote router y cada Meshlium tiene un ancho de banda de 250 Kbps, y si cada sensor transmite 77 Bytes, calculando para la zona 4 que es una zona critica debido a que en esta zona existe un router que soporta 40 sensores tenemos que la capacidad máxima de transmisión es:

Ancho de banda

$$BW = 250 \text{ Kbps}$$

Máximo de paquetes a 2.4GHz de un sensor

$$\text{maximo de paquetes encriptado} = 77 \text{ Bytes}$$

Máximo de paquetes a 2.4GHz en bits

$$. = 77 \text{ Bytes} \times 8 \text{ bits}$$

$$= 616 \text{ bps por paquete}$$

Máximo número de sensores activos en un mismo tiempo

$$\text{maximo numero de sensores} = 40$$

Máxima tasa de bits transmitidos en el Waspote router

$$= 616 \text{ bps} \times 40$$

$$= 24,640 \text{ Kbps}$$

Para obtener el máximo de paquetes transmitidos en el Meshlium deberíamos multiplicar por el número de Waspote router de la zona 4 que son 12.

$$= 24.64 \text{ Kbps} \times 12$$

$$= 295.68 \text{ Kbps}$$

Analizando para la zona 4 que es el peor de los casos tenemos que en un ancho de banda de 250 Kbps y como calculamos anteriormente para el peor de los casos, este soporta 295.68 Kbps, literalmente supera nuestro ancho de banda pero como ya mencionamos anteriormente es un caso que posiblemente nunca se dará entonces nuestra red es capaz de soportar y funcionar con normalidad.

3.12.3 Protocolo

El firmware DigiMesh admite a los sistemas utilizar auto-sanación, es decir que la conexión entre nuestros nodos no se pierda gracias a que los equipos cuentan con la capacidad de red incrustados en sí mismos.

El algoritmo de enrutamiento maneja una variación de AODV (Ad-hoc On Demand Distance Vector) es decir, a este algoritmo se asigna una dirección de destino al siguiente salto y estos a su vez retransmiten el mensaje.

Características del protocolo:

- No necesita de un mapa de debido a que las rutas se van descubriendo según lo requiramos.
- Consta de un modo del sueño que es un modo de bajo consumo con sincronización para despertar al mismo tiempo.

- Tiene ACKs selectivos para que los mensajes de ruta puedan ser respondidos solo por el destinatario.
- La utilización de ACKs asegura la fiabilidad de transmisión de datos.
- Utiliza Auto-sanación es decir que en cualquier momento cualquier nodo puede unirse o abandonar la red.
- Los nodos no necesitan programarse u organizarse (dispositivos finales, router y coordinadores).
- Debido a que utiliza protocolo reactivo el protocolo silent reduce el encabezado de enrutamiento

Nuestro diseño de red se puede resumir después de lo descrito anteriormente en la figura 3.29, donde podemos observar la topología de 1 zona junto con el servidor y dispositivos de visualización como Tablet o Smartphone.

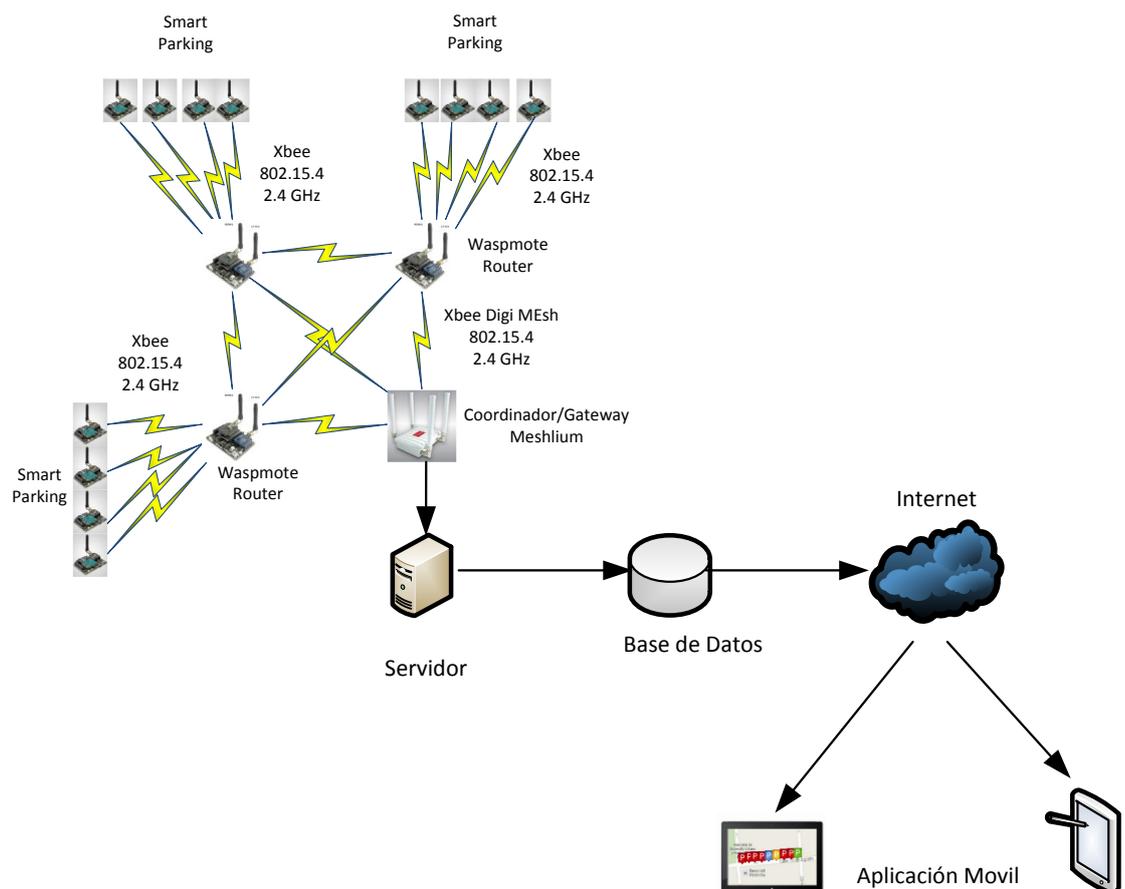


Figura 3.29: Topología y funcionamiento con los equipos para 1 zona.

3.13 Seguridad

En nuestro diseño de infraestructura de red para parqueo inteligente en el casco urbano de la ciudad de Cuenca proponemos dos tipos de seguridad:

3.13.1 El firewall para el servidor

El firewall será colocado antes del servidor para proteger los datos de nuestra red y evitar que el sistema sea utilizado ilegalmente por algún intruso que desee tener acceso a la base de datos del sistema o al servidor de almacenamiento, este también controla las comunicaciones desde la nube o hacia ella o viceversa hasta la red interna, en la figura 3.30 se muestra donde será colocado el firewall.

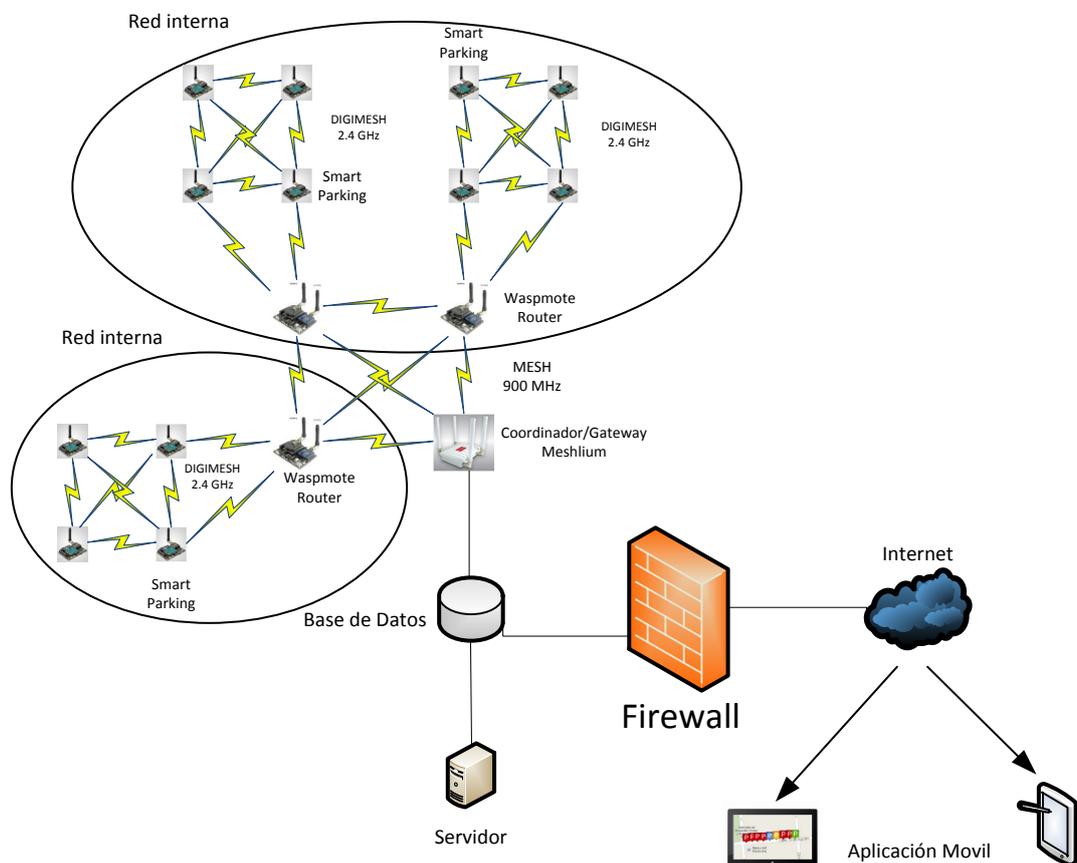


Figura 3.30: Ubicación del firewall en la red.

3.13.2 La encriptación de los sensores

Para proteger la información de cada sensor se utiliza encriptación donde se define tres capas de criptografía.

a) Primera capa

En esta primera capa de seguridad se garantiza que no existan dispositivos que puedan conectarse a la red, debido a que todos los nodos comparten una clave, la misma que sirve para cifrar la información con AES 128 que es un hardware integrado por la radio 802.15.4

b) Segunda capa

En esta segunda capa de seguridad cada nodo maneja un esquema de cifrado punto a punto con Meshlium, es decir que ni los nodos intermedios de red no pueden conocer los datos de los sensores esto se realiza con RSA 1024, donde una vez que sea cambiada la clave, el resto de comunicaciones es cifrado mediante AES 256 que es otro hardware integrado por la radio 802.15.4.

c) Tercera capa

En esta tercera capa de seguridad se la realiza en Meshlium o Gateway en donde las conexiones HTTPS y SSH son utilizadas para enviar la información al servidor, cabe destacar que el servidor será colocado junto al Meshlium de la zona 3, ubicado en la calle Mariscal Sucre y Hermano Miguel donde se arrendará un local para ubicar el departamento de control y mantenimiento.

La transmisión de los datos de los sensores y el intercambio inicial de claves y renovación son los dos principales usos de bibliotecas para cifrado de los Waspmote.

3.14 Ubicación de los coordinadores Meshlium

En la tabla 3.6 se puede observar las calles junto con sus coordenadas en las que serán colocados cada coordinador para su respectiva zona.

Descripción	Latitud	Longitud	Intersección
Meshlium 1	2°53'52.02"S	79° 0'17.74"O	Benigno Malo y Mariscal Sucre
Meshlium 2	2°53'48.65"S	79° 0'17.26"O	Benigno Malo y Simón Bolívar
Meshlium 3	2°53'54.65"S	79° 0'7.58"O	Hermano Miguel y Mariscal Sucre
Meshlium 4	2°53'51.08"S	79° 0'7.03"O	Hermano Miguel y Simón Bolívar

Tabla 3.6: Ubicación de los Meshlium.

En la figura 3.31 se muestra los Meshlium y el área de cobertura que estos cubren en nuestro diseño.

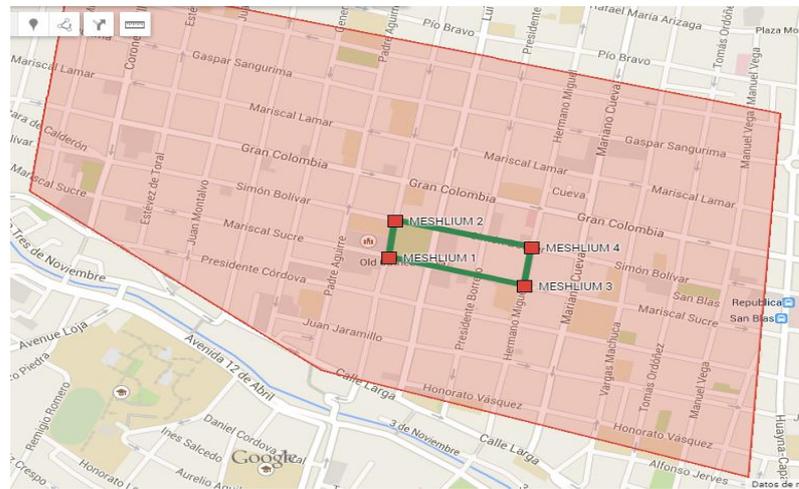


Figura 3.31: Ubicación de los Meshlium para el centro de Cuenca.

En el anexo 3 podemos observar la ubicación de los Meshlium y de los Waspnote router de cada zona conjuntamente con sus coordenadas donde serán ubicados exactamente para la futura implementación de los mismos.

3.15 Ubicación De Todos Los Waspnote Router En El Casco Urbano De Cuenca

En la figura 3.32 podremos observar la ubicación de todos los Waspnote router en todas las zonas que utilizaremos para el diseño de nuestra red.

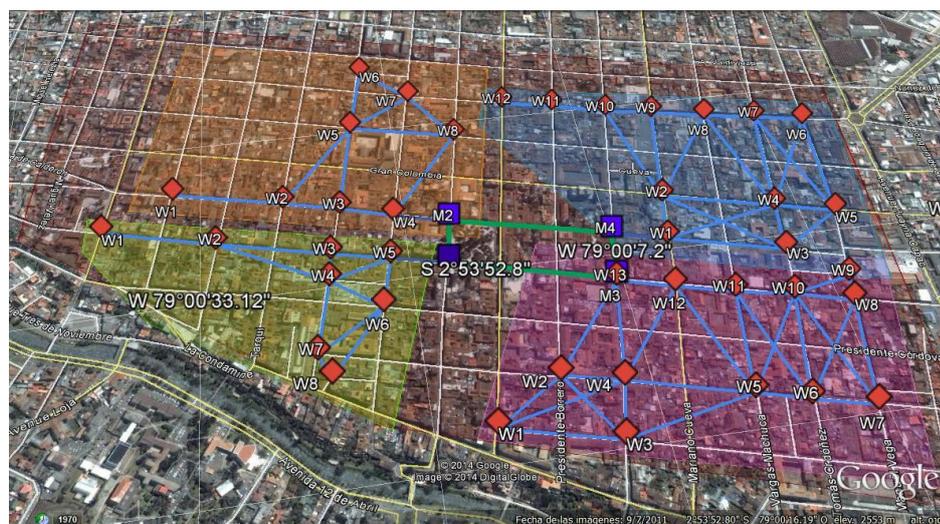


Figura 3.32: Ubicación de todos los Waspnote router en el Centro de Cuenca google earth

En la figura 3.33 3.34, 3.35 y 3.36 se mostrarán el diseño de la topología de red completa de cada una de las zonas en el casco urbano de la ciudad de Cuenca.

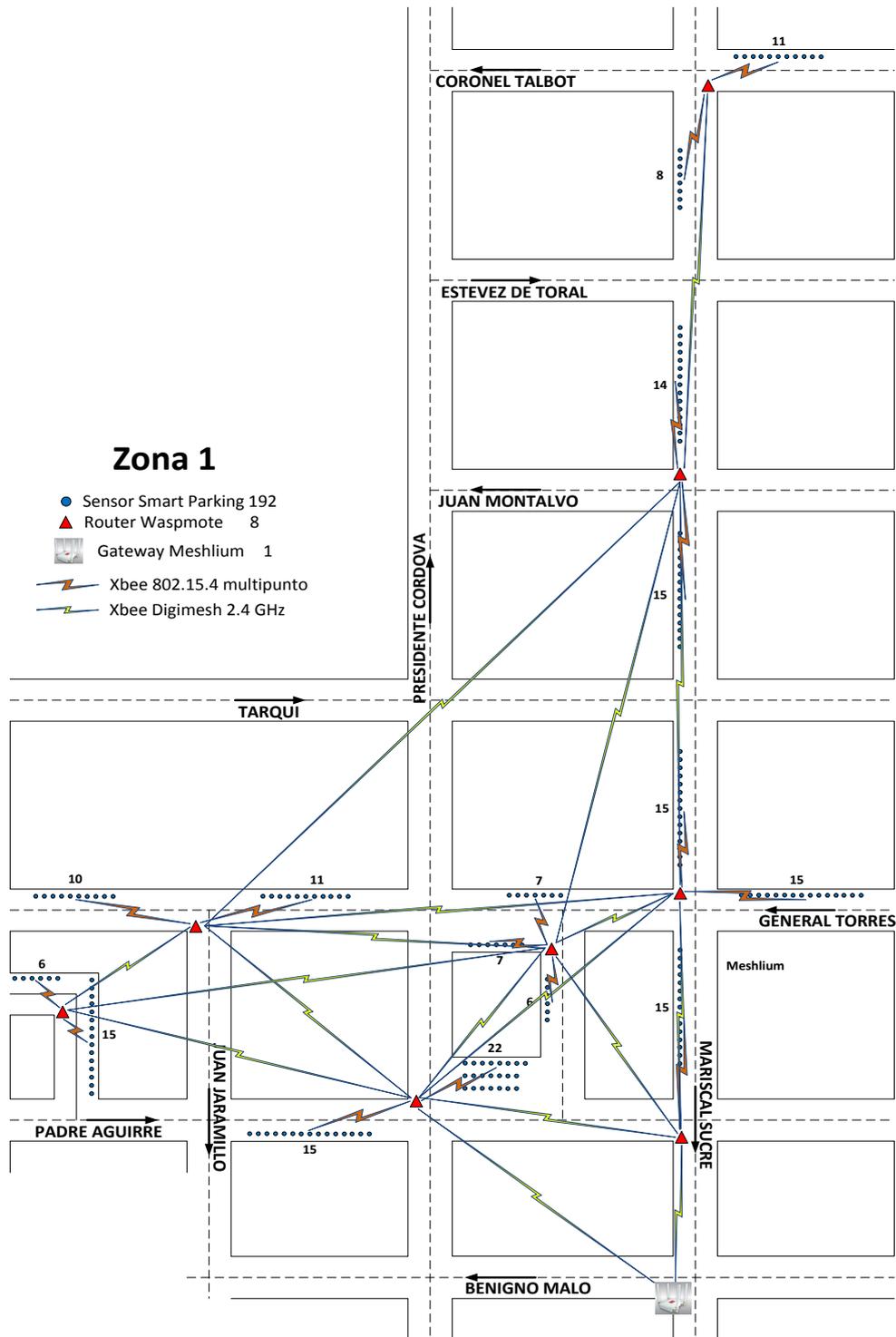


Figura 3.33: Topología zona 1.

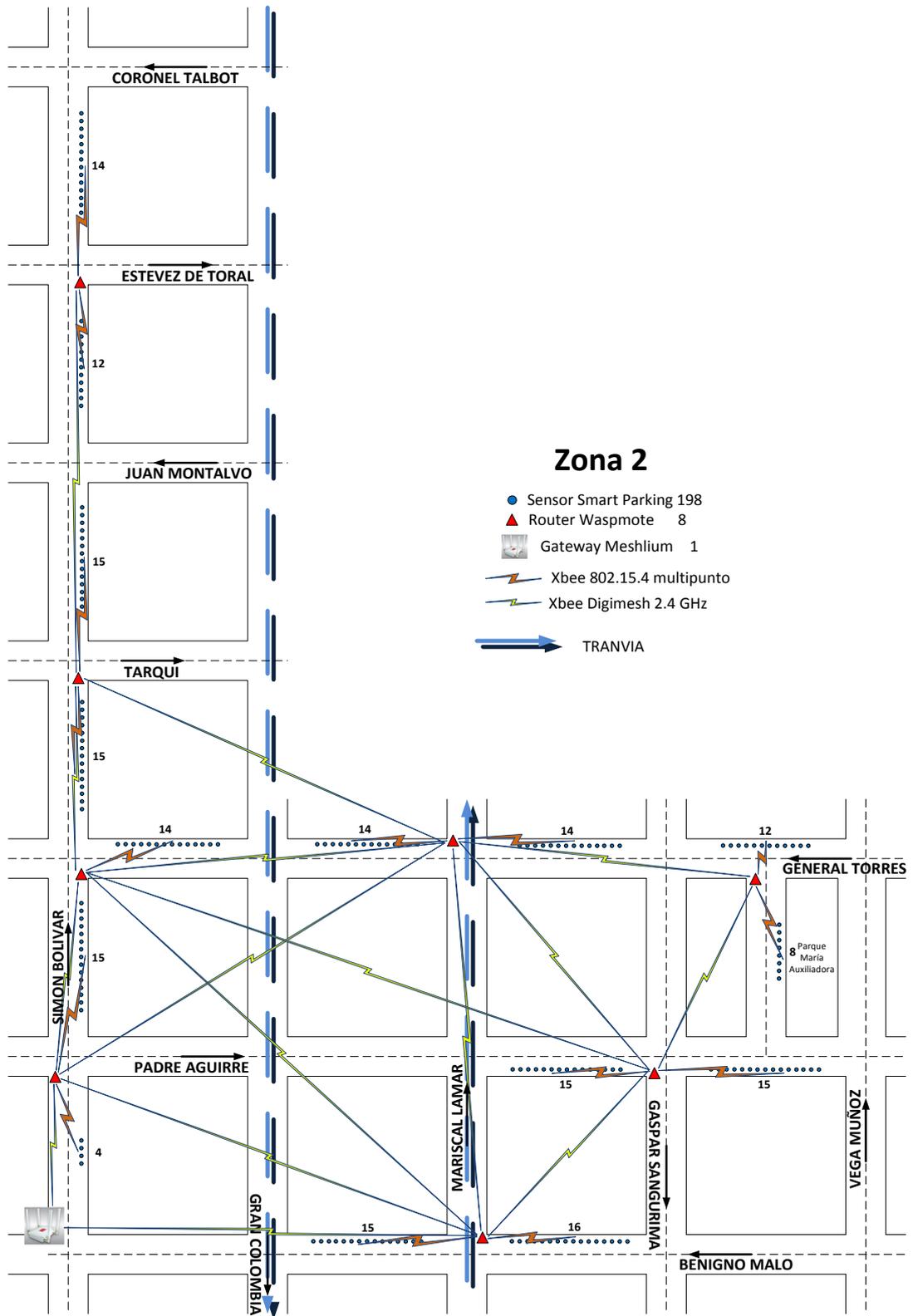


Figura 3.34: Topología zona 2.

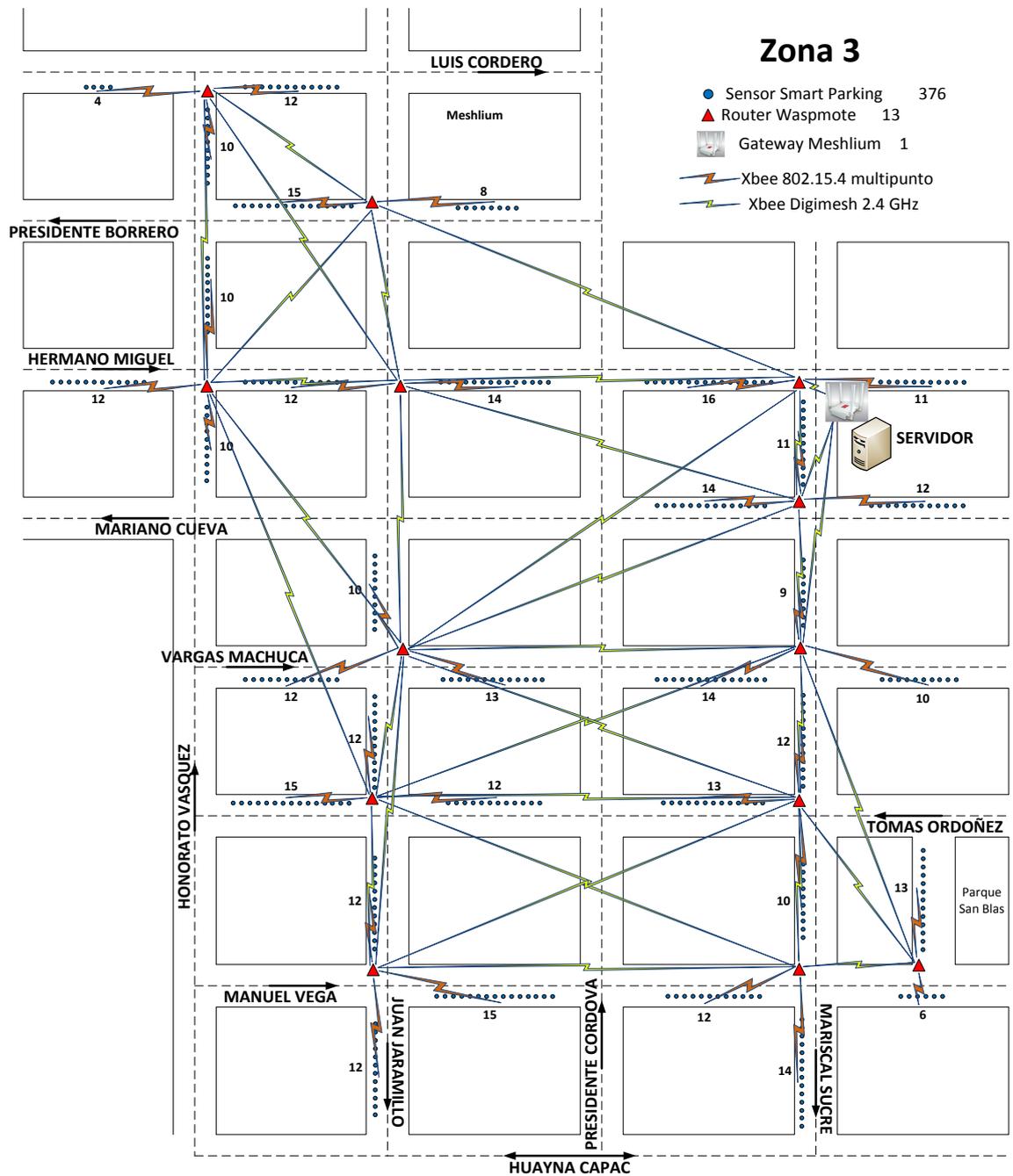


Figura 3.35: Topología zona 3.

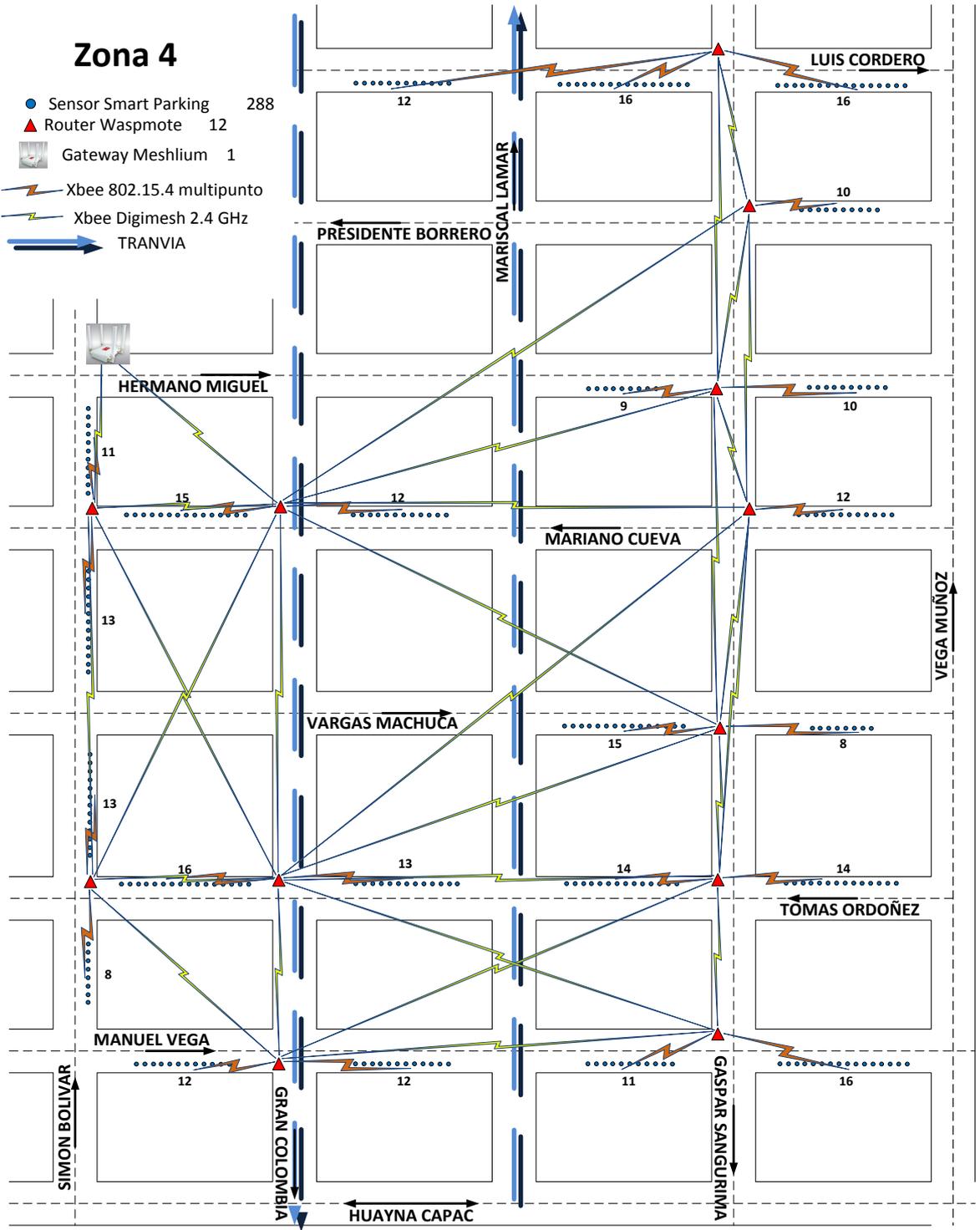


Figura 3.36: Topología zona 4.

3.16 Aplicación para Android

Para poder acceder a esta información el usuario deberá hacerlo desde su Tablet o Smartphone por medio de una aplicación Android o página Web donde el usuario deberá descargar la aplicación para el uso de parqueo inteligente en el casco urbano de la ciudad de Cuenca dicha aplicación se llamara Smart Parking, en la figura 3.37 se observa la pantalla de inicio de la aplicación.



Figura 3.37: Aplicación Smart Parking.

Al momento de iniciar nuestra aplicación se podrá visualizar el posicionamiento en el cual nos ubicamos y también se podrá visualizar el mapa del centro de Cuenca, indicando los espacios de estacionamiento libres tal como se ve en la figura 3.38.

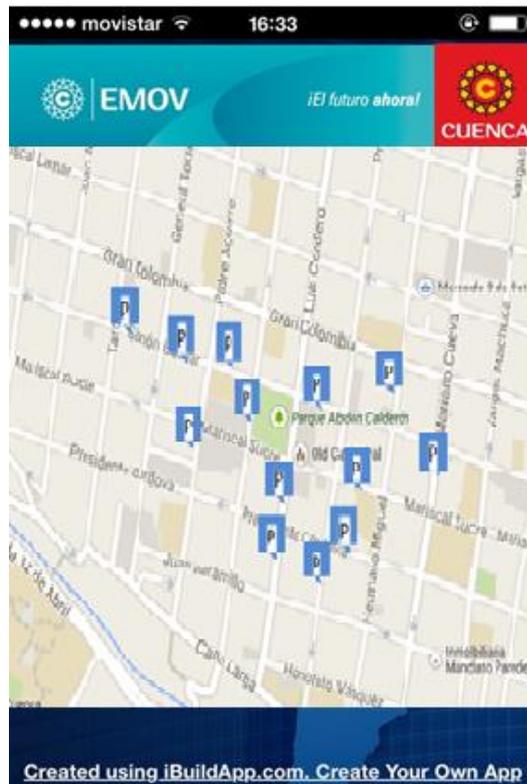


Figura 3.38: Espacios libres de estacionamiento.

Resumiendo, en este capítulo hemos logrado proponer un diseño de infraestructura de red para parqueo inteligente en el centro de la ciudad de Cuenca donde estudiamos los diferentes tipos de red WPAN y WSN que utilizaremos conjuntamente con su protocolo 802.15.4 de comunicación y sus características de funcionamiento, también investigamos la arquitectura de los sensores proponiendo una topología de red con sensores Waspote de la marca Libelium que son los más aptos para trabajar en sistemas de aparcamientos exteriores ya que debido a su bajo consumo de energía estos funcionan con baterías prologando el funcionamiento de los sensores por un periodo de tres a cuatro años. En el siguiente capítulo daremos a conocer los ingresos y egresos de la empresa EMOV-EP para poder calcular el VAN y TIR de nuestro proyecto junto a sus costos de cada uno de los equipos que serán utilizados para el diseño de infraestructura de red conjuntamente con su mano de obra, también daremos a conocer el costo total de este proyecto para observar si nuestro proyecto es viable o no y ver en qué tiempo podremos recuperar lo invertido.

CAPITULO 4

SOFTWARE Y ESTUDIO ECONÓMICO

4.1 Introducción

En el presente capítulo desarrollaremos un software de simulación que nos permitirá ver el funcionamiento de nuestro diseño de red, además realizaremos un presupuesto o balance de nuestro proyecto en el cual intervienen datos de costos reales del año 2014, que se explicarán con detalle en el presente capítulo.

También daremos a conocer los ingresos, egresos, activos fijos (inversiones) y ganancias de la empresa EMOV en el año 2014, estos serán evaluados solo en lo que respecta al centro de la ciudad ya que nuestro proyecto fue diseñado solo para el casco urbano de la ciudad de Cuenca.

Para nuestro diseño de infraestructura de red realizaremos los respectivos cálculos de cada uno de los costos de nuestros dispositivos y componentes, mano de obra, materiales, costos y tiempos de instalación, etc. Que serán utilizados para nuestro diseño, donde se analizará el beneficio, la utilidad y el alcance que tendrá el mismo para nuestra ciudad y para la empresa EMOV que será la interesada en la implementación del mismo.

4.1.1 Software

A continuación se indicara una pequeña simulación de la infraestructura de red de parqueo inteligente, en la figura 4.1 se indica la página principal de nuestro software.

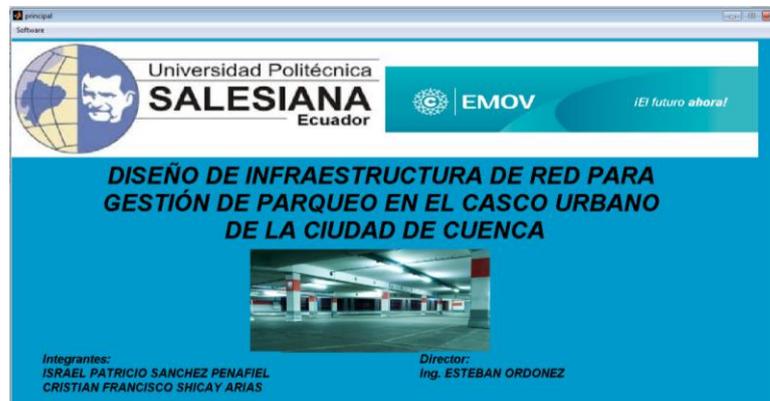


Figura 4. 1: Página Principal del Software de Simulación

Para ingresar daremos un clic en software que se encuentra ubicado en la parte superior izquierda de la página principal, donde entraremos a la simulación de la zona 1, que es la zona más pequeña de parqueo tarifado del centro de Cuenca, la misma se puede visualizar también en un mapa de google maps vista desde un satélite tal y como se ve en la figura 4.2

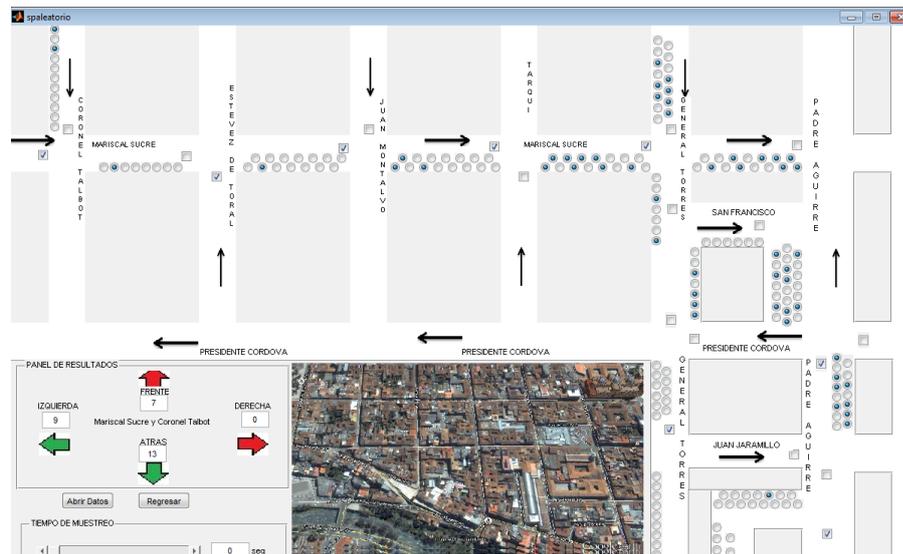


Figura 4. 2: Simulación zona 1 centro de Cuenca.

Para mostrar su funcionamiento realizaremos un ejemplo tal como se observa en la figura 4.3, donde nos indica que un vehículo se encuentra ubicado en las calles Mariscal Sucre y General Torres, el panel de resultados nos muestra que existen 12 espacios de estacionamiento al frente, 12 a la derecha, 13 a la izquierda y 13 en la parte posterior, que podrían ser utilizados por el usuario ubicado en ese punto para ocupar un espacio de estacionamiento.

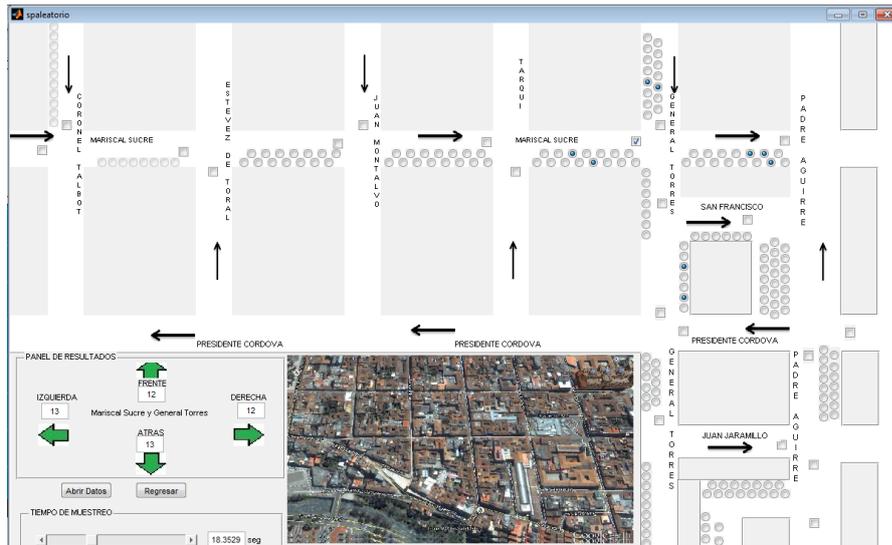


Figura 4. 3: Simulación con la ubicación de un vehículo en las calles Mariscal Sucre y General Torres. Los datos mencionados anteriormente son almacenados en Excel, que para el caso de nuestro diseño estos irían al servidor donde podemos visualizar la fecha y la hora exacta de parqueos disponibles tal como se puede observar en las tablas 4.1 y 4.2 respectivamente.

Fecha & Hora de Parqueadero					
Año	Mes	Día	Hora	Min	Segundo
2015	1	28	15	28	50,243
2015	1	28	15	29	21,143
2015	1	28	15	8	10,737
2015	1	28	15	8	20,196
2015	1	28	15	8	30,878
2015	1	28	15	8	43,342

Tabla 4. 1: Fecha y hora de parqueos disponibles

Parqueaderos Disponibles			
Frente	Izquierda	Derecha	Atrás
12	13	12	13
11	12	11	12
10	12	9	11
9	11	8	10
9	10	8	9
7	8	8	8

Tabla 4. 2: Número de parqueos disponibles

4.2 Balance del proyecto actual

Para realizar el balance del proyecto debemos investigar varios factores, como los horarios de trabajo de los controladores de parqueo tarifado en el centro la ciudad de Cuenca que son: de lunes a viernes desde las 7:30 am hasta las 7:30 pm y los sábados de 8:00 am hasta la 14:00 pm con distintos tipos de turnos de trabajo que es realizados por 18 controladores y 3 inspectores.

También debemos recalcar que existen 3 grúas que laboran en los mismos horarios mencionados anteriormente, realizando el retiro de los vehículos mal estacionados.

Existen otros factores importantes como la venta de tarjetas, multas por distintos tipos de infracciones como multas por mal estacionamiento y otras más infracciones que podemos observar en el anexo 2, conjuntamente con sus porcentajes de multa de acuerdo a un salario básico unificado.

4.2.1 Balance sin proyecto

En la tabla 4.3 indicaremos los ingresos diarios, mensuales y anuales del año 2014 de la empresa EMOV-EP de las zonas tarifadas del centro de la ciudad, los mismos que fueron conseguidos y calculados gracias a la colaboración de un funcionario de la empresa EMOV-EP cuya identidad se mantiene discreta por motivos laborales, ya que después de haber solicitado directamente a la empresa estos no pudieron ser obtenidos.

Un controlador de parqueo tarifado nos mencionó que el promedio de venta de tarjetas en el centro es de 180, también nos indicó que 30 vehículos son retirados por las grúas por mal estacionamiento y 50 infracciones de distintas maneras son cometidas a diario en el centro de la ciudad de Cuenca.

INGRESOS PARQUEO TARIFADO EN EL CENTRO DE CUENCA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO	DIARIO	MENSUAL	ANUAL
Tarjetas	180	\$ 1,00	\$ 180,00	\$ 4.320,00	\$ 51.840,00
Multas por grúas	30	\$ 56,00	\$ 1.680,00	\$ 40.320,00	\$ 483.840,00
Otras multas	50	\$ 14,60	\$ 730,00	\$ 17.520,00	\$ 210.240,00
				TOTAL INGRESOS	\$ 745.920,00

Tabla 4. 3: Ingresos anuales de la empresa EMOV para el centro de la ciudad

En la tabla 4.4 se dará a conocer la tabla de egresos de la empresa EMOV del año 2014 de parqueo tarifado para el centro de la ciudad de Cuenca. Estos egresos comprenden todo lo que tiene que ver con remuneraciones, fondos de reserva, décimo tercero, décimo cuarto, servicio de grúas entre otros.

EGRESOS PARQUEO TARIFADO EN EL CENTRO DE CUENCA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL	ANUAL	TOTAL ANUAL
Controladores	18	\$ 550,00	\$ 6.600,00	\$ 118.800,00
Décimo tercero	18		\$ 550,00	\$ 9.900,00
Décimo cuarto	18		\$ 340,00	\$ 6.120,00
Fondos de reserva 8,33 %	18	\$ 45,81	\$ 549,72	\$ 9.894,96
Inspectores	3	\$ 700,00	\$ 8.400,00	\$ 25.200,00
Décimo tercero	3		\$ 700,00	\$ 2.100,00
Décimo cuarto	3		\$ 340,00	\$ 1.020,00
Fondos de reserva 8,33 %	3	\$ 58,31	\$ 699,72	\$ 2.099,16
Grúas	3	\$ 2.250,00	\$ 27.000,00	\$ 81.000,00
Otros	1	\$ 5.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
TOTAL EGRESOS				\$ 316.134,12

Tabla 4. 4: Egresos anuales de la empresa EMOV para el centro de la ciudad

Al tener los datos de ingresos como egresos devengados en el año 2014 de la empresa EMOV-EP en lo que respecta a parqueo tarifado en el centro de la ciudad podemos calcular la ganancia o utilidad que se ha obtenido para el año 2014 como se observa en la tabla 4.5.

GANANCIA DE PARQUEO TARIFADO EN EL CENTRO DE CUENCA	
TOTAL INGRESOS	\$ 745.920,00
TOTAL EGRESOS	\$ 316.134,12
GANACIA TOTAL	\$ 429.785,88

Tabla 4. 5: Ganancia de la empresa EMOV en el año 2014

Cabe recalcar que la empresa de municipalidad EMOV-EP tiene una inversión actual o activos fijos tal y como se puede observar en la tabla 4.6, que serán tomados en cuenta para el cálculo del VAN y TIR sin proyecto y fueron conseguidos gracias a la ayuda de un funcionario que labora en la parte administrativa y nos pudo ayudar con valores aproximados para el cálculo de los mismos.

INVERSION EMOV-EP			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Grúas	3	\$ 30.000,00	\$ 90.000,00
Uniformes	21	\$ 700,00	\$ 14.700,00
Radios	30	\$ 500,00	\$ 15.000,00
Bicicletas	50	\$ 2.000,00	\$ 100.000,00
Computadoras	10	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00
Vehículos SEGWAY	7	\$ 10.000,00	\$ 70.000,00
Motos	10	\$ 8.000,00	\$ 80.000,00
Camionetas	4	\$ 20.000,00	\$ 80.000,00
Otros	1	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
		Total	\$ 519.700,00

Tabla 4. 6: Inversión o Activos Fijos EMOV-EP

4.2.2 VAN y TIR sin proyecto

Como se indica en la tabla 4.7 mediante la utilización de un software en Excel podemos calcular la depreciación que tendrá nuestro proyecto al cabo de 5 años. Tomando en cuenta los ingresos y egresos del año 2014, al tener una inversión o activos fijos de 519.700,00 dólares.

Ingresos	\$ 745.920,00	
Egresos	\$ 316.134,12	
Inversión	\$ 519.700,00	
Vida Útil	5	años
Valor Residual	\$ 51.970,00	
Depreciación	\$ 93.546,00	

Tabla 4. 7: Depreciación sin proyecto

En la tabla 4.8 podemos observar los ingresos, que aumentan cada año en un 3.67% más debido a la inflación que existe en nuestro país anualmente, también observamos los egresos, y estos aumentan en un 3.5% gracias al aumento de sueldos que existe anualmente en el Ecuador, con estos datos se puede obtener el flujo neto o utilidad que tendrá la empresa EMOV-EP, durante los 5 años.

Periodo	Ingresos	Egresos	Flujo Neto
0	0	-\$ 519.700,00	-\$ 519.700,00
1	\$ 745.920,00	-\$ 409.680,12	\$ 336.239,88
2	\$ 773.295,26	-\$ 470.610,75	\$ 302.684,51
3	\$ 801.675,20	-\$ 487.082,12	\$ 314.593,08
4	\$ 831.096,68	-\$ 504.129,99	\$ 326.966,69
5	\$ 858.471,94	-\$ 521.774,53	\$ 336.697,41

Tabla 4. 8: Periodos Ingresos, Egresos y Flujo Neto Sin Proyecto

A continuación en la tabla 4.9 se muestra el cálculo del VAN y TIR con una tasa de descuento del 12 %, debido a que es el porcentaje de ganancia esperado de la empresa.

Periodo Simple De Pago	1,545622726	años
Tasa De Descuento	12,00%	
VAN	\$ 644.577,95	
TIR	55%	

Tabla 4. 9: VAN y TIR sin proyecto

4.3 Inversión del proyecto

Para calcular la inversión de nuestro proyecto hemos decidido dividir el presupuesto en tres partes, la primera sería una lista de todos los materiales que intervienen en el diseño propuesto, la segunda parte sería la mano de obra civil y la maquinaria para poder ubicar los sensores en las diferentes calles del centro de Cuenca y la tercera parte que influiría en el presupuesto es el tiempo y costo de la instalación.

4.3.1 Primera parte

A continuación se presenta una lista de los materiales que se deben utilizar para la implementación de nuestro proyecto:

- Sensor Smart Parking (Plug sense SP 802.15.4-PRO 2 dBi)
- Meshlium Digimesh PRO BG-AP
- Waspote 802.15.4-PRO SMA 5 dBi 2.4 GHz
- Waspote Digi Mesh-PRO SMA 5 dBi 2.4 GHz
- Expansión Radio Board
- Módulos Xbee 802.15.4 PRO SMA 5 dBi
- Módulos Xbee Digimesh-PRO SMA 5 dBi
- Módulos RFID 13.56 MHz/NFC
- Batería recargable Li-Ion 12V, 6600 mAh
- Cargador para batería recargable Li-Ion 12V, 3A
- Regulador de carga 12V
- Tarjetas RFID (tipo llavero) 13.56 MHz/NFC
- Accesorios extras

Costos de los materiales

TABLA DE COSTOS DE LOS MATERIALES			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Sensor Smart Parking (Plug sense SP 802.15.4-PRO 2 dBi)	1054	\$ 449,88	\$ 474.173,52
Meshlium Digimesh PRO BG-AP	4	\$ 1.130,78	\$ 4.523,12
Waspote 802.15.4-PRO SMA 5 dBi 2.4 GHz	41	\$ 188,46	\$ 7.726,86
Waspote Digi Mesh-PRO SMA 5 dBi 2.4 GHz	41	\$ 188,46	\$ 7.726,86
Expansión Radio Board	41	\$ 30,39	\$ 1.245,99
Módulos Xbee 802.15.4 PRO SMA 5 dBi	41	\$ 48,63	\$ 1.993,83
Módulos Xbee Digimesh-PRO SMA 5 dBi	41	\$ 48,63	\$ 1.993,83
Módulos RFID 13.56 MHz/NFC	41	\$ 60,79	\$ 2.492,39
Batería recargable Li-lon 12V, 6600 mAh	41	\$ 36,47	\$ 1.495,27
Cargador para batería recargable Li-lon 12V, 3A	41	\$ 5,00	\$ 205,00
Regulador de carga 12V	41	\$ 25,00	\$ 1.025,00
Tarjetas RFID (tipo llavero) 13.56 MHz/NFC	200000	\$ 0,73	\$ 146.000,00
Accesorios extras	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
		TOTAL	\$ 655.601,67

Tabla 4. 10: Costos de los materiales [31]

En la tabla 4.10 se muestra la cantidad de materiales necesarios que utilizaremos y sus respectivos costos de cada uno de ellos.

4.3.2 Segunda parte

En nuestra segunda parte tenemos:

- Costo Maquinaria
- Costo de operador
- Costo de ayudante
- Costo de servicio de programación

Otros gastos que se deben tomar en cuenta es la maquinaria para lo cual utilizaremos 4 máquinas, 1 para cada zona la misma que será manejada por un operador y un

ayudante. En la figura 4.4 se muestra la maquinaria a utilizar y el tipo de trabajo que se va a realizar.



Figura 4. 4: Maquinaria y trabajo a realizar. [25]

El costo del operador, el costo de la máquina y el costo del ayudante se muestra en la tabla 4.11 donde estos dependerán del tiempo de instalación que veremos en la tercera parte.

COSTO OPERADOR MAQUINARIA AYUDANTE			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	COSTO DIARIO
Costo operador y maquinaria	1	\$60XHORA	\$ 480,00
Costo ayudante	1	\$2,125XHORA	\$ 17,00
Costo operador y maquinaria	4	\$60XHORA	\$ 1.920,00
Costo ayudante	4	\$2,125XHORA	\$ 68,00

Tabla 4. 11: Costos del operador, maquinaria y ayudante

El costo de servicio de programación (plug and sense) incluye la creación de tres códigos diferentes y la carga de ellos en 5 nodos plug and sense, también debemos tomar en cuenta el servicio adicional por nodo en la tabla 4.12 podemos observar dichos costos.

COSTO DE SERVICIO DE PROGRAMACION POR NODO			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Servicio de Programación por Nodo	1099	\$ 24,31	\$ 26.716,69

Tabla 4. 12: Costos de servicio de programación por nodo

4.3.3 Tercera parte

En esta última parte tendremos:

- **Tiempo de instalación.**

Tomando en cuenta que debemos realizar 1054 perforaciones en las calles donde se colocarán los sensores, y que para cada perforación e instalación se tardará 40 minutos, debido a que se trabajará 8 horas diarias tenemos que el tiempo de instalación es 88 días si utilizamos 1 máquina y 44 días si se utiliza 4 máquinas como se observa en la tabla 4.13.

Tiempo de instalación		
	Tiempo en horas	Tiempo en días
1 máquina	702 horas	88 días
4 máquinas	351 horas	44 días

Tabla 4. 13: Tiempo de instalación

Luego de haber calculado el tiempo de instalación y el costo de instalación por hora de cada perforación se puede decir que tendremos un total de gastos de instalación en 44 días de:

$$\text{total de gastos de instalación} = (1920 + 68) * 44 \text{ DIAS}$$

$$\text{total de gastos de instalación} = \$ 87.472$$

Inversión total del proyecto

Para poder calcular la inversión total del proyecto debemos sumar los gastos de instalación, los gastos de materiales y los costos de servicio de programación, como se indica en la tabla 4.14.

INVERSIÓN TOTAL	
Gastos De Instalación	\$ 87.472,00
Gastos De Materiales	\$ 655.601,67
Costo Servicio De Programación	\$ 26.716,69
Total	\$769.790,36

Tabla 4. 14: Inversión Total Del Proyecto

4.4 Balance del proyecto propuesto

Para poder realizar el balance de nuestro proyecto debemos tomar en cuenta nuevos ingresos de la empresa EMOV-EP para el casco urbano de la ciudad de Cuenca, ya que debido a la automatización del parqueo tarifado las ventas de llaveros (tags), que son los que sustituirán a las tarjetas incrementaran en un 5%, por lo tanto sus infracciones también aumentarán ya que la automatización de parqueo puede

controlar todos los espacios de estacionamiento en tiempo real y los usuarios no podrán estacionarse por más de 10 minutos sin ser multados.

4.4.1 Balance con proyecto

En la tabla 4.15 vemos los ingresos que tendríamos con la implementación del proyecto.

INGRESOS PARQUEO TARIFADO EN EL CENTRO DE CUENCA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO	DIARIO	MENSUAL	ANUAL
Tarjetas	190	\$ 1,00	\$ 190,00	\$ 4.560,00	\$ 54.720,00
Multas por grúas	30	\$ 56,00	\$ 1.680,00	\$40.320,00	\$ 483.840,00
Otras multas	60	\$ 14,60	\$ 876,00	\$ 21.024,00	\$ 252.288,00
TOTAL INGRESOS					\$ 790.848,00

Tabla 4. 15: Ingresos EMOV-EP Con Proyecto

Tal como en los ingresos los egresos también serán modificados debido a que ya no se requerirá de los 18 controladores gracias a la automatización de parqueo, pero en nuestro proyecto se requerirá 2 inspectores y 4 técnicos para dar mantenimiento a la red.

Cabe recalcar que los inspectores estarán controlando el correcto funcionamiento de nuestra red desde el servidor y los técnicos estarán al pendiente de cualquier desperfecto en un nodo. Por lo tanto debemos tomar en cuenta estos egresos que vamos a tener para dar mantenimiento a nuestra red. En la tabla 4.16 vemos dichos egresos.

EGRESOS MANTENIMIENTO DE LA RED			
DESCRIPCION	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL
Ingeniero de sistemas	2x1200	\$ 2.400,00	\$ 28.800,00
Décimo cuarto	2x354		\$ 708,00
Décimo tercero	2x1200		\$ 2.400,00
Fondos de reserva 8,33 %	2x99,96	\$ 199,92	\$ 2.399,04
Técnicos	4x700	\$ 2.800,00	\$ 33.600,00
Décimo cuarto	4x354		\$ 1.416,00
Décimo tercero	4x700		\$ 2.800,00
Fondos de reserva 8,33 %	4x58,31	\$ 233,24	\$ 2.798,88
Grúas	3x2.750	\$ 8.250,00	\$ 99.000,00
Otros	1	\$ 5.000,00	\$ 60.000,00
		TOTAL	\$ 233.921,92

Tabla 4. 16: Egresos Mantenimiento de la Red

También debemos tomar en cuenta los costos de arrendamiento del local donde se colocará el servidor, debido a que la empresa EMOV-EP no dispone de local en el centro de la ciudad, en la tabla 4.17 podemos observar los costos de arrendamiento.

EGRESO ARRENDAMIENTO DE LOCAL			
DESCRIPCION	CANTIDAD	MENSUAL	ANUAL
Local Servidor	1	\$ 1.000,00	\$ 12.000,00
		TOTAL	\$ 12.000,00

Tabla 4. 17: Egreso Arrendamiento Local

4.4.2 Total de egresos

Al realizar la suma del mantenimiento de la red y arrendamiento del local podemos calcular el egreso total con la implementación del proyecto como se ve en la tabla 4.18.

TOTAL EGRESOS CON PROYECTO	
Egresos mantenimiento de la Red	\$ 233.921,92
Egreso arrendamiento local	\$ 12.000,00
TOTAL	\$ 245.921,92

Tabla 4. 18: Egresos EMOV-EP Con Proyecto

4.4.3 Ganancia o utilidad

En la tabla 4.19 observamos la utilidad de la empresa EMOV-EP con el proyecto implementado.

GANANCIA O UTILIDAD	
TOTAL INGRESOS	\$ 790.848,00
TOTAL EGRESOS	\$ 245.921,92
GANANCIA TOTAL	\$ 544.926,08

Tabla 4. 19: Ganancia o Utilidad EMOV-EP con proyecto

4.4.4 VAN y TIR con proyecto

Con la implementación de nuestro proyecto podemos decir que la depreciación que tiene para los 5 años de vida útil es de \$138.562,26 dólares como se observa en la tabla 4.20.

Ingresos	\$ 790.848,00	
Egresos	\$ 245.921,92	
Inversión	\$ 769.790,36	
Vida Útil	5	años
Valor Residual	\$ 76.979,04	
Depreciación	\$ 138.562,26	

Tabla 4. 20: Depreciación con Proyecto.

El VAN (Valor Actual Neto) nos indica la rentabilidad de nuestro proyecto. Para hallar el VAN se necesitan:

- tamaño de la inversión.
- flujo de caja neto proyectado.
- tasa de descuento.

En la tabla 4.21 se indica los ingresos y egresos para un periodo de 5 años junto con su flujo neto, cabe mencionar que los ingresos cada año van aumentando en 4% debido al aumento de las multas anualmente y los egresos aumentan en un 3.5% debido al incremento del salario básico unificado que tiene el Ecuador anualmente.

Periodo	Ingresos	Egresos	Flujo Neto
0	0	-\$ 769.790,36	-\$ 769.790,36
1	\$ 790.848,00	-\$ 384.484,18	\$ 406.363,82
2	\$ 822.481,92	-\$ 397.941,12	\$ 424.540,80
3	\$ 855.381,20	-\$ 411.869,05	\$ 443.512,15
4	\$ 889.596,45	-\$ 426.284,46	\$ 463.311,99
5	\$ 921.230,37	-\$ 441.204,41	\$ 480.025,96

Tabla 4. 21: Periodos de Ingresos, Egresos y Flujo Neto Con proyecto

Cada periodo debemos actualizarlo a través de una tasa de descuento (tasa de rentabilidad mínima que esperamos ganar), en nuestro caso sería de 12%, que utilizaríamos para calcular el VAN y TIR como se muestra a continuación en la tabla 4.22.

Periodo Simple De Pago	1,89433786	años
Tasa De Descuento	12,00%	
VAN	\$ 813.981,75	
TIR	48%	

Tabla 4. 22: VAN y TIR Con Proyecto

4.4.5 Graficas VAN y TIR

En la figura 4.5 podemos ver la gráfica del VAN y TIR con proyecto y sin proyecto.

Cuando el VAN es:

$VAN > 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable.

$VAN = 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la TD.

$VAN < 0 \rightarrow$ el proyecto no es rentable.

El TIR (Tasa Interna de Retorno) es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable entonces para hallar la TIR se necesitan:

- tamaño de inversión.
- flujo de caja neto proyectado.

Por lo tanto nuestro diseño es muy rentable y aplicable para nuestra ciudad debido a que el VAN con proyecto nos dice que al cabo de 5 años hemos recuperado nuestra inversión en tan solo 1 año 9 meses y tendremos una ganancia de \$ 813.981,75 dólares en 5 años, mientras que el TIR es 48% lo cual nos confirma la rentabilidad debido a que es mayor al 12 % que es nuestro porcentaje de utilidad esperado, por lo que tendremos más capital que si lo hubiéramos puesto a renta fija que su tasa actual se encuentra en 7.3%.

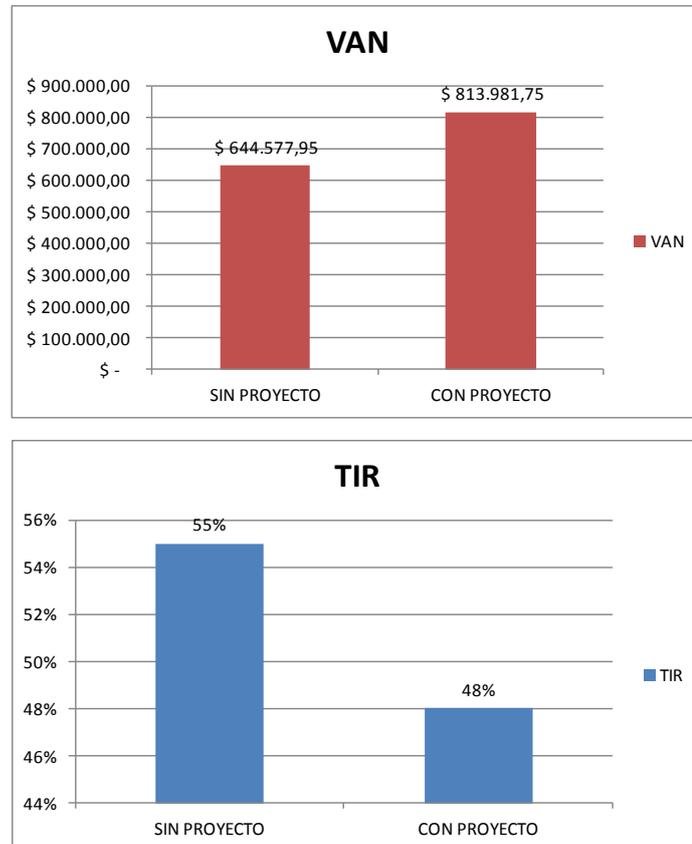


Figura 4. 5: Graficas del VAN y TIR

Se podría decir que el TIR confirma el VAN, en nuestro caso el TIR= 48% por lo tanto es mayor que la TD=12%, lo que nos dice que el proyecto es cada vez más rentable por lo tanto el resultado del VAN es verdadero.

Entonces podemos decir que este proyecto tendrá para la ciudad grandes beneficios como convertirse en una Smart City, donde la tecnología gira alrededor de una ciudad inteligente, automatizando el sistema de parqueo dando resultados positivos como reducción de la contaminación ambiental, disminución de la congestión vehicular, y mejorando la cultura de la ciudadanía.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado nuestro proyecto de tesis, “diseño de infraestructura de red de parqueo inteligente para el casco urbano de la ciudad Cuenca” podemos decir que hemos cumplido con los objetivos propuestos en nuestro anteproyecto, ya que diseñamos un sistema de parqueo basado en las necesidades de la empresa EMOV EP tratando de cumplir con todos sus requerimientos y exigencias con la ayuda de nuevas tecnologías, permitiéndole a la ciudad de Cuenca convertirse en una Smart City (ciudad inteligente), digitalizando los datos de parqueo tarifado en el centro de la ciudad donde se obtendrá estadísticas y reportes automáticos de cada espacio de aparcamiento en cualquier momento en tiempo real.

Este proyecto utiliza equipos Wasmote (Libelium) que cumple con nuestras exigencias para la implementación en la ciudad de Cuenca, ya que permite utilizar diferentes módulos que son adaptables a las placas Wasmote para realizar varias mediciones como ruido, velocidad, temperatura, en nuestro caso la detección de la presencia de un vehículo, donde se utilizara el módulo Smart Parking conjuntamente con el módulo RFID que manejaremos para el sistema de cobro para nuestro diseño. Estos dispositivos utilizan protocolos de comunicación de IEEE 802.15.4 debido a que pasan dormidos el 99% del tiempo y ocupan transmisiones de baja energía en el espectro extendido, trabajan a 2.4 GHz, una banda libre a nivel mundial por lo que podemos utilizarla en nuestro diseño para nuestra ciudad.

Debido a que estos sensores Wasmote consumen poca energía, la alimentación para los sensores será mediante baterías no recargables, por lo que daremos mantenimiento a nuestro sistema dentro de 5 a 6 años ya que el funcionamiento de los sensores está dispuesto para ese periodo de tiempo.

Cabe recalcar que estas placas Wasmote consta de varios métodos de alimentación, como puede ser conexión a la red eléctrica, conexión al encendedor de un vehículo o si quisiéramos hacer nuestro proyecto más ecológico, eficiente y duradero podemos tener una conexión a un panel solar.

Cabe mencionar que proyectos similares ya han sido implementado en otras ciudades donde se ha obtenido buenos resultados gracias a su arquitectura, topología, ahorro de energía y funcionamiento de la red, debido a que son equipos diseñados para

aplicaciones Smart Parking, es por tal razón que hemos ocupado estos equipos para nuestro diseño y le hemos aumentando el sistema de cobro mediante tags que reemplazarían las tarjetas actuales de venta, logrando automatizar el sistema de cobro, brindando un servicio de calidad para el usuario.

Para este estudio se tomó en cuenta los valores mencionados por funcionarios del sistema de estacionamiento rotativo tarifado (SERT) que nos brindaron la información para lograr un cálculo aproximado sobre los ingresos, egresos y utilidades de la empresa EMOV-EP para el centro de la ciudad de Cuenca, donde realizamos el cálculo del VAN, TIR con proyecto y sin proyecto, obteniendo resultados que fueron comparados respectivamente, llegando a la conclusión favorable de implementación gracias al resultado del VAN con la implementación del proyecto, donde podemos decir que es un proyecto rentable, confirmando su rentabilidad gracias al cálculo del TIR que dio como resultado el 48%, superando el 12% que es el valor propuesto de la tasa de descuento para nuestro proyecto, asegurándonos que es un proyecto rentable para la ciudad de Cuenca y que su inversión puede ser recuperada en un años, nueve meses obteniendo una ganancia de \$ 813.981,75 dólares durante los 5 años.

Si este proyecto se llegara a implementar en nuestra ciudad tendrá excelentes beneficios en el futuro y también cambiaría la cultura de los ciudadanos, debido a que la ciudad de Cuenca tendrá otros beneficios al momento de convertirse en una Smart City y podrá entrarse en el internet de las cosas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para nuestro diseño tener actualizado las plazas de aparcamiento y las normas de parqueo ya que estas cambian constantemente con proyectos arquitectónicos en el casco urbano de la ciudad de Cuenca.
- Para nuestro sistema de cobro se recomienda aparte de la venta de los TAGS (llaveros) utilizar un sistema de recargas Bancarias o Electrónicas que se puedan realizar mediante internet.
- Se recomienda tener un catálogo actualizado de precios de los equipos, manteniéndose atentos a cualquier cambio a existir en las mismas.
- Es recomendable reemplazar la alimentación de los dispositivos que utilizan energía eléctrica por paneles solares ya que estos equipos pueden funcionar con este tipo de energía evitando la contaminación.
- Es recomendable realizar un análisis del espectro de banda de 2.4 GHz, para verificar la disponibilidad de los canales y evitar la saturación.
- Se recomienda tomar en cuenta este proyecto a los directivos de la empresa EMOV-EP para futuros arreglos y automatizaciones de la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Palazzo Badoer Universidad Luav de Venezia- San Polo 2468, 30125 Venezia disponible (ONLINE): <http://www.ricercasit.it/Dottorato/Content.aspx?page=290>
- [2] <http://www.telegrafo.com.ec/regionales/regional-sur/item/diez-mil-carros-entrancada-ano-al-parque-automotor-de-cuenca.html>
- [2] Congested roadways stat according to The Texas Traffic Institute's Urban Mobility Report.
- [3] Parking Inteligente con ZigBee Madrid España 12 de Octubre 2008 [online] disponible en:http://www.nextfor.com/nextforweb/imagesuser/MN_CS02%20%20Aparcamiento%20Inteligente_esp0508.pdf
- [4] Protocol ZigBee (IEEE 802.15.4) ZigBee Alliance Web Site in: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/1/InformeTecZB.pdf>
- [5] Tecnología ZigBee. Un Mundo de Soluciones Inalámbricas Buenos Aires Argentina 2011 disponible en: <http://www.electrocomponentes.com/articulos/diciembre06/zigbee.html>
- [6] Equipamiento de seguridad Vial [online] 2013 Madrid disponible en: <http://equipamientoyseguridadvial.blogspot.com/2013/04/id-para-la-movilidad-urbana-gestion-del.html>
- [7] TYSSA ingeniería de transito, SA.de CV. México 11/01/2008 [online] disponible en: <http://info.tyssatransito.com>
- [8] Shaheen, S.A. Rodier, C.J. Eaken, A.M. (2005). Smart Parking Management Field Test: A Bay Area Rapid Transit (BART) District Parking Demonstration. California USA, Institute of Transportation Studies, University of California. (Online): http://pubs.its.ucdavis.edu/publication_detail.php?id=44. (Consultado): Septiembre 16, 2012.
- [9] Kell, J.H. Fullerton, I.J. Mills, M.K. (1990). Traffic Detector Handbook. USA, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2a ed., pp. 1-39.
- [10] Ernesto Sifuentes de la Hoya, Francisco Javier Enríquez Aguilera, Juan de Dios Cota Ruiz, Jesús Martín Silva Aceves Enero-Abril, 2013 Magnetómetro De Bajo Costo Para Detectar Vehículos Estáticos Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Estudios en Sistemas Digitales Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
- [11] E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de Vigo Departamento de Tecnología Electrónica Sensores de ultrasonidos Enrique Mandado Pérez Antonio Murillo Roldan
- [12] “fundamentos de mecatrónica” sensores. ING. RENE SALAZAR GUERRERO secretaria de educación pública PDF.
- [13] capitulo 3, el estándar Zigbee 29-73.PDF.

- [14] “comparación de los estándares,” [online] IEEE Capitulo 8, 2005. Disponible en:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo8.pdf
- [15] CNDA Ing. René Salazar Guerrero 2011 Fundamentos de la Mecatrónica “Sensores”.pdf
- [16] La calle Inteligente de Sant Cugat del vallès 1 de julio 2012 disponible:
http://www.larazon.es/detalle_hemeroteca/noticias/LA_RAZON_468449/6785-la-calle-inteligente-de-sant-cugat-del-vall-s#.Ttt1y5UtmBMuKEi
- [17] Richard Walding [online] 2 Julio 2013 disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Detector_de_bucle_de_inducci%C3%B3n
- [18] Diario el Mercurio “patios de la EMOV” Cuenca 23 de septiembre 2014 disponible en: <http://www.elmercurio.com.ec/439772-autos-retenidos-saturan-tres-patios-de-la-emov/>
- [19] “Parkinginteligente”TST[online]disponibleen:<http://www.tstsistemas.es/solucion-es/parking>
- [20] Ordenanza Municipal de Tráfico, Circulación de Vehículos a motor seguridad vial y régimen de uso de la vía pública del municipio de Cuenca (Febrero-2014). Título 3_Capitulo 4 “del servicio de estacionamiento regulado”.
- [21] David_Herrador_Muñoz. (2013, Julio) [Online].
http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20120313David_Herrador_Muñoz.pdf
- [22] Universidad de Cantabria “Redes De Sensores Inalámbricas Aplicada A la medicina” Esther Elena Flores Carbajal (Octubre 2012)
- [23] Escuela Técnica Superior de ingenieros industriales “agricultura de precisión mediante redes inalámbricas de sensores” Castillejo Erviti Mikel (Pamplona 27 de septiembre de 2013)
- [24] Roberto Moreano Viteri y Alejandro Godoy Vaca Facultad de Sistemas y telecomunicaciones Universidad Internacional SEK Quito Ecuador
- [25] Datasheet del Waspnote “SMART PARKING TECHNICAL GUIDE” document versión: v4.8 septiembre del 2014 Libelium Comunicaciones Distribuidas SL.
- [26] Universidad Politécnica de Madrid “Sistema De Aparcamiento Inteligente Aplicado A las Smart Cities” Autor David Herrador Muñoz (Julio 2013)
- [27] Universidad de Cantabria “Contribución al diseño, definición e implementación de una plataforma de investigación para la Internet del Futuro, basada en un despliegue masivo de redes de sensores inalámbricos heterogéneos, en el marco de la Ciudad Inteligente “José Antonio Galache López (Santander, octubre de 2013)
- [28] Universidad Técnica Particular de Loja “Estudio para el monitoreo de espacios de estacionamiento disponibles para vehículos usando una red de sensores para la ciudad de Loja” AUTORES: Valdivieso León, Carlos Andrés, Yaguana Tapia, William Santiago (LOJA – ECUADOR 2014)
- [29] Escuela Técnica Superior De Ingeniería De Telecomunicación “Programación De Un Nodo Conmutador Para la Gestión Remota De Redes 802.15.4/Zigbee” Málaga, 2011 Sergio Arévalo Barazas

[30] IEEE Standard for Information technology. “Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks specific requirements. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)”, 2010. Documento en formato pdf accessible por internet en la dirección: <http://www.ieee.org>.

[31] Libelium_Product_Catalogue 2014

[32] Guia Tecnica Meshlium Extreme v0.5 -09/2011 Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L.

[33] RFID/NFC 13.56MHzNetworking Guide Document version: v4.4 - 11/2014

© Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L.

ANEXO 1

Nº	RUTAS CENTRO HISTORICO	# DE CUADRAS
1	Manuel Vega de Vega Muñoz a Simon Bolivar	4
2	Manuel Vega de Simon Bolivar a Juan Jaramillo	4
3	Tomás Ordoñez de Vega Muñoz a Simón Bolívar.	4
4	Tomas Ordoñez M. Sucre a Honorato Vazques incluye Calle del Barrio Obrero	4
5	Vargas Machuca de Vega Muñoz a S. Bolivar	4
6	V. Machuca de S. Bolivar a H. Vazques Incluye J. Jaramillo de Tomas Ordoñez a V.Machuca	4
7	M. Cueva de V. Muñoz a Simon Bolivar	4
8	Mariano Cueva de S. Bolivar a J. Jaramillo incluye J. Jaramillo Machuca a Cueva	4
9	Hermano Miguel de Vega Muñoz a G. Colombia	3
10	Hermano Miguel de G. Colombia a P. Cordova	3
11	Hermano Miguel de P. Cordova a Larga Incluye Honorato Vazques de Miguel a Cueva	4
12	Presidente Borrero de Vega Muñoz a Simon Bolivar	4
13	Presidente Borrero de M. Sucre a Larga .	4
14	Luis Cordero de V. Muñoz a S. Bolivar	4
15	Luis Cordero de S. Bolivar a Calle Larga incluye H. vazquez De L. Cordero a H. Miguel	4
16	B. Malo de V. Muñoz a S. Bolivar	4
17	B. Malo de S. Bolivar a C. Larga	4
18	Padre Aguirre de Vega Muñoz a G. Colombia	4
19	Padre Aguirre G. Colombia a P. Cordova Incluye Plazoleta San Francisco	4
20	Padre Aguirre de P. Cordova A Calle Larga In cluye Santa Teresa y Juan Jaramillo de G. Tores a P.Aguirre	4
21	G. Torres de V. Muñoz a M. Lamar incluye calle C. Crespi.	3
22	G. Torres de M. Lamar a M. sucre	3
23	G.Torres de M. Sucre a Calle Larga incluye Plazoleta San Francisco frente al PAI y Calle de San Francisco	4
24	M. Lamar de G. Torres a C. Talbot C. Talbot de G. Sangurima a G. Colombia incluye M. Lamar de C. Talbot a M. Velez y Miguel Velez de G. Sangurima a G. Colombia	6
25	M. Sucre de Huaynacapac a M. Cueva	4
26	M. Sucre de M. Cueva a B. Malo	4
27	M. Sucre de Benigno Malo a E. Toral S.	4
28	S. Bolivar de Huaynacapac a V. Machuca Incluye Parque San Blas	5
29	S. Bolivar de V. Machuca a Luis Cordero	4
30	Bolivar de Estevez de Toral a Benigno Malo	4
31	Gran Colombia de Huayna Capac a V. Machuca	3
32	Gran Colombia de V. Machuca a L. Cordero	4
33	Gran Colombia de G. Torres a C. Talbot.	4
34	Gran Colombia de C. Talbot a M. Heredia incluye M.Heredia de G. Colombia a V. Muñoz	5
35	M. Lamar de Huaynacapac a M. Cueva	4
36	M. Lamar de General Torres a Talbot	4

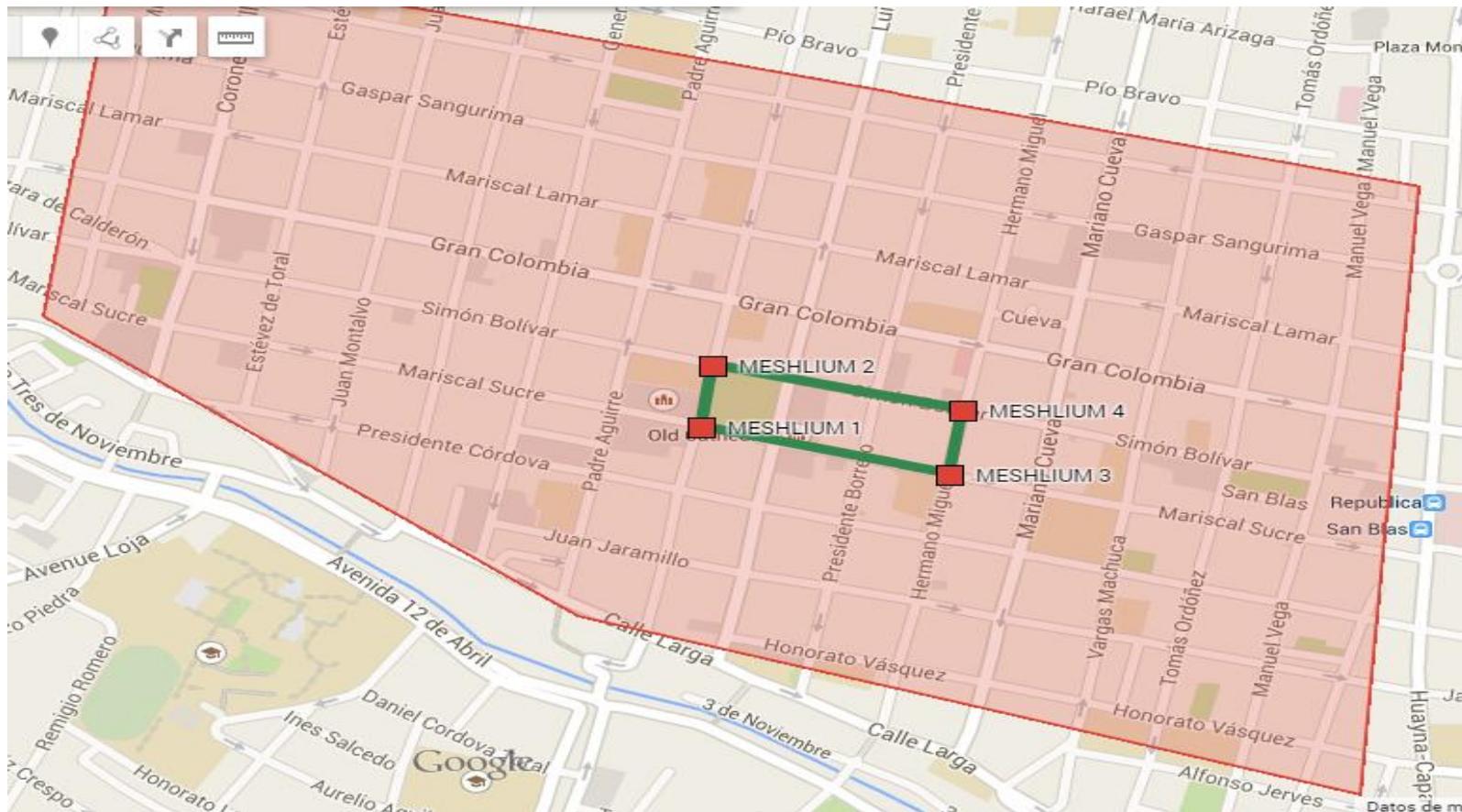
Rutas centro histórico de Cuenca

ANEXO 2

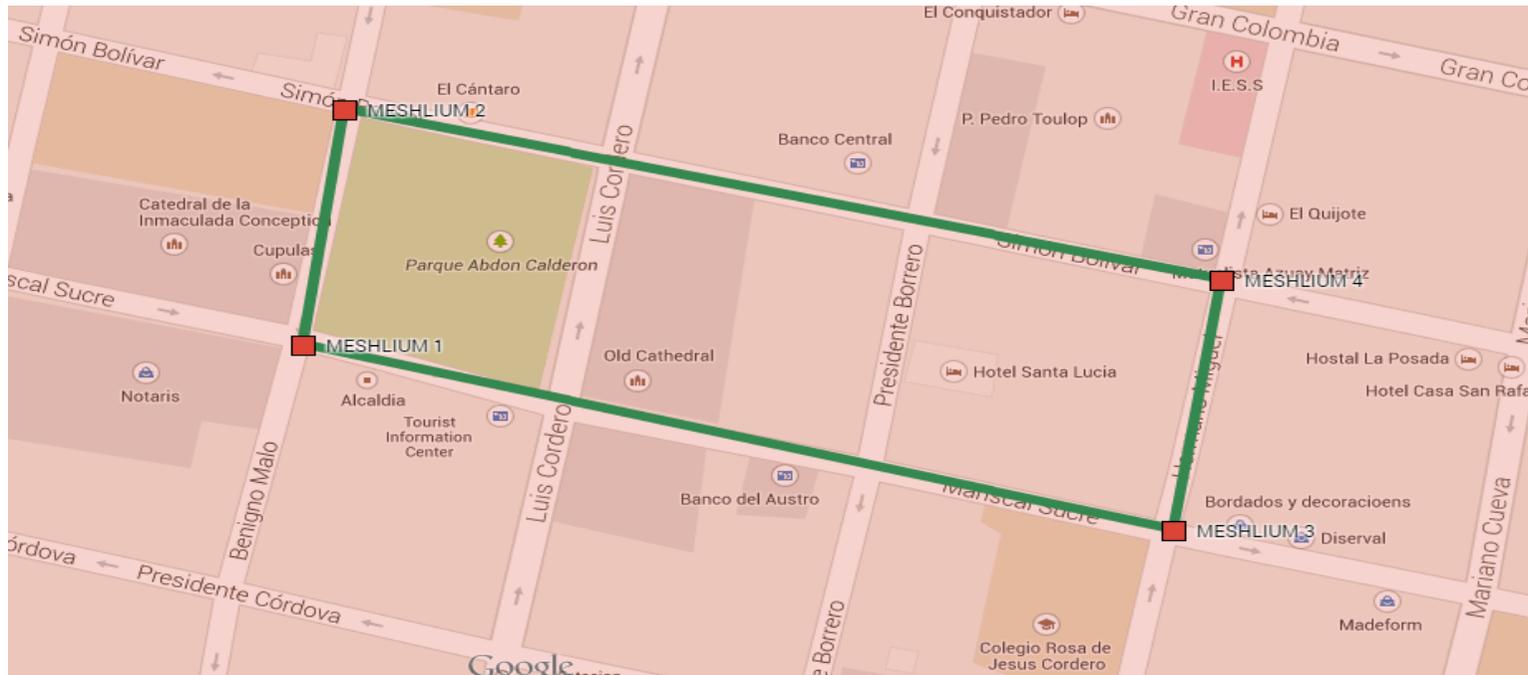
INFRACCIÓN	SANCIÓN PORCENTAJE DEL SALARIO BÁSICO UNIFICADO	MULTA EN DÓLARES
Ausencia de tarjeta u otro medio definido por la EMOV-EP para el uso de zonas tarifadas	5%	14,60
Excederse en el tiempo máximo permitido de parqueo	5%	14,60
Alteración y/o falsificación de tarjeta u otro medio definido por la EMOV-EP	10%	29,20
Estacionar un vehículo motorizado en zona prohibida.	20%	58,40
Incursión con vehículos en ciclo vías, zonas peatonales, o vías que se encuentren momentáneamente cerradas al tránsito motorizado.	20%	58,40
Detener el vehículo generando doble fila.	10%	29,20
Estacionar el vehículo y realizar ventas en la vía pública	10%	29,20
Detener o estacionar el vehículo obstaculizando el espacio asignado para paradas de transporte público.	20%	58,40
Incursión con vehículos en carriles exclusivos de transporte público.	20%	58,40
Uso indebido de salvoconductos.	50%	146,00
Remolque del vehículo con grúa por parqueo en zona prohibida.	15%	43,80
Remolque de un vehículo con grúa por exceso en el tiempo máximo autorizado de parqueo.	10%	29,20
Inmovilización de vehículos pesados parqueados en zonas prohibidas o en las vías señaladas en esta ordenanza.	50%	146,00

Vehículos pesados circulando en el Centro Histórico de Cuenca en horas no autorizadas.	50%	146,00
Realizar carga o descarga en vehículos menores a 3.5 toneladas en el Centro Histórico, fuera del horario autorizado.	20%	58,40
Realizar carga o descarga en vehículos pesados o menores a 3.5 toneladas, fuera del horario autorizado, según las distintas zonas de la ciudad.	20%	58,40
Obstruir vías o veredas con bienes o materiales.	Retiro de material a costa de propietario y multa de 20%	58,40
Remolque de vehículo con grúa por tener 3 o más multas impagas por cualquiera de las infracciones previstas en esta ordenanza.	10%	29,20 + deuda por multas pendientes.

Valores y porcentajes de multas de un salario básico



Ubicación y delimitación del área de cobertura de los Meshlium en el Centro de Cuenca en Google maps

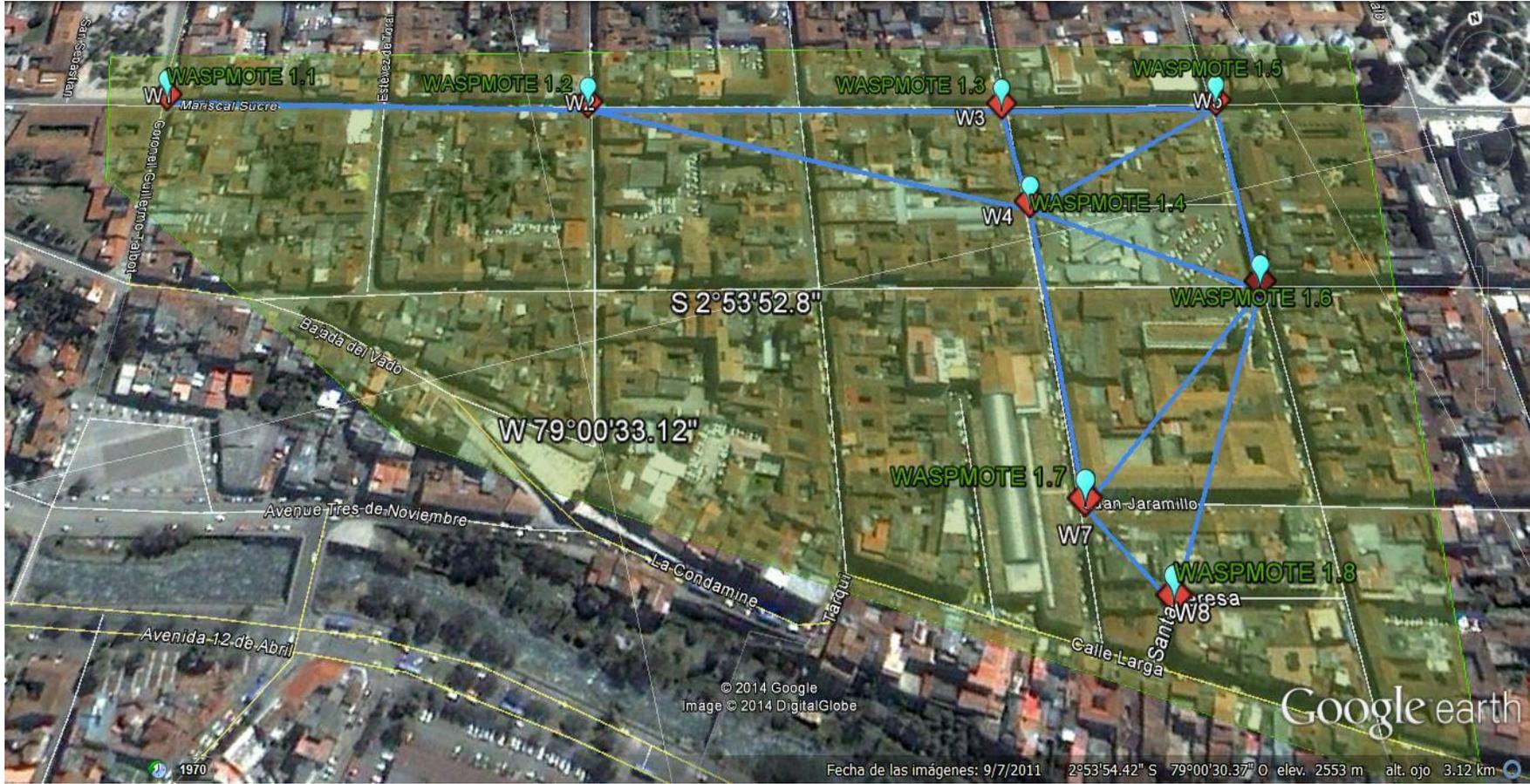


Zoom de la ubicación de los Meshlium en las Calles de Cuenca en Google Maps

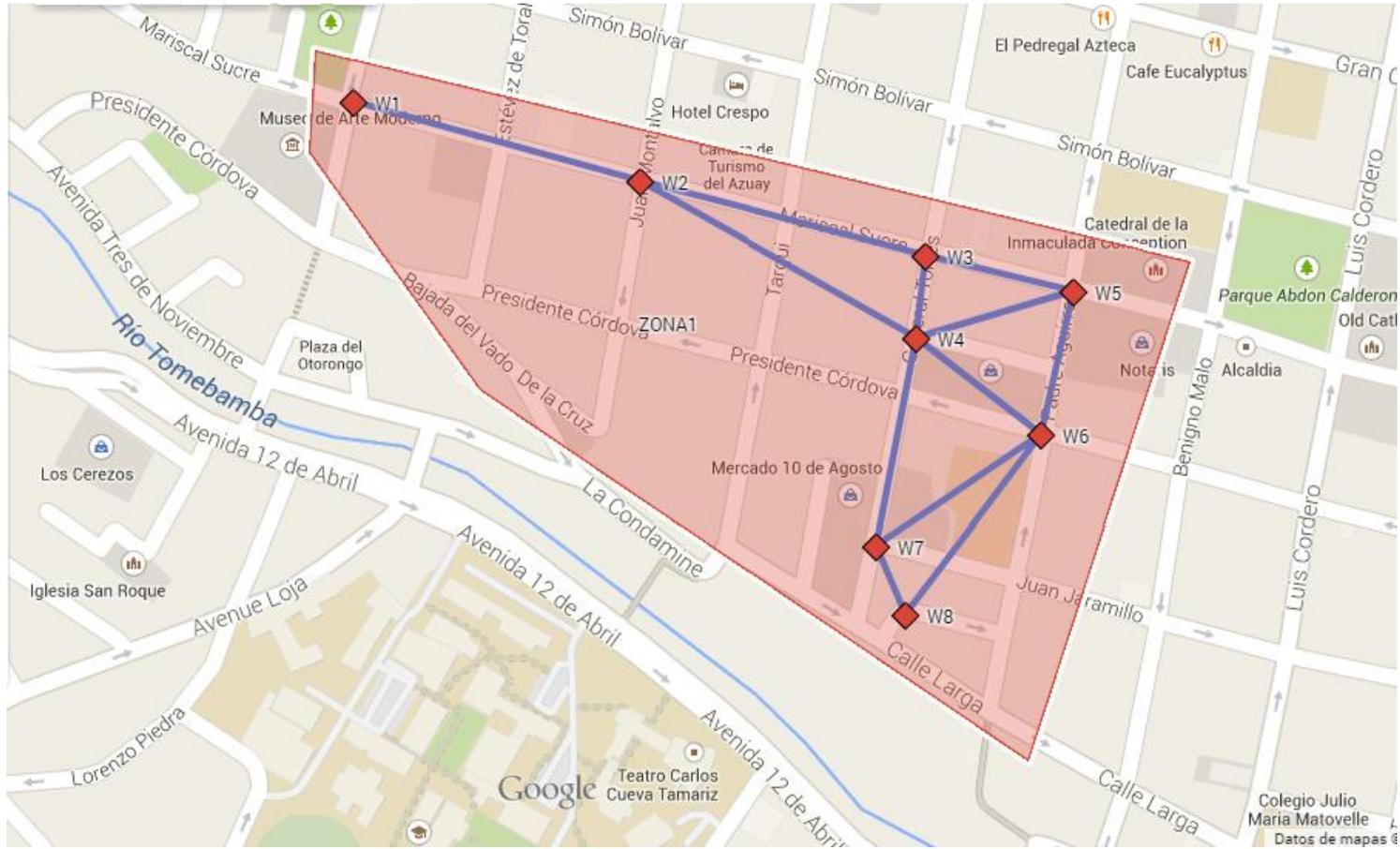
Descripción	Latitud	Longitud	Intersección
Meshlium 1	2°53'52.02"S	79° 0'17.74"O	Benigno Malo y Mariscal Sucre
Meshlium 2	2°53'48.65"S	79° 0'17.26"O	Benigno Malo y Simón Bolívar
Meshlium 3	2°53'54.65"S	79° 0'7.58"O	Hermano Miguel y Mariscal Sucre
Meshlium 4	2°53'51.08"S	79° 0'7.03"O	Hermano Miguel y Simón Bolívar

Calles y coordenadas de la ubicación de los Meshlium

WASPMOTE ZONA 1



Ubicación de los WaspMote router en la zona 1 en el Centro de Cuenca en Google Earth



Ubicación de los Wasmote router en la zona 1 en el Centro de Cuenca en Google Maps

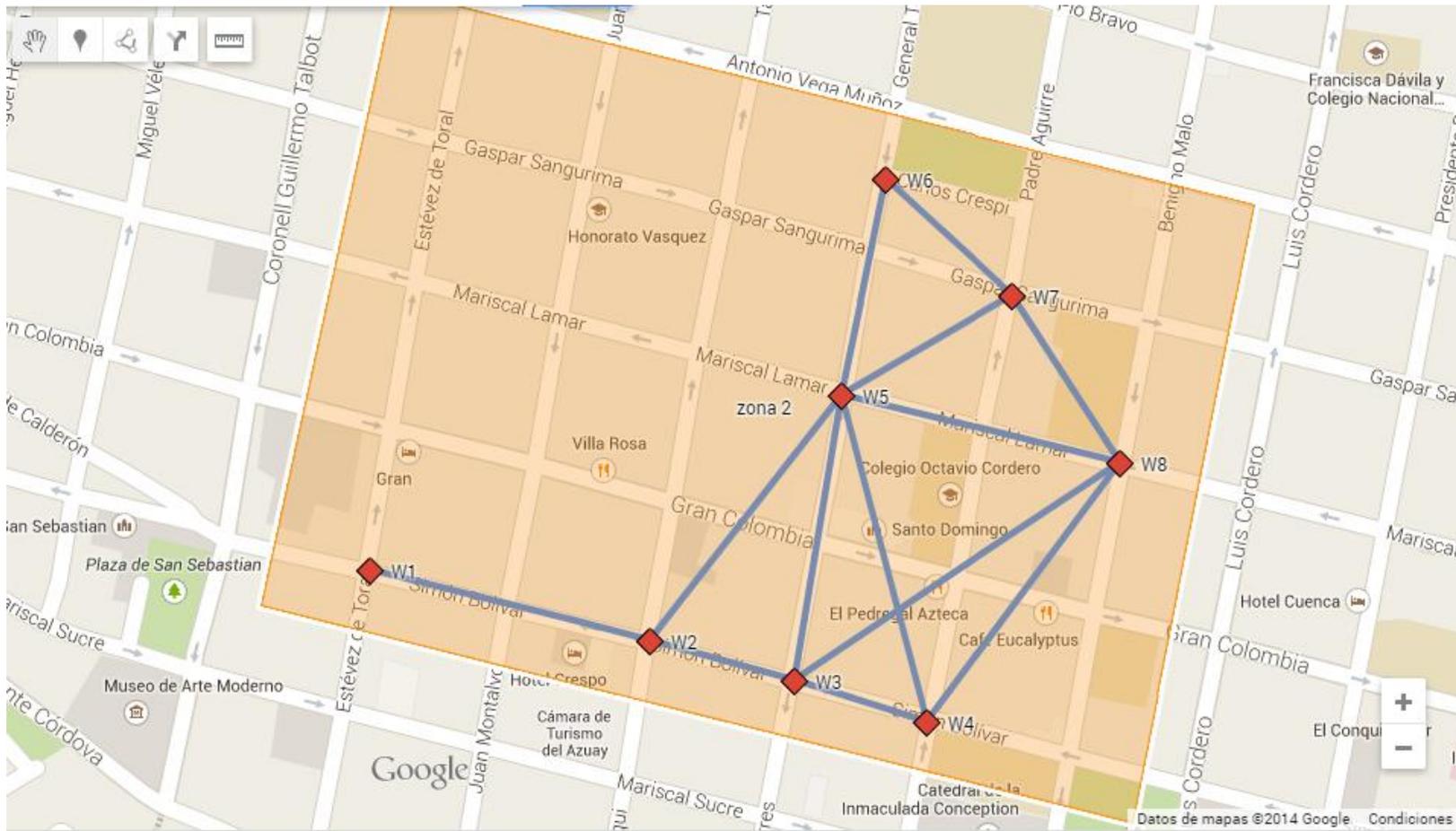
Descripción	Latitud	Longitud	Intersección
WASPMOTE 1.1	2°53'46.42"S	79° 0'39.35"O	Coronel Talbot y Mariscal Sucre
WASPMOTE 1.2	2°53'48.40"S	79° 0'32.14"O	Juan Montalvo y Mariscal Sucre
WASPMOTE 1.3	2°53'50.22"S	79° 0'25.01"O	General Torres y Mariscal Sucre
WASPMOTE 1.4	2°53'52.27"S	79° 0'25.22"O	General Torres y San Francisco
WASPMOTE 1.5	2°53'51.13"S	79° 0'21.30"O	Padre Aguirre y Mariscal Sucre
WASPMOTE 1.6	2°53'54.69"S	79° 0'22.09"O	Padre Aguirre y Presidente Córdova
WASPMOTE 1.7	2°53'57.44"S	79° 0'26.23"O	General Torres y Juan Jaramillo
WASPMOTE 1.8	2°53'59.13"S	79° 0'25.50"O	Calle Santa Teresa

Calles y coordenadas de la ubicación de los Wasmote router en la zona 1

WASPMOTE ZONA 2



Ubicación de los WaspMote router en la zona 2 en el Centro de Cuenca en Google Earth



Ubicación de los Waspmote router en la zona 2 en el Centro de Cuenca en Google Maps

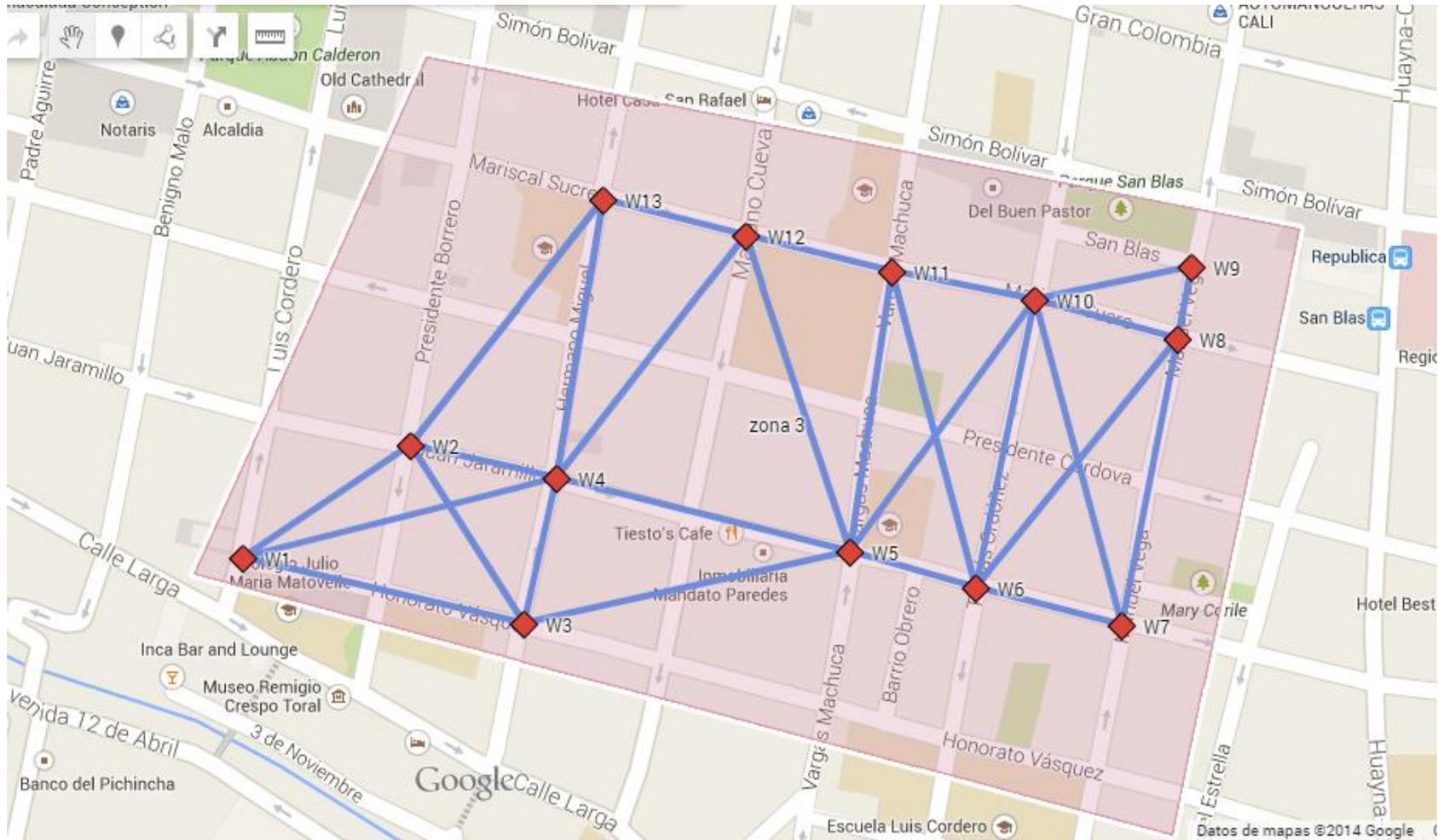
Descripción	Latitud	Longitud	Intersección
WASPMOTE 2.1	2°53'43.92"S	79° 0'34.94"O	Estévez de Toral y Simón Bolívar
WASPMOTE 2.2	2°53'45.67"S	79° 0'27.82"O	Tarqui y Simón Bolívar
WASPMOTE 2.3	2°53'46.68"S	79° 0'24.17"O	General Torres y Simón Bolívar
WASPMOTE 2.4	2°53'47.72"S	79° 0'20.78"O	Padre Aguirre y Simón Bolívar
WASPMOTE 2.5	2°53'39.52"S	79° 0'22.94"O	General Torres y Mariscal Sucre
WASPMOTE 2.6	2°53'34.08"S	79° 0'21.85"O	General Torres y Carlos Crespi
WASPMOTE 2.7	2°53'36.99"S	79° 0'18.61"O	Padre Aguirre y Gaspar Sangurima
WASPMOTE 2.8	2°53'41.21"S	79° 0'15.89"O	Benigno Malo y Mariscal Lamar

Calles y coordenadas de la ubicación de los Wasmote router en la zona 2

WASPMOTE ZONA 3



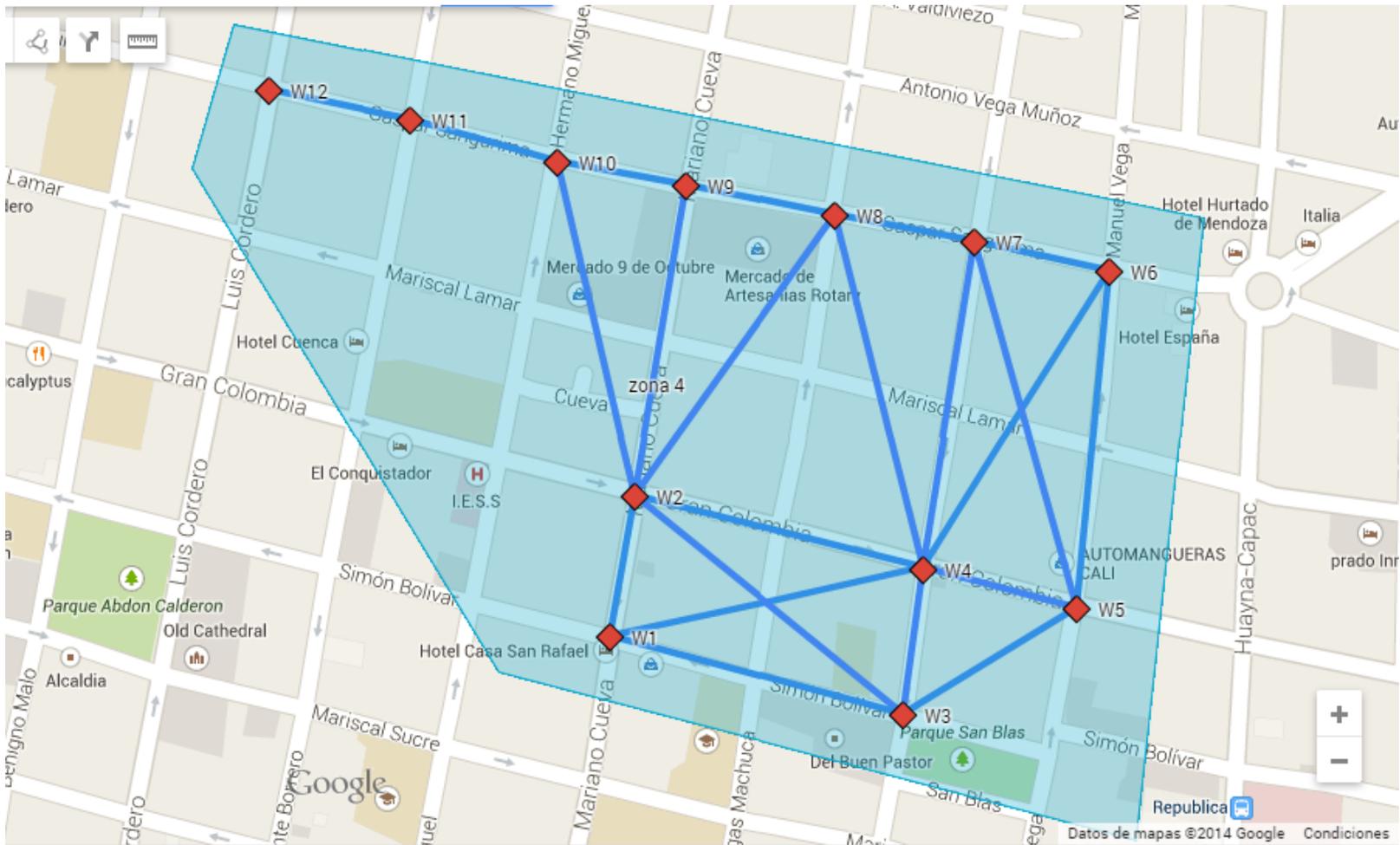
Ubicación de los WaspMote router en la zona 3 en el Centro de Cuenca en Google Earth



Ubicación de los Waspote router en la zona 3 en el Centro de Cuenca en Google Maps

Descripción	Latitud	Longitud	Intersección
WASPMOTE 3.1	2°54'3.61"S	79° 0'16.58"O	Luis Cordero y Honorato Vásquez
WASPMOTE 3.2	2°54'0.83"S	79° 0'12.41"O	Presidente Borrero y Juan Jaramillo
WASPMOTE 3.3	2°54'5.24"S	79° 0'9.61"O	Hermano Miguel y Honorato Vásquez
WASPMOTE 3.4	2°54'1.65"S	79° 0'8.79"O	Hermano Miguel y Juan Jaramillo
WASPMOTE 3.5	2°54'3.47"S	79° 0'1.46"O	Vargas Machuca y Juan Jaramillo
WASPMOTE 3.6	2°54'4.35"S	78°59'58.37"O	Tomas Ordoñez y Juan Jaramillo
WASPMOTE 3.7	2°54'5.27"S	78°59'54.71"O	Manuel Vega y Juan Jaramillo
WASPMOTE 3.8	2°53'58.24"S	78°59'53.33"O	Manuel Vega y Mariscal Sucre
WASPMOTE 3.9	2°53'56.43"S	78°59'52.98"O	Manuel Vega y San Blas
WASPMOTE 3.10	2°53'57.24"S	78°59'56.87"O	Tomas Ordoñez y Mariscal Sucre
WASPMOTE 3.11	2°53'56.57"S	79° 0'0.45"O	Vargas Machuca y Mariscal Sucre
WASPMOTE 3.12	2°53'55.67"S	79° 0'4.08"O	Mariano Cueva y Mariscal Sucre
WASPMOTE 3.13	2°53'54.79"S	79° 0'7.62"O	Hermano Miguel y Mariscal Sucre

Calles y coordenadas de la ubicación de los Waspote router en la zona 3

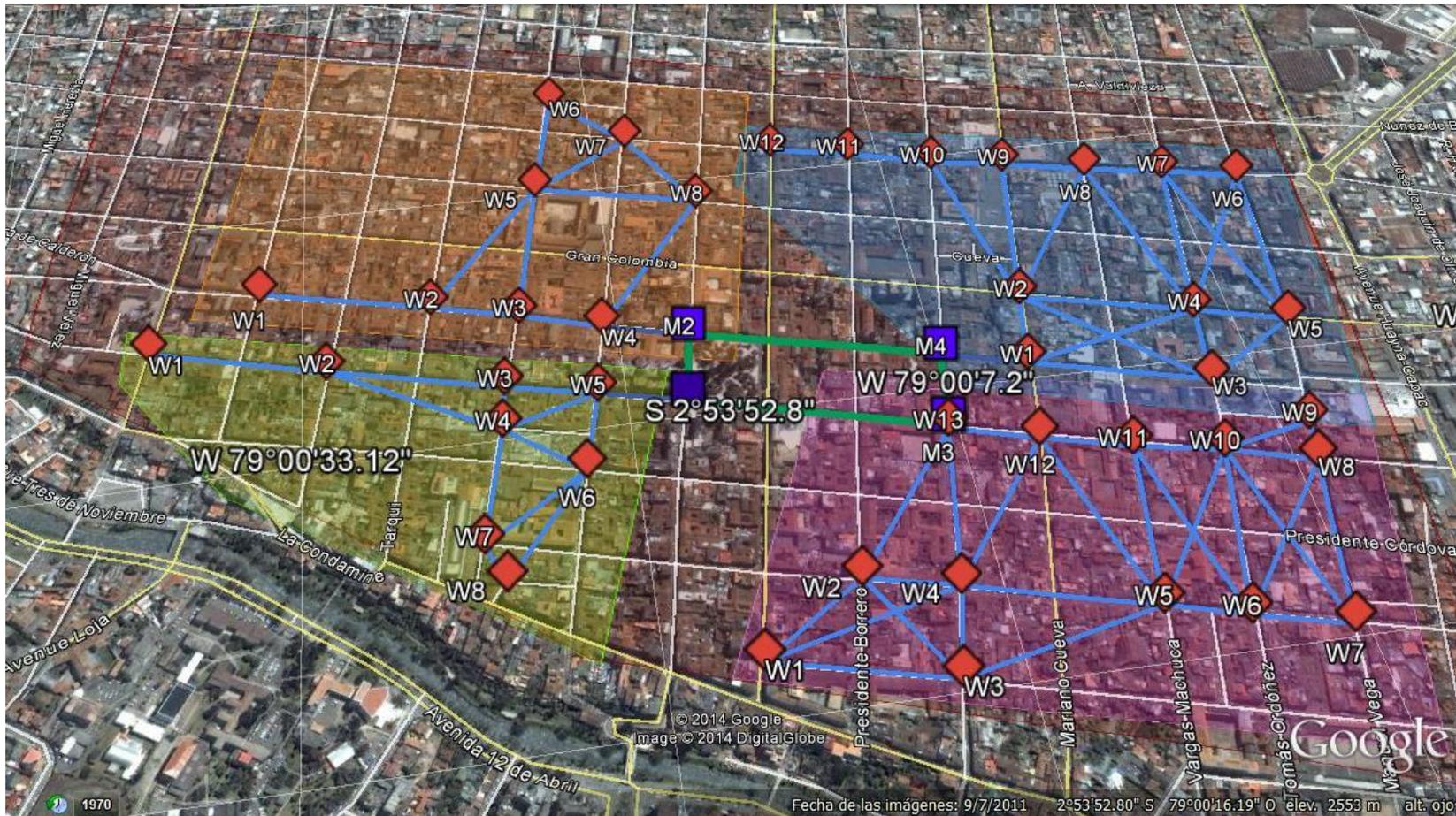


Ubicación de los Waspote router en la zona 4 en el Centro de Cuenca en Google Maps

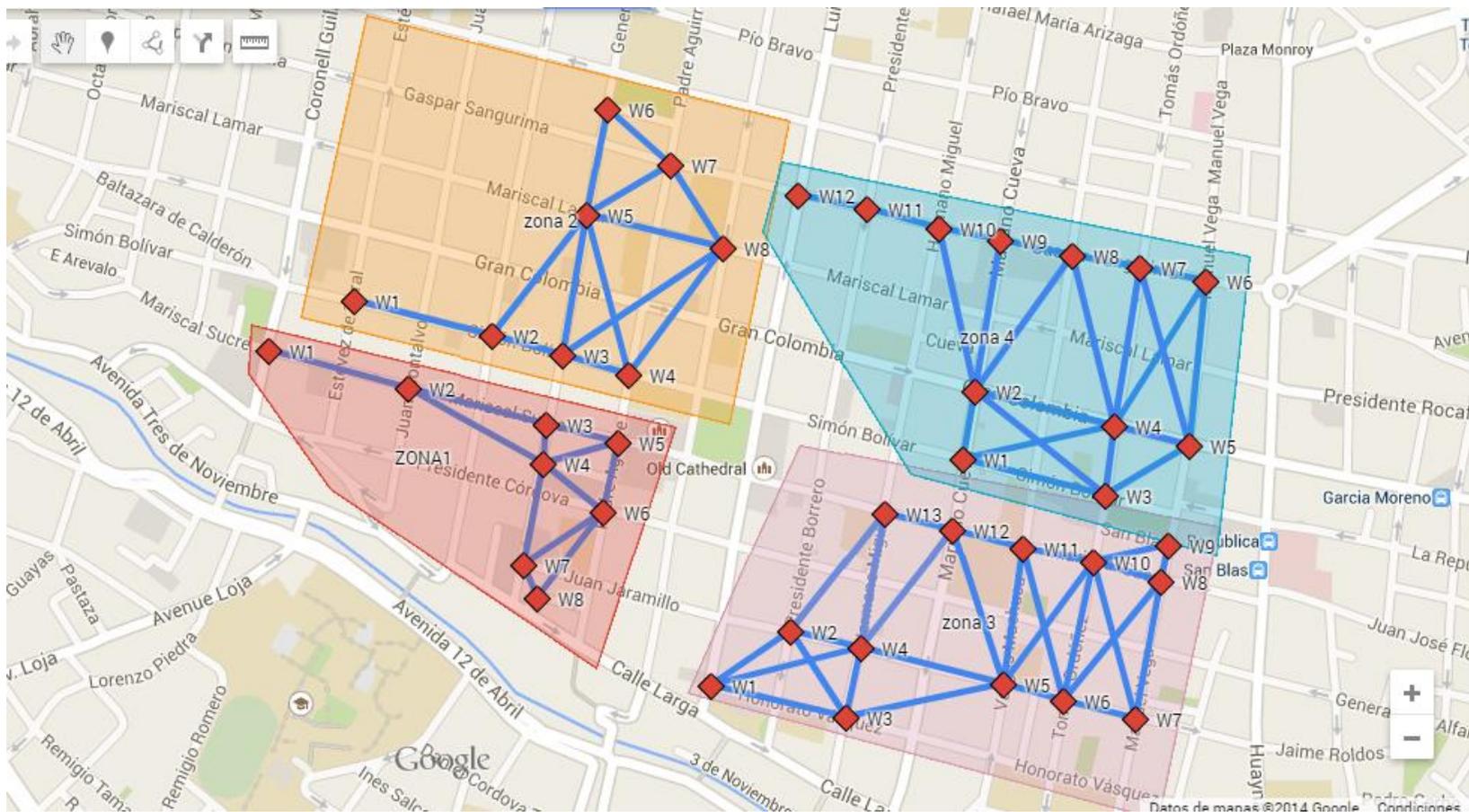
Descripción	Latitud	Longitud	Intersección
WASPMOTE 4.1	2°53'51.97"S	79° 0'3.53"O	Mariano Cueva y Simón Bolívar
WASPMOTE 4.2	2°53'48.50"S	79° 0'2.92"O	Mariano Cueva y Gran Colombia
WASPMOTE 4.3	2°53'53.89"S	78°59'56.23"O	Tomas Ordoñez y Simón Bolívar
WASPMOTE 4.4	2°53'50.29"S	78°59'55.74"O	Tomas Ordoñez y Gran Colombia
WASPMOTE 4.5	2°53'51.29"S	78°59'51.89"O	Manuel Vega y Gran Colombia
WASPMOTE 4.6	2°53'42.93"S	78°59'51.08"O	Manuel Vega y Gaspar Sangurima
WASPMOTE 4.7	2°53'42.22"S	78°59'54.43"O	Tomas Ordoñez y Gaspar Sangurima
WASPMOTE 4.8	2°53'41.57"S	78°59'57.93"O	Vargas Machuca y Gaspar Sangurima
WASPMOTE 4.9	2°53'40.81"S	79° 0'1.62"O	Mariano Cueva y Gaspar Sangurima
WASPMOTE 4.10	2°53'40.23"S	79° 0'4.84"O	Hermano Miguel y Gaspar Sangurima
WASPMOTE 4.11	2°53'39.20"S	79° 0'8.53"O	Presidente Borrero y Gaspar Sangurima
WASPMOTE 4.12	2°53'38.49"S	79° 0'12.03"O	Luis Cordero y Gaspar Sangurima

Calles y coordenadas de la ubicación de los Waspote router en la zona 4

UBICACIÓN DE TODOS LOS WASPMOTE ROUTER EN EL CASCO URBANO DE CUENCA



Ubicación de todos los Waspote router en el Centro de Cuenca en Google Earth



Ubicación de todos los Wasmote router en el Centro de Cuenca en Google Maps



Área de cobertura de todos los Waspote router en el Centro de Cuenca en Google Maps