



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CON
TECNOLOGÍA RFID PARA LOS PUNTOS DE CHEQUEO DE BUSES
URBANOS EN EL CORREDOR VIAL 1 DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

Autor

JULIO ANDRES SILVESTRE YAGUAL

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
Magister en Telecomunicaciones**

TUTOR:

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, 17 de agosto de 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Ing. Julio Andrés Silvestre Yagual como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, 17 de agosto de 2020

TUTOR

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, JULIO ANDRES SILVESTRE YAGUAL

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación **“Diseño de un sistema de telecomunicaciones con tecnología RFID para los puntos de chequeo de buses urbanos en el corredor vial 1 de la ciudad de Guayaquil”** previa a la obtención del Título de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, 17 de agosto de 2020

EL AUTOR

Ing. JULIO ANDRES SILVESTRE YAGUAL



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

YO, JULIO ANDRES SILVESTRE YAGUAL

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño de un sistema de telecomunicaciones con tecnología RFID para los puntos de chequeo de buses urbanos en el corredor vial 1 de la ciudad de Guayaquil”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 17 de agosto de 2020

EL AUTOR

Ing. JULIO ANDRES SILVESTRE YAGUAL

REPORTE DE URKUND

The screenshot displays the URKUND software interface. At the top, the logo 'URKUND' is visible on the left, and the user name 'Luis Córdova Rivadeneria (luis_cordova)' is on the right. Below the logo, document details are listed: 'Documento: TT - Julio Silvestre.docx (D76328910)', 'Presentado: 2020-07-13 13:20 (-05:00)', 'Presentado por: Luis Córdova Rivadeneria (lcordovar@yahoo.com)', and 'Recibido: luis.cordova.ucs@analysis.urkund.com'. A progress indicator shows '2%' of the document's 54 pages analyzed, with a note that 9 sources are present in the text. On the right, a 'Lista de fuentes' (List of sources) panel shows four entries: a SciELO link, a CORE.ac.uk PDF link, a Slideshare link, and 'urkund 2.docx' which is checked. Below the list is a toolbar with icons for search, navigation, and actions like 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'. The main content area shows the following text:

SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CON TECNOLOGÍA RFID PARA LOS PUNTOS DE CHEQUEO DE BUSES URBANOS EN EL CORREDOR VIAL 1 DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Autor

JULIO ANDRES SILVESTRE YAGUAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Magister en Telecomunicaciones

TUTOR: MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, 29 de julio del 2019

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de intervención a DIOS por ser una guía y el ser supremo que todo lo puede ante cualquier adversidad, por otorgarme la sabiduría para desarrollar este trabajo de investigación. A mi familia por ser un apoyo moral incondicional, por las enseñanzas para poder encarar el día a día, por haberme inculcado valores y principios necesarios. A mi esposa por ser la fuente de inspiración y perseverancia para cumplir cada objetivo planificado, además de dotar de amor nuestras vidas, gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a DIOS por darme la vida y permitirme realizar esta investigación. A la Universidad por haberme permitido formar parte de la institución y poder realizar mis estudios de posgrado. A los docentes que en base a su esfuerzo nos inculcaron conocimientos, métodos y razonamientos. Agradecer a todos quienes son parte de este proceso de formación profesional. Agradezco a mi familia por el apoyo y condiciones de vida que me permiten seguir mejorando como ser humano. A mi esposa por ser tan paciente y tolerable con los tiempos entre el estudio y la jornada laboral e inculcar el estudio día a día, agradecidos con todos por haberme brindado su apoyo.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
MSc. Manuel Romero Paz
TUTOR

f. _____
MSc. Manuel Romero Paz
DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. _____
MSc. Edgar Quezada Calle
REVISOR

f. _____
MSc. Luis Córdova Rivadeneira
REVISOR

RESUMEN

El servicio de transportación urbano de la ciudad de Guayaquil afronta problemas de consideración debido a que las autoridades no obtienen información veraz y oportuna de las buses urbanos, además de situaciones que degradan la calidad del servicio y que pueden llegar hasta el punto de afectar el tránsito, la economía y desarrollo de la ciudad, por esta razón el principal objetivo de ésta investigación es realizar el diseño de un sistema de telecomunicaciones para puntos de chequeos de buses urbanos en el corredor vial uno, que ayude a gestionar información de los transportes que circulen. El presente trabajo de investigación empieza ubicando el problema en un contexto, luego se determina los síntomas, causas, pronóstico y control de la investigación, la metodología que se aplicará será análisis-síntesis y se la determinará como una investigación explorativa, descriptiva, explicativa con su respectivo modelo de investigación cuantitativo y cualitativo debido a que es una investigación estructurada que se basa en trabajos realizados. Luego en el capítulo dos se da inicio al marco teórico que fortalece la investigación. Después en el capítulo tres se realiza un diseño de red de acuerdo al tramo de estudio y la respectiva simulación del canal inalámbrico utilizado entre etiqueta y lector de la tecnología RFID, finalmente en base al conocimiento científico adquirido durante la investigación se obtendrán las conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: RFID, Diseño, Red, Frecuencia, Transporte, Vial, Lector, Etiqueta.

ABSTRACT

The urban transportation service of the city of Guayaquil faces considerable problems because the authorities do not obtain accurate and timely information from urban buses, in addition to situations that degrade the quality of the service and that can reach the point of affecting traffic. , the economy and development of the city, for this reason the main objective of this research is to carry out the design of a telecommunications system for checkpoints of urban buses in road corridor one, which helps to manage information on the transport that circulates. This research work begins by locating the problem in a context, then the symptoms, causes, prognosis and control of the investigation are determined, the methodology that will be applied will be analysis-synthesis and it will be determined as an exploratory, descriptive, explanatory investigation with its respective quantitative and qualitative research model because it is a structured research that is based on work done. Then in chapter two the theoretical framework that strengthens the research begins. Then in chapter three, a network design is made according to the study section and the respective simulation of the wireless channel used between the tag and the RFID reader, finally, based on the scientific knowledge acquired during the research, the conclusions and recommendations will be obtained.

Key words: RFID, Design, Network, Frequency, Transport, Way, Tag, Reader

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	2
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	3
AUTORIZACIÓN.....	4
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 ANTECEDENTES.....	19
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.6 JUSTIFICACIÓN	21
1.7 ALCANCE DEL PROBLEMA.....	22
1.8 HIPÓTESIS.....	23
1.9 METODOLOGÍA	23
CAPÍTULO II ESTADO DEL ARTE DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO, CORREDOR VIAL Y TECNOLOGÍA RFID.....	25
2.1 TRANSPORTE PÚBLICO.....	25
2.1.1 TRANSPORTE PÚBLICO DE GUAYAQUIL.....	25
2.1.2 ENTIDADES REGULADORAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN GUAYAQUIL.....	27
2.2 CORREDOR VIAL.....	28
2.2.1 CORREDOR VIAL DE GUAYAQUIL.....	28
2.2.2 REORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO EN GUAYAQUIL.....	29
2.2.3 RUTAS DE LOS CORREDORES VIALES DE GUAYAQUIL.....	30
2.2.4 INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN DE LOS CORREDORES VIALES DE GUAYAQUIL.....	32
2.2.5 RUTA DE ESTUDIO DEL CORREDOR VIAL 1 DE GUAYAQUIL.....	33
2.3 TECNOLOGÍA RFID.....	34

2.3.2 ESQUEMA Y FUNCIONAMIENTO DE RFID	37
2.3.3 PARTES DEL SISTEMA RFID	38
2.3.4 PRINCIPIO BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA RFID ..	41
2.3.5 PRINCIPIOS FÍSICOS DE LOS SISTEMAS RFID.....	42
2.3.6 MODULACIÓN EN UN SISTEMA RFID.....	43
2.3.7 RANGOS DE FRECUENCIA DE LOS SISTEMAS RFID.....	45
2.3.8 CAMPOS EPC DEL CÓDIGO DEL PRODUCTO	45
2.3.9 CLASES DE UN SISTEMA RFID	46
2.3.10 DIFERENTES SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AL RFID	46
2.3.11 SISTEMA RFID A 2.4GHZ.....	47
2.3.12 ENCRIPCIÓN DE DATOS DE UN SISTEMA RFID.....	48
2.3.13 CONTROL DE ERRORES EN LOS SISTEMAS RFID.....	49
2.3.14 TRAMA DE UN SISTEMA RFID.....	50
2.3.15 DETECCIÓN DE COLISIONES RFID	53
2.3.16 ANTENAS RFID A 2.4GHZ	54
2.3.17 REGIÓN DE PROPAGACIÓN DE UN SISTEMA RFID A 2.4 GHz.....	56
2.3.18 APLICACIÓN DE RFID.....	56
2.3.19 TECNOLOGÍA 5G Y RFID.....	57
2.3.20 INTERNET DE LAS COSAS IoT	57
2.3.21 FACTORES Y CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS PARA LOS SISTEMAS RFID	57
2.3.22 FACTORES QUE AFECTAN AL SISTEMA RFID (ZONA DE INTERROGACIÓN).....	61
2.4 MARCO LEGAL.....	62
CAPÍTULO III DISEÑO VIRTUAL DE LA RED RFID Y SIMULACIÓN CON WINIQSIM DE LA SEÑAL DE COMUNICACIÓN ENTRE LECTOR Y ETIQUETA RFID	64
3.1 DISEÑO DE LA RED RFID: ÁREA DE ESTUDIO A CUBRIR CON EL SISTEMA RFID	64
3.1.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CHEQUEO EN LA RUTA DE ESTUDIO	64
3.1.2 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS RFID EN LAS PARADAS NORMALES	65
3.1.3 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS RFID EN LAS PARADAS TOTEM.....	66
3.1.4 UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS RFID EN LAS BUSES URBANOS	67
3.1.5 ARQUITECTURA.....	67

3.1.6 INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS.....	68
3.1.7 RED DE DATOS	70
3.2 SIMULACIÓN EN WINIQSIM DE LA SEÑAL DE COMUNICACIÓN QUE SE ENVIA ENTRE LECTOR Y ETIQUETA RFID.....	72
3.2.1 SIMULACIÓN DE LA ONDA DE LECTOR A ETIQUETA EN CONDICIONES IDEALES	73
3.2.2 SIMULACIÓN DE LA SEÑAL DEL LECTOR A LA ETIQUETA CON PROPAGACIÓN MULTITRAYECTORIA	80
3.2.3 SIMULACIÓN DE LA SEÑAL DEL LECTOR A LA ETIQUETA CON INTERFERENCIA DE RUIDO.....	86
3.2.4 SIMULACIÓN DE LA ONDA CONTINUA PARA ALIMENTAR A LA ETIQUETA EN CONDICIONES IDEALES.....	91
3.2.5 SIMULACIÓN DE LA ONDA CONTINUA PARA ALIMENTAR A LA ETIQUETA CON PROPAGACIÓN MULTITRAYECTORIA.....	92
3.2.6 SIMULACIÓN DE LA ONDA CONTINUA PARA ALIMENTAR A LA ETIQUETA CON INTERFERENCIA DE RUIDO.....	95
CAPÍTULO IV RESULTADOS RESPECTO AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN RFID.....	97
RESULTADOS.....	97
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	102
GLOSARIO	109
ANEXOS	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Ruta 1 del Corredor vial 1 de Guayaquil.....	30
Figura 2. 2. Ruta 2 del Corredor vial 1 de Guayaquil.....	30
Figura 2. 3. Ruta del Corredor vial 2 de Guayaquil.....	31
Figura 2. 4. Ruta del Corredor Vial 3 de Guayaquil.....	31
Figura 2. 5. Ruta de estudio en el Corredor vial 1 de Guayaquil.....	34
Figura 2. 6. Esquema de conexión de un Sistema RFID.....	37
Figura 2. 7. Esquema de conexión de un Sistema RFID.....	39
Figura 2. 8. Esquema de conexión de un Sistema RFID.....	40
Figura 2. 9. Esquema de antena y lector RFID.....	41
Figura 2. 10. Distancias según el tipo de acoplamiento RFID.....	42
Figura 2. 11. Onda portadora origen modulada en ASK.....	43
Figura 2. 12. Onda portadora origen modulada en FSK.....	44
Figura 2. 13. Onda portadora origen modulada en PSK.....	44
Figura 2. 14. Campos de código de producto RFID.....	46
Figura 2. 15. Diagrama del método cifrado en flujo.....	49
Figura 2. 16. Trama enviada en la comunicación lector - etiqueta.....	52
Figura 2. 17. Trama de un paquete enviado con un ScrollID.....	52
Figura 2. 18. Trama de un paquete enviado con un VerifyID.....	52
Figura 2. 19. Estructura donde almacena la información de un tag RFID.....	53
Figura 2. 20. Diagrama de radiación de antenas Isotrópica, Omnidireccional y directivo.	55
Figura 2. 21. Regiones de campo de una antena RFID a 2.4GHz.....	56
Figura 3. 1. Plano de área de estudio del corredor vial uno.....	65
Figura 3. 2. Ubicación de puntos de chequeo en el corredor vial 1.....	65
Figura 3. 3. Ubicación de lector y antena RFID en paradas normales del SITU.....	66
Figura 3. 4. Ubicación de lector y antena RFID en paradas normales sin asiento del SITU.	66
Figura 3. 5. Ubicación de lector y antena RFID en paradas tótem del SITU.....	67
Figura 3. 6. Ubicación de la etiqueta RFID en bus del SITU.....	67
Figura 3. 8. Diseño de red Data Center.....	71
Figura 3. 9. Diseño de red de operación parada normal.....	71
Figura 3. 10. Diseño de red de operación parada tótem.....	72
Figura 3. 11. Interfaz del Software WinIQSim V. 4.40 considerado para la simulación.....	73
Figura 3. 12. Campo Data Source de WinIQSim para el ingreso de los bits de la trama.....	75

Figura 3. 13. Ingreso de la trama en bit en WinIQSim.	75
Figura 3. 14. Interfaz del bloque Modulation Settings de WinIQSim V 4.40.....	76
Figura 3. 15. Gráfico en dominio tiempo de la señal RFID en condiciones ideales.....	76
Figura 3. 16. Gráfico en dominio frecuencia de la señal RFID en condiciones ideales. ...	77
Figura 3. 17. Gráfico de Ojo de la frecuencia de la señal RFID en condiciones ideales...	78
Figura 3. 18. Transformada Rápida de Fourier de la señal RFID en condiciones ideales.	79
Figura 3. 19. Interfaz del bloque Mutipath en WinIQSim V 4.40.	81
Figura 3. 20. Interfaz de configuración del bloque Multipath.	81
Figura 3. 21. Diagrama de señal de -30 dB y propagación multitrayectoria en dominio tiempo.	82
Figura 3. 22. Diagrama de señal -30 dB con propagación multitrayectoria en dominio frecuencia.....	82
Figura 3. 23. Diagrama de Constelación de la señal con potencia de -30 dB con propagación multitrayectoria.	83
Figura 3. 24. Diagrama de Ojo de la señal con una potencia de -30 dB con propagación multitrayectoria.	83
Figura 3. 25. Diagrama de la señal con una potencia de -5 dB con propagación multitrayectoria en dominio tiempo.	84
Figura 3. 26. Diagrama de la señal con potencia de -5 dB con propagación multitrayectoria en dominio frecuencia.....	84
Figura 3. 27. Diagrama de Constelación de una señal con una potencia de -5 dB con propagación multitrayectoria.....	85
Figura 3. 28. Diagrama de Ojo de una señal con una potencia de -5 dB con propagación multitrayectoria.	85
Figura 3. 29. Interfaz del programa WinIQSim con la activación del bloque Noise.....	87
Figura 3. 30. Programa WinIQSim con la opción de bloque Noise desplegado.	87
Figura 3. 31. Diagrama de la señal en dominio tiempo con relación E_b/N_0 5 dB.	87
Figura 3. 32. Diagrama de la señal en dominio de frecuencia con relación E_b/N_0 5 dB. .	88
Figura 3. 33. Diagrama de Constelación de la señal con relación E_b/N_0 5 dB.....	88
Figura 3. 34. Diagrama de Ojo de la señal con relación E_b/N_0 5 dB.	88
Figura 3. 35. Diagrama de la señal en dominio tiempo con relación E_b/N_0 30 dB.	89
Figura 3. 36. Diagrama de la señal en dominio frecuencia con relación E_b/N_0 30 dB.....	89
Figura 3. 37. Diagrama de Constelación de la señal con relación E_b/N_0 30 dB.....	90
Figura 3. 38. Diagrama de Ojo de la señal con relación E_b/N_0 30 dB.	90

Figura 3. 39. Configuración de WinIQSim en el bloque Modulación para configurar la CW.	91
Figura 3. 40. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua en condiciones ideales.	92
Figura 3. 41. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua en condiciones ideales.	92
Figura 3. 42. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo 1 μ s, potencia -2 dB y desfase de 180°.....	92
Figura 3. 43. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con propagación multitrayectoria con retardo mayor, potencia -2 dB y desfase de 180°.....	93
Figura 3. 44. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo que se mantiene, potencia -30dB y desfase de 180°.....	93
Figura 3. 45. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo que se mantiene, potencia -30dB y desfase de 180°.....	93
Figura 3. 46. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo que se mantiene, potencia -30dB y desfase de 90°.....	94
Figura 3. 47. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo que se mantiene, potencia -30dB y desfase de 90°.....	94
Figura 3. 48. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con ruido, relación Eb/No de 30dB.....	95
Figura 3. 49. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con ruido, Eb/No 30dB.....	95
Figura 3. 50. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con ruido, Eb/No de 5dB.	96
Figura 3. 51. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con ruido, Eb/No de 5dB.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Relación espectro y principio de funcionamiento.....	43
Tabla 2. 2. Rangos de frecuencias de los sistemas RFID.....	45
Tabla 2. 3. Bandas de frecuencias en el espectro electromagnética.....	58
Tabla 3. 1. Características técnicas de la etiqueta RFID.....	69
Tabla 3. 2. Características técnicas del lector RFID.....	69
Tabla 3. 3. Características técnicas de la Antena RFID.....	70
Tabla 4. 1. Resultados de la simulación en condiciones ideales.....	97
Tabla 4. 2. Resultados de la simulación de la señal con propagación multitrayectoria...97	
Tabla 4. 3. Resultados de la simulación de la señal con ruido.....	98

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El servicio de transportación urbano de la ciudad de Guayaquil afronta problemas de consideración debido a que las autoridades no obtienen información veraz y oportuna de las buses urbanos, además de situaciones que degradan la calidad del servicio y que pueden llegar hasta el punto de afectar el tránsito, la economía y desarrollo de la ciudad, por esta razón el principal objetivo de la investigación es realizar el diseño de un sistema de telecomunicaciones para puntos de chequeo de buses urbanos en el corredor vial uno. Esta investigación se desarrollará en cuatro capítulos determinando en cada uno de ellos una función específica para el desarrollo del tema.

En el primer capítulo, la investigación tendrá características contextuales, se analizará y formulará el problema, se establecen y especifican los antecedentes de la investigación, se plantea el problema considerando los síntomas y causas de la problemática, se define el problema del control de chequeo de los buses urbanos, se define el objetivo general y los específicos, se expone los justificativos del porque se realizará la investigación tomando en cuenta los pronósticos del problema y su control, se realizará un análisis del alcance de la investigación, en base a lo expuesto se analizará la información y se crea la hipótesis, para finalizar se definirá la metodología a utilizar en la investigación, la cual se considera explorativa, descriptiva y explicativa, y el método para este caso es análisis – síntesis, en el cual la investigación tiende a captar más información, tratar de entender y procesar para posteriormente otorgar un resumen sintetizando las características esenciales el problema.

En el segundo capítulo, la investigación se desarrolla por cada objetivo específico planteado, el transporte público, la tecnología y el diseño de red, cada parte se caracteriza y se adquiere el conocimiento e información de cada una, estableciendo el conocimiento en cada parte para fundamentar la solución, toda la información que se adquiriera en este capítulo será tomada de investigaciones ya realizadas y soluciones expuestas, tratando de construir el marco teórico que requiere la investigación para entender y desarrollar el tema, adicional en este capítulo también

se agregará la fundamentación legal que consiste en argumentar los parámetros legales en que la investigación se respaldará.

En el capítulo tres, el investigador planteará la solución al problema, para este caso se planteará el diseño del sistema RFID (Radio Frequency Identification) y se analizará la simulación considerando el análisis de la información que se obtenga para construir las respectivas conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

1.1 ANTECEDENTES

El sistema público de transportación urbano o sistema colectivo de pasajeros en la ciudad de Guayaquil – Ecuador, se inició en 1881, cuando se utilizó un vagón de ferrocarril con tracción animal como el primer medio de transporte, hasta que empresas y asociaciones comenzaron a brindar el servicio de transportación con autobuses de tracción a motor en las principales calles de la ciudad. En efecto el servicio urbano de transporte surgió por diversos propósitos, entre ellos: facilitar la movilidad de gran volumen de personas y otorgar un servicio en el que resalten la calidad, seguridad, comodidad y rapidez a un costo económico. Por factores sociales y económicos el sistema de transportación se ha visto afectado, elementos que impiden el desarrollo económico y deterioran la calidad del servicio de transportación urbano. En resumen, el servicio de transporte urbano en la ciudad de Guayaquil no satisface las necesidades de los ciudadanos y autoridades.

En cuanto a la tecnología, ha pasado por diversos cambios en tiempos cortos, las bandas del espectro radio eléctrico para la identificación por radio frecuencia son la base para encontrar soluciones a problemas de logística, almacenamiento, control de seguridad vehicular entre otros campos. En resumen, la tecnología RFID es un agente elemental en la generación de información instantánea y el control de elementos, siendo la tecnología que será el nicho de estudio en esta investigación.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años la ciudad ha tenido una economía sostenible, progreso socioeconómico, desarrollo en su infraestructura y urbanización, convirtiéndose en un agente fundamental para el crecimiento económico del país. Esto genera una

movilidad masiva de personas hacia la ciudad de Guayaquil, que se presenta como metrópolis económica del Ecuador. El gran volumen de personas que necesitan movilizarse de un lugar a otro se incrementa diariamente, la carencia de un servicio de transportación urbana que sea organizado, controlado, que brinde seguridad, rapidez, comodidad y calidad a los usuarios sería lo primordial para que la ciudad siga en desarrollo.

La transportación pública urbana, comenzó con el objetivo de dar movilidad a un gran volumen de personas a costos razonables, organizado y de calidad, pero por inconvenientes como: no satisfacción del usuario, desorganización, buses llenos, retrasos, contaminación, congestión vehicular, tiempos no disponibles de llegadas y salidas de las unidades, factores que contribuyen como síntomas a la no accesibilidad del servicio, no control de la transportación urbana y por supuesto a la falta de información, logrando perjudicar el servicio de transporte colectivo de personas y afectando el desarrollo de la ciudad.

Los servicios públicos deben de ser organizados y de calidad, priorizando la satisfacción de los ciudadanos antes que su satisfacción económica, un servicio de transportación urbano debe ser considerado como el elemento principal para una ciudad en desarrollo y progreso, caracterizándose por ser organizado, seguro, cómodo, con calidad y control. El problema que se presenta en el servicio de transportación pública de la ciudad de Guayaquil en el proyecto llamado “corredor vial 1” ubicado en el Suroeste de la ciudad de Guayaquil para buses urbanos es identificado. Para contrarrestar los síntomas expuestos, se deben considerar opciones tecnológicas que gestionen información para un correcto control de los buses urbanos.

El servicio de transportación urbana es un elemento fundamental de la ciudad para la generación de desarrollo y progreso económico. Las ciudades son los agentes y ejes para el crecimiento de un país. De continuar con las afectaciones identificadas se podrán generar situaciones futuras que pueden ser caóticas para el servicio de transportación y la ciudad, como: ciudadanos elijen otros medios de transportación, aumento de inseguridad vial, situaciones que afectan al desarrollo económico y progreso de la ciudad.

Sin embargo, pese a que no existe un panorama favorable, la tecnología RFID se presenta como una alternativa que trata de solucionar las deficiencias identificadas, contrarrestando la actual situación.

Finalmente se expresa que la tecnología RFID para el servicio de transporte urbano será de gran utilidad y tiene gran importancia para el servicio de transporte de la ciudad.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La carencia de un sistema de telecomunicaciones con tecnología RFID, que gestione información de los buses urbanos ha generado inconformidad en las autoridades y usuarios, evaluando la posibilidad de implementar la solución en el corredor vial 1 de la ciudad de Guayaquil.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de telecomunicaciones con tecnología RFID para los puntos de chequeo de los buses urbanos en el corredor vial 1 ubicado en el Suroeste de la ciudad de Guayaquil en el tramo desde la calle 29 y calle c hasta la calle 29 y Oriente.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el servicio de transporte urbano de la ciudad.
- Caracterizar la tecnología RFID y el sistema corredor vial.
- Diseñar un esquema de red con tecnología RFID para el proyecto corredor vial 1 de buses urbanos de Guayaquil en el tramo desde calle 29 y calle c hasta la calle 29 y Oriente.
- Simular con la herramienta WinIQSim el canal inalámbrico entre lector y etiqueta en la frecuencia de 2.4 Ghz.

1.6 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación tiene como finalidad el estudio de un tema fundamental como lo es la movilidad a través del servicio de transporte público, para motivar el control

por parte de las autoridades con la generación de información e incentivar a los ciudadanos el uso de un servicio de transporte público de calidad y accesibilidad, eliminando estructuras tradicionales de este servicio, contribuyendo al desarrollo de la ciudad y del país, estableciendo esta solución tecnológica para el control de servicio de transportación pública en otras ciudades del Ecuador.

Este estudio tiene justificación teórica debido a afectaciones que resalta (Sarmiento, 2014) en su investigación. Desde el principio el transporte público otorga un servicio que no satisface a los ciudadanos en diferentes aspectos como la movilidad, distribución de las rutas afectando la accesibilidad y control de los buses, afectando la seguridad vial, considerando que el servicio de transporte público es de gran importancia para la vida y el desarrollo de la ciudad de Guayaquil.

Existe insatisfacción por parte de la ciudadanía, sin embargo, algunas de estas situaciones se pueden contrarrestar con la utilización de tecnología que permita el diseño de un sistema RFID que genere información de los buses, permitiendo a las autoridades el control y regulación adecuada de cada bus a través de puntos de chequeo.

Esta investigación tiene justificación práctica debido a que las afectaciones en el servicio de transportación pública son identificadas, reconocidas en otros estudios y de forma empírica, además la tecnología podrá gestionar cualquier tipo de información de acuerdo con los intereses de las autoridades, ciudadanos y el bien público, trabajando en conjunto para facilitar las tareas diarias de control en el tránsito y aportando a la seguridad vial.

La principal relevancia de la investigación es tener un servicio de transporte urbano adecuado de acuerdo al desarrollo de la ciudad, donde el principal beneficiario sea la ciudadanía en general y las autoridades de control.

1.7 ALCANCE DEL PROBLEMA

Este proyecto incorpora: un estudio y análisis del sistema de transporte público en la ciudad de Guayaquil – Ecuador, enfocado al sistema de reordenamiento vial corredor vial 1, un estudio del funcionamiento de operación de dicho tramo, un

análisis de los equipos RFID y sus bandas de radio frecuencia, un diseño teórico de la red con dicha tecnología y la simulación del canal inalámbrico de transmisión entre el lector y la etiqueta RFID.

Se establece que este trabajo de investigación no incluye la creación, diseño e implementación de software para leer y procesar los datos enviados y recibidos del sistema RFID, no se realizará ningún cálculo de tiempo y espacio de los buses urbanos con esta tecnología, desde luego se debe aclarar que no se implementará el diseño de red y tampoco el sistema RFID, de manera que no se realizarán pruebas reales para el análisis de estos equipos.

Esta investigación tiene como escenario de estudio un tramo del corredor vial 1 de la ciudad de Guayaquil, que comprende desde la calle 29 y calle c hasta la calle 29 y Oriente.

Los datos a considerar para este trabajo de investigación serán obtenidos de las respectivas instituciones que homologan y desarrollan la tecnología RFID. Se realizará la simulación del canal inalámbrico de comunicación entre el lector y la etiqueta con la herramienta WinIQSim. En este orden se espera cumplir con la investigación y los objetivos planteados en este trabajo de investigación.

1.8 HIPÓTESIS

El diseño de la red RFID permitirá a las autoridades y usuarios del servicio contar con información veraz y oportuna de los buses urbanos.

1.9 METODOLOGÍA

Este trabajo aplica la investigación explorativa, descriptiva y explicativa, debido a que, en su desarrollo el estudio pasa por estos tres tipos de investigación para recaudar información y encontrar la solución al problema. El primer paso de la investigación es recopilar la información para comprender el sistema de transporte, el corredor vial y la tecnología RFID, obteniéndola de investigaciones ya realizadas y permitirá determinar la formulación del problema y la hipótesis. Es descriptiva debido a que los objetos de estudio, el sistema de transporte y la tecnología RFID, tienen que ser caracterizados, describiendo sus propiedades

específicas y rasgos más importantes, aportando con la descripción exacta de la tecnología, procesos, objetos o personas que intervienen en el estudio, para proporcionar el estado del arte de estos. Es explicativa (analítico-sintético), debido a que se requiere analizar la información en partes, sintetizar el conocimiento, comprobar supuestos que se ha planteado durante el proceso exploratorio, adicionalmente porque permite diseñar y simular la tecnología RFID en el canal inalámbrico entre el lector y la etiqueta. Con estas técnicas de investigación se obtendrá el conocimiento científico para dar solución a la problemática.

Tiene un modelo de investigación cuantitativo - cualitativo debido a los siguientes aspectos: es cuantitativa dado que sigue un orden, una estructura durante su desarrollo, requiere de comprobar la hipótesis, además se establecen conclusiones y recomendaciones. Al mismo tiempo es cualitativa porque para desarrollar el estudio hace uso de las referencias y trabajos bibliográficos de investigaciones realizadas considerando teorías fundamentadas en el conocimiento científico.

Es diseñado con el método teórico de investigación, el cual determina el análisis-síntesis como elementos para conseguir la adquisición de información y el conocimiento, de manera que se pueda analizar cada parte que caracteriza el sistema de transporte, el corredor vial y la tecnología RFID. Después se requiere del método de síntesis para obtener conocimiento científico y proponer una solución al problema.

CAPÍTULO II ESTADO DEL ARTE DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO, CORREDOR VIAL Y TECNOLOGÍA RFID

En este capítulo, se presentarán los fundamentos teóricos y técnicos del sistema de transporte urbano, del corredor vial y de la tecnología RFID puntualizando los principales conceptos en la banda de 2.4GHz, además de las bases informativas y justificativas de los artículos de la ley, reformas y ordenanzas que forman el marco legal y que en conjunto fortalecen la investigación.

2.1 TRANSPORTE PÚBLICO

El transporte público o colectivo de pasajeros, se lo define como el conjunto de: buses, cooperativas colectivas, paradas y rutas definidas, que trabajan sistemáticamente para transportar a los ciudadanos de un lugar a otro, a un costo económico y ambiental razonable, donde el interés del usuario se superponga a los intereses privados. Un servicio de transporte público debe ser: confortable, seguro, accesible, rápido y eficiente, otorgando calidad y satisfaciendo al ciudadano, determinando al transporte público como un elemento que dinamice y repotencie la economía de la ciudad y del país (Guananga, 2018).

2.1.1 TRANSPORTE PÚBLICO DE GUAYAQUIL

Se inicia en 1881, cuando los primeros tranvías con tracción animal fueron introducidos y utilizados como medio de transporte para el ciudadano común. A partir del año mencionado, con el desarrollo económico de la agricultura, pesquería, manufactura, comercio y construcción, se despliega el urbanismo en las diversas zonas de la ciudad, en otras palabras, una ciudad en desarrollo. Esto causó una migración masiva de personas hacia Guayaquil por la necesidad de mano de obra (Sarmiento, 2014).

Guayaquil es la capital económica del Ecuador, representa el 26% del PIB del Ecuador, es un eje elemental para el desarrollo del país. Factores como la movilidad humana pueden afectar el desarrollo de Guayaquil, el parque automotor de los medios de transporte terrestre urbano ha crecido desordenadamente en las últimas décadas (Sarmiento, 2014). El desarrollo de la transportación pública masiva no ha seguido una planificación, estructura y estudios para implementar rutas de acuerdo

a la necesidad y dimensión poblacional. El transporte público de Guayaquil se presenta como un sistema económico y territorial, debido a que su principal función es generar ingresos y marcar zonas de mayor atracción de pasajeros.

Un sistema de transporte se puede definir cómo el dominio de espacio y tiempo (Sarmiento, 2014), porque se propone como un medio para movilizar un gran volumen de personas, eliminando medios alternativos y motivando a la selección del transporte público, de esta forma se lo prioriza y elimina la saturación de espacios concéntricos a nivel de tráfico vehicular y reduce los tiempos en que los ciudadanos pueden desplazarse de un lugar a su destino.

El sistema de transporte público debe ser sostenible a un menor costo social y ambiental (Silva, 2016), tratando de promover el transporte masivo, restringir el uso de vehículos particulares y promoviéndolo como una solución a la movilidad en Guayaquil.

Para las personas que utilizan el sistema de transporte, puede considerarse como un servicio con falencias, irrespeto, inseguridad y desorden, factores que afectan el desarrollo del sistema (Sarmiento, 2014).

Los principales problemas del transporte público son: la carencia de una planificación sistemática con un debido plan de recorrido, frecuencias y horarios, los diseños de rutas y paradas del transporte público no fueron estudiadas, fueron puestas de acuerdo al beneficio de la cooperativa que circule, afectando así al ciudadano en común (Silva, 2016).

El pilar elemental del problema en el sistema de transporte público es la contaminación, las principales cooperativas de transporte consideran como punto de llegada la zona central de la ciudad, de tal forma que en las horas pico se produce una elevada tasa de buses en el mismo tiempo y punto, esto a su vez genera caos vehicular, embotellamiento y altas emisiones de dióxido de carbono (Silva, 2016).

El desorden es otro elemento de la problemática, genera aglomeraciones que tienen efecto en horas pico en que los buses urbanos circulan saturados de personas (Silva, 2016).

Por lo expuesto, el transporte público urbano de Guayaquil padece de los problemas mencionados en esta primera parte de la investigación. Este servicio de pasajeros debe facilitar el acceso a los lugares de trabajo distantes, mejorando la movilidad de una ciudad, ayudando a evitar la contaminación ambiental y que se dinamice como un elemento fundamental para el desarrollo económico de la urbe. Por estos factores mencionados se determina que el transporte debe diversificar la economía de una ciudad (Silva, 2016).

2.1.2 ENTIDADES REGULADORAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN GUAYAQUIL

Estas entidades iniciaron sus actividades institucionales en 1943, cuando se crea la Comisión de Tránsito del Guayas (CTG), entidad encargada de controlar y ordenar el tránsito vehicular de carga o de transporte público o privado que circule por la ciudad. La CTG por su experiencia en la gestión del tránsito y por decreto ejecutivo se convirtió en la Comisión de Tránsito del Ecuador (CTE) organismo que regula, controla y ordena todo el tránsito a nivel nacional (Guananga, 2018).

En 2011 se firma el decreto presidencial No. 1192, que promulga la Ley Orgánica Regulatoria a la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, que dispone a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), que tengan bajo sus competencias la gestión, administración, orden y control del tránsito dentro del límite de su jurisdicción cantonal (ANT, 2015).

El 17 de julio de 2011, el Municipio de Guayaquil presidido por el Ab. Jaime Nebot Saadi, da paso a la creación de la Autoridad de Tránsito Municipal (ATM), entidad encargada de planificar, regular, controlar, gestionar y ordenar el transporte terrestre, tránsito y seguridad vial de la ciudad de Guayaquil. La CTG el 25 de julio de 2015 termina las operaciones en la ciudad de Guayaquil pasando a formar parte de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), organismo encargado de regular el transporte terrestre, tránsito y seguridad vial a nivel nacional, dejando a la ATM

como entidad encargada del control y ordenamiento del tránsito en Guayaquil (Guananga, 2018).

2.2 CORREDOR VIAL

Se define como un conjunto de: paraderos, estaciones, calles señalizadas, vías y aceras predefinidas, que pueden ser intracantonal, intercantonal e interprovincial, destinado para el paso preferencial de un tipo de vehículo, a una velocidad moderada y controlada, permitiendo fluidez en el tránsito vehicular y dando seguridad vial al ciudadano.

2.2.1 CORREDOR VIAL DE GUAYAQUIL

El corredor vial de la ciudad de Guayaquil se lo define como una ruta predefinida y establecida en base a estudios de movilidad y tránsito, compuesto por un conjunto de: paraderos, estaciones, calles señalizadas, predefinidas y diseñadas de acuerdo a los estudios de tráfico y movilidad del ciudadano, donde existe un paso referencial de vehículos de transporte público urbano a velocidades moderadas y controladas, estableciendo la accesibilidad del transporte público a las personas con movilidad reducida, tratando de motivar la preferencia por el sistema de transporte público urbano de la ciudad.

Los objetivos del corredor vial son: evitar el caos vehicular, congestionamiento, contaminación ambiental, brindar accesibilidad, mejorar la movilidad y la seguridad vial, dinamizando la economía y aportando el desarrollo de la ciudad (A & V Consultores, 2016).

Los corredores viales en su estructura operacional están compuestos por tecnología que facilita la gestión y control de los buses urbanos. Además, las paradas se establecen con tecnología para los usuarios comunes y aquellos con movilidad reducida acogiendo a un proceso de inclusión social (A & V Consultores, 2016).

Los corredores viales de Guayaquil se determinan como una solución para el transporte público urbano, donde se acogen a la planificación, regulación y control de la ATM entidad encargada del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial de la ciudad de Guayaquil (A & V Consultores, 2016).

2.2.2 REORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO EN GUAYAQUIL

En Guayaquil, a partir de la transferencia de las competencias de tránsito del Gobierno Central al GAD Guayaquil, en que se le atribuye la gestión y control del tránsito vehicular intracantonal, se ejecutaron una serie de cambios y transformaciones dejando atrás el paradigma del servicio de transporte público urbano, uno de los ejes del cambio radica en racionar y priorizar el tránsito vehicular de transporte público urbano por las calles de la ciudad, organizando, regularizando, y determinando rutas por donde los buses urbanos pueden circular sin aglomeraciones, rápidos, organizados, otorgando seguridad vial y sobre todo controlados, transformando radicalmente la estructura y operación de la transportación colectiva de pasajeros (El telégrafo, 2018).

La ATM, a través de estudios sobre reordenamiento de rutas de transporte público convencional, determinó que la transportación pública de Guayaquil necesita varios corredores viales que circulen por la ciudad, este reordenamiento vial se presentó como un plan de acción que se ejecuta en su primera etapa: el corredor vial 1 considera la ruta Suburbio – Cristo del Consuelo – Centro - retorno; el corredor vial 2 contempla la ruta Los Ríos – Esmeraldas - retorno, y en una segunda etapa se ejecute el corredor vial 3 con la ruta Av. Rodríguez Bonin – Av. Barcelona – Clemente Ballén – Aguirre Abad - retorno , el corredor vial 4 considera la ruta Av. Agustín Freire – Isidro Ayora - retorno, y una tercera etapa con el corredor 5 y 6 (A & V Consultores, 2016).

Se define que la gestión administrativa de los corredores viales sea concesionada para su mantenimiento, las cooperativas de transporte realizan la parte operativa y la ATM es quien supervisa, controla y ordena las operaciones bajo medios tecnológicos, el GAD de Guayaquil determinó que el transporte urbano de la ciudad tomara el nombre de Sistema de Transporte Urbano (SITU) (A & V Consultores, 2016).

2.2.3 RUTAS DE LOS CORREDORES VIALES DE GUAYAQUIL

Se conoce cuatro corredores viales operativos y dos en proyecto, los cuales son: corredor vial 1 con ruta Suburbio – Cristo del Consuelo – Centro –retorno; corredor vial 2 con ruta calle Los Ríos – Esmeraldas – retorno; corredor vial 3 con ruta Av. Barcelona – Clemente Ballén –Centro – retorno; corredor vial 4 con ruta Av. Agustín Freire – Av. Isidro Ayora - retorno; el corredor vial 5 y 6 en proyecto (El Comercio, 2020).

Según la (ATM, 2016), el corredor vial 1: Suburbio – Cristo del Consuelo- Centro, inicia en la calle Q y Asaad Bucarán (calle 29) hasta la calle Elena Chávez Schenonne, Gonzalo Vera Santos, Puente De la A, calle A, Lizardo García, Venezuela, Ambato, Gral. Gómez, Rumichaca, Gómez Rendón, Chimborazo, Colon, Malecón, Roca, Baquerizo Moreno, Loja, Julián Coronel, retorno, José Mascote, Piedrahita, Lorenzo de Garaicoa, Vélez, 6 de Marzo, Portete de Tarqui, Lizardo García, Calle A, Puente de la A, Francisco Segura y Asaad Bucarán y la Q. Esta ruta tiene como origen la zona del sur oeste de la ciudad y como destino los sectores céntricos como Bahía, Malecón y Hospital Luis Vernaza.

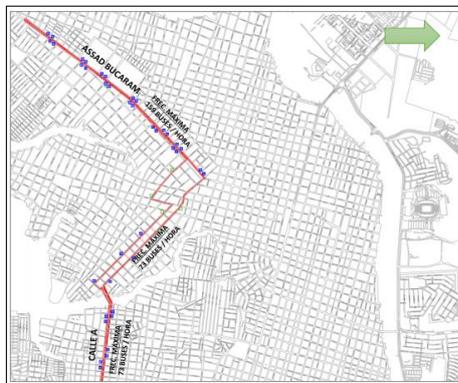


Figura 2. 1. Ruta 1 del Corredor vial 1 de Guayaquil.
Fuente: (A & V Consultores, 2016).

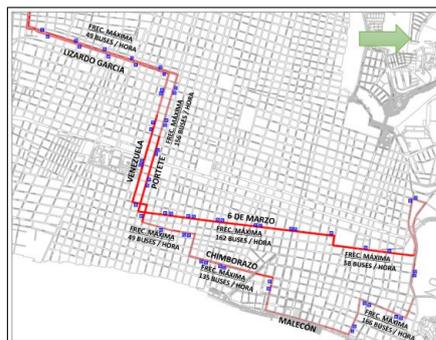


Figura 2. 2. Ruta 2 del Corredor vial 1 de Guayaquil.
Fuente: (A & V Consultores, 2016).

El corredor vial 2: calle Los Ríos – Esmeraldas y retorno, está constituida por: las calles Los Ríos y Esmeraldas, la ruta da inicio en los Ríos y Vicente Piedrahita y termina en los Ríos y Aurora Estrada, retorno por Esmeraldas hasta la calle Vicente Piedrahita (El Telégrafo, 2019).



Figura 2. 3. Ruta del Corredor vial 2 de Guayaquil.
Fuente: (A & V Consultores, 2016).

El corredor vial 3 cuenta con un recorrido de 14 km, está constituida por las calles: Av. José Rodríguez Bonin, Av. Barcelona, Clemente Ballén, Rumichaca y retorno, José Aguirre, Av. Barcelona y José Rodríguez Bonin (El Universo, 2018).



Figura 2. 4. Ruta del Corredor Vial 3 de Guayaquil.
Fuente: (El Universo, 2018)

El corredor vial 4 comprenderá un recorrido de 14.5 km., está constituido por las calles Agustín Freire e Isidro Ayora y retorno (El Comercio, 2020).

El recorrido del corredor vial 5 comprenderá 9.3 km al Norte, está constituida por las siguientes calles: Av. Kennedy, Víctor Emilio Estrada, Plaza Dañin, Ignacio Cuesta y Humberto Ferreti; el 6 contará con un recorrido de 30 km al Norte está constituida por las siguientes calles: Av. Francisco de Orellana, Delta, Guillermo Pareja Rolando, y Rodolfo Baquerizo Nassur (El Telégrafo, 2019).

2.2.4 INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN DE LOS CORREDORES VIALES DE GUAYAQUIL

El corredor vial está estructurado por tres miembros importantes: la empresa francesa JCDecaux que instala, da manteniendo a las aceras y paradas de los corredores; las cooperativas de transporte quienes son las encargadas de la parte operativa; y la ATM quien regula y supervisa que se cumpla con un servicio de calidad para el ciudadano común sea el beneficiado (El Universo, 2018).

La infraestructura del corredor vial de Guayaquil se compone por un conjunto de: paraderos de corredor vial; paraderos colectores, que son líneas de buses que no circulan por los corredores, pero alimentan de pasajeros a los buses que circulan por el corredor vial; calles señalizadas, predefinidas y diseñadas (A & V Consultores, 2016).

Las paradas de los corredores viales se construyen cada 200 metros, debido a la cantidad de cooperativas que circulan simultáneamente, cada una tiene la obligación de parar cada 400 metros, de esta forma evita las aglomeraciones y tráfico. Esas paradas cuentan con tecnología como internet para el usuario y letreros con señales braille para las personas con movilidad reducida (ATM, 2016).

Las cooperativas de transporte son agrupadas en un corredor vial de acuerdo con los siguientes criterios: origen, destino, frecuencia de salida y cantidad de pasajeros que transporte, adicional se consideran estudios de movilidad humana realizados por la ATM, donde el principal objetivo es determinar las zonas que mayor acogida tiene el transporte público. Se trata de reducir el conflicto y competencia entre las cooperativas de transporte y se motiva al ciudadano al uso del sistema de transporte urbano (A & V Consultores, 2016).

Los corredores viales tienen tres objetivos: reducir el costo de las operaciones de transporte; dar un servicio de calidad y motivar el uso del transporte público en Guayaquil y la inclusión de las personas con movilidad reducida (A & V Consultores, 2016).

En la parte operacional el corredor vial 1 cuenta con 104 paradas combinadas, entre paradas normales y paraderos colectores; está compuesto por: 25 líneas de buses circulando por la ruta, más de 1000 buses circulan por este corredor, llevando entre 150 a 200 mil ciudadanos (ATM, 2016).

El corredor vial 2, operacionalmente cuenta con 153 paradas, con 36 líneas de buses circulando por la ruta, más de 1000 buses circulan por este corredor, llevando entre 100 a 150 mil ciudadanos (El telégrafo, 2018).

El corredor vial 3 cuenta con 83 paradas, una ruta con un recorrido de 14 km, compuesta por 41 líneas de buses circulando por ella, son alrededor de 1600 buses que circulan por este corredor, llevando 400 mil ciudadanos (El Universo, 2018).

En cuanto al corredor vial 4, cuenta con 37 paradas, una ruta con un recorrido de 14.5 km, está compuesto por 24 líneas de buses, llevando unos 460 mil ciudadanos (El Comercio, 2020).

Finalmente, los corredores viales 5 y 6 están en proceso de planificación y aproximadamente contarán con 13 paradas, 115 paradas colectoras y 26 paradas tótem, esto para el corredor 4. Mientras que para el corredor vial 5 y 6 se contará con similar infraestructura: 82 paradas y 53 paraderos colectores, con un recorrido de 30 km, está compuesto por aproximadamente 30 líneas de buses, llevando unos 400 mil ciudadanos (El Universo, 2018).

2.2.5 RUTA DE ESTUDIO DEL CORREDOR VIAL 1 DE GUAYAQUIL

La ruta considerada en este trabajo fue de acuerdo con los siguientes criterios: cantidad de transporte público que transita, tipos vías y cantidad de usuarios que transportan. Además, también se consideró: ubicación, calles y distancia del lugar, por lo cual se consideró que la ruta Corredor vial 1 es idónea para la investigación. La ruta de estudio va desde la calle 29ava y calle Q hasta la calle Elena Valle.

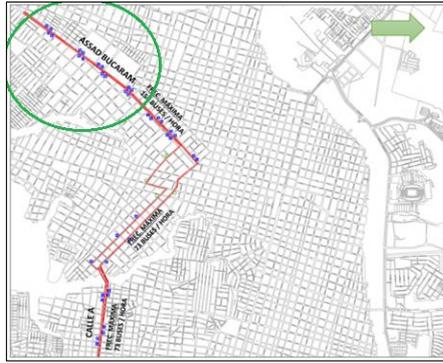


Figura 2. 5. Ruta de estudio en el Corredor vial 1 de Guayaquil.
Fuente: (A & V Consultores, 2016).

2.3 TECNOLOGÍA RFID

RFID es un sistema de auto identificación inalámbrica, se lo define como la comunicación entre un lector y una etiqueta mediante un canal inalámbrico para establecer la comunicación, tiene la característica de almacenar y transmitir información a distancias y velocidades determinadas de acuerdo con la necesidad. RFID utiliza ondas del espectro electromagnético como medio de comunicación, las mismas que varían de acuerdo a la distancia (Rodríguez, 2009).

Esta tecnología es complementaria a las múltiples tecnologías inalámbricas, lo que la hace útil para los diversos campos de aplicación. En los últimos años se han retomado los estudios y desarrollo de esta tecnología, considerando el objetivo de la adaptación a los diversos comercios de suministros, transporte, seguridad y control de inventario, específicamente automatización de las industrias en sus procesos y administración, incrementando la productividad y abaratando costo de las empresas (Rodríguez, 2009).

RFID tiene ventajas sobre tecnologías similares, como código de barras y campo de comunicación cercano (NFC, Near Field Communication), las cuales requieren de una mínima distancia para funcionar, una buena línea de vista para leer, no almacenan datos, ni sobrescriben información en las etiquetas y la forma de lectura en esas tecnologías es secuencial, mientras que RFID funciona en un rango de distancia variado que depende del uso de la frecuencia, no requiere línea de vista mientras se esté en el campo de acción, se puede leer simultáneamente gran volumen de etiquetas y en algunos casos sobrescribir las etiquetas (Rodríguez, 2009).

2.3.1 HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA RFID

RFID no es una tecnología nueva, se le atribuye unos 60 años de desarrollo. Al principio fue creada con fines militares y en la actualidad se implementa en todas las áreas comerciales. Surge durante la segunda guerra mundial, en la cual se desarrolla la tecnología de transpondedor de IFF (Identification Friend or Foe), debido a la necesidad militar porque aviones de Alemania, Francia, Estados Unidos e Inglaterra surcaban los cielos pero nadie podía identificar al enemigo, entonces el ejército británico desarrollo un sistema para identificar a sus aviones, la tecnología desarrollada consistía en un emisor llamado radar que emitía señales y estas rebotaban en el receptor de los aviones identificándolos, de este modo se obtuvo el primer concepto de identificación por radiofrecuencia (Rodríguez, 2009)

En los años cuarenta RFID siguió su desarrollo y acentúa las bases de esta tecnología (Stockman, 1948). Durante los años cincuenta se realizan investigaciones orientadas a facilitar y dar seguridad a las exploraciones mineras y petrolíferas, aportando al desarrollo de RFID (Vernon, 1952), (Harris, 1956).

En los años sesenta las investigaciones realizadas y la teoría electromagnética fortalecieron el desarrollo de la comunicación por radar y el sistema de activación remota (Richardson, 1963), (Rittenbach, 1967), (Vogelman, 1968), (Vinding, 1969), (Rodríguez, 2009).

Durante los años setenta RFID siguió en desarrollo gracias a las grandes instituciones, inventores, fabricantes, academias y centros investigación, quienes lograron notables avances en la identificación electrónica. Al finalizar esta década RFID toma mayor fuerza debido a los proyectos de desarrollo de la PC, Arpanet y la necesidad de las tecnologías de la información y comunicación como parte de la vida del individuo (Rodríguez, 2009).

En los años ochenta algunos países consideraron la tecnología RFID para ser implementada en varias áreas de interés común. En Estados Unidos fue adoptada para gestionar el transporte y el control de acceso a las personas, mientras que en Europa en el área de la agricultura, específicamente en la ganadería para el seguimiento de la ubicación del ganado y en Noruega tiene nuevas aplicaciones a

nivel de las industrias. Si bien RFID era una tecnología que estaba siendo desarrollada por pocos países independientemente, sin estándares y a la deriva, este proceso de desarrollo descoordinado se convertía en una desventaja debido a que cada país proponía sus estándares y desarrollaba su sistema lo que no permitía tener interoperabilidad entre los equipos (Rodríguez, 2009).

En los años 90 RFID toma fuerza, en Estados Unidos se aplica en un peaje de control electrónico gestionando el paso automático de vehículos solo identificando al receptor, mientras en Texas se logró mejorar el sistema de control de encendido de los automóviles. Comenzó a desplegarse en todo el mundo, logrando penetrar los diversos mercados con una variedad de aplicaciones de acuerdo con las necesidades que se demanden. Su evolución en esta década se dio gracias a la inclusión de otras tecnologías desarrolladas. Al finalizar la década, en Dallas es implementado en la automatización del ingreso a un campus universitario y garajes de las casas de la ciudad, hasta entonces RFID había evolucionado pero la tecnología no era accesible por cuestiones de costos (Rodríguez, 2009).

En el nuevo milenio RFID tenía claro su objetivo, seguir en el proceso de desarrollo, minimizar costos y llegar a todos los campos de aplicación de los diversos mercados. En 2003 las empresas de abastecimiento de productos comestibles como Walmart, Target, Procter y Gillette se fijaron en la tecnología y la aplicaron para el proceso de control de inventarios sustituyendo el código de barras. En 2005 fue implementado en España por una empresa de correos para establecer la trazabilidad de la paquetería, reduciendo los niveles de tiempo para evitar demoras y pérdidas, el proyecto fue un éxito. RFID sigue en constante desarrollo y acoplamiento con las nuevas tecnologías, su futuro es alentador, puede ser de gran importancia y complemento para ayudar al desarrollo del internet de las cosas (Rodríguez, 2009).

No existe un descubridor destacado de esta tecnología, sus avances fueron gracias al constante desarrollo de las universidades, institutos de investigaciones y colaboradores (Rodríguez, 2009). Tuvo sus primeras bases con las investigaciones de James Clerk Maxwell, Heinrich Rudolf Hertz y Guglielmo Marconi, quienes contribuyeron con el concepto de electromagnetismo, con el trabajo de Faraday sobre el concepto de inducción mutua, forman la base para la alimentación de

etiquetas pasivas operando en un campo cercano y consecuentemente para el desarrollo de RFID (Játiva, 2016). El desarrollo de los radares, el concepto de radiofrecuencia, el descubrimiento del espectro electromagnético, el desarrollo del transistor que permitió comenzar el desarrollo físico de los equipos, el microchip y las tarjetas integradas fueron esenciales para el progreso de RFID. El cambio de los negocios abrió la puerta para la masificación de los mercados y determinar la necesidad tecnológica (Rodríguez, 2009).

2.3.2 ESQUEMA Y FUNCIONAMIENTO DE RFID

Los Sistema RFID tienen el siguiente esquema: el lector típicamente se define como el emisor o la antena, la etiqueta o tag o transponder, el host es el elemento que almacena, procesa, administra y gestiona toda la información, y el canal inalámbrico es el medio no guiado utilizado para la comunicación entre lector y etiqueta RFID (Ciudad & Samà, 2005).

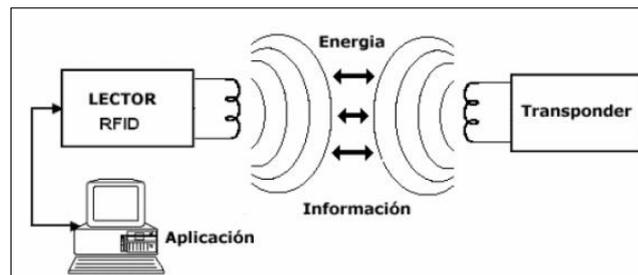


Figura 2. 6. Esquema de conexión de un Sistema RFID.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005).

Su funcionamiento es el siguiente: el host y el lector se unen físicamente por un medio guiado, un cable red normal, fibra o coaxial, el lector emite una señal electromagnética creando un campo de propagación, su radio dependerá de la aplicación que se dé al sistema. La etiqueta compuesta por un microchip y una antena se catalogan como un circuito pasivo, al pasar la etiqueta por este campo de propagación la onda es receptada por la antena del tag energizando el microchip y permitiendo establecer la comunicación entre el lector y la etiqueta, abriendo el canal para transmitir la información almacenada en el microchip, después el lector recibe la señal y la envía a una base de datos donde la procesará de acuerdo a la necesidad. Para realizar esta acción no es necesario que el lector y la etiqueta tengan una línea de vista o estén a una corta distancia de lectura, simplemente se realiza

cuando la etiqueta entre en el campo de acción de la onda propagada y todo el proceso se da por acoplamiento inductivo y magnético (Ciudad & Samà, 2005).

La comunicación entre lector y etiqueta dependerá de la señal emitida por el primero, en otros términos, la onda electromagnética a utilizar dependerá de la aplicación del sistema RFID que pueden ser frecuencias de acuerdo con el alcance, velocidad y seguridad (Ciudad & Samà, 2005).

Los sistemas RDIF tienen una particularidad, permiten la lectura simultánea de más de una etiqueta llegando hasta un máximo de N , esto se realiza utilizando un sistema anticolidión. Cuando varias etiquetas entran en el campo de acción del lector RFID, todos quieren utilizar el medio y transmitir al mismo tiempo, pero en un intervalo de tiempo determinado ocurrirá una colisión. Entonces entra en funcionamiento el sistema anticolidión, el lector detecta el choque y detiene la transmisión de los paquetes de las etiquetas afectadas, la transmisión se paraliza por un tiempo determinado, luego del cual el lector censa el campo y determina que etiqueta podrá transmitir de acuerdo con nuevos intervalos de tiempo asignados (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.3 PARTES DEL SISTEMA RFID

La tecnología RFID está compuesta por: etiqueta, lector, host, canal inalámbrico y middleware, todas estructuran el sistema y realizan su función de acuerdo con la necesidad y aplicación (Rodríguez, 2009).

La etiqueta, es un conjunto de componentes y una antena, consta de un microchip que almacena la información que va a identificar al objeto y una antena que cumple dos tareas: receptar las señales y habilitar la comunicación entre lector y etiqueta. Cuando la antena recibe la señal, los diversos componentes la procesan y después el tag transmite la información almacenada, de manera que la señal receptada también sirve como fuente de energía para alimentar la etiqueta (Rodríguez, 2009).

El tag internamente está compuesto por un conjunto de componentes: memoria no volátil probablemente EEPROM, lugar donde se almacena la información única a transmitir; una memoria ROM es el lugar donde se encuentran las instrucciones

básicas para temporizar y controlar el flujo, es decir el control del funcionamiento de la etiqueta una memoria RAM donde se almacenan datos durante el proceso de comunicación con el lector para su respectiva autenticación de seguridad; la antena del dispositivo que permite recibir la señal para establecer la comunicación y a su vez energizar el tag y los buffers y filtros que ayudan al procesamiento de la señal receptada (Rodríguez, 2009).

Existen tags activos que tienen una batería incorporada para generar su propia señal, no requieren que el lector inicie la comunicación si no que la etiqueta puede tomar la posta, estas tienen mayor alcance y costo, en cuestiones de vida útil se le asume un tiempo de 10 años. Los tags pasivos sin baterías generan la energía para su trabajo utilizando la de la onda que se recibe, son menos costosos que los anteriores y tienden a durar más años, la única desventaja es que siempre espera a que el lector se comunique para transferir la información. Los transpondedores requieren poca energía para funcionar, del orden de mW (Ciudad & Samà, 2005).

Los tags son diseñados acorde a la necesidad del lector y la frecuencia a utilizar depende de su aplicación: baja frecuencia (LF, Low Frequency) en el rango de 10 KHz a 134 KHz, alta frecuencia (HF, High Frequency) en el rango de 13.56 MHz, ultra alta frecuencia (UHF, Ultra High Frequency) de 868MHz hasta 956 MHz y en el rango de 2.4 GHz. A mayor frecuencia tendrá mayor velocidad de transmisión y capacidad de transferir información (Ciudad & Samà, 2005).

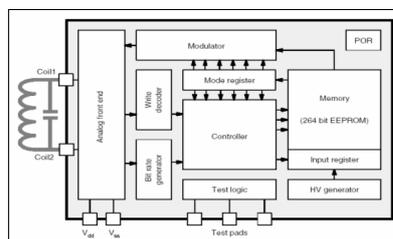


Figura 2. 7. Esquema de conexión de un Sistema RFID.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005)

El lector o interrogador, está compuesto por una unidad de control y una antena, su principal función es enviar las señales en radio frecuencia hacia las etiquetas creando un campo de acción para que las etiquetas se activen en el caso de las pasivas y envíen la información almacenada (Rodríguez, 2009).

Existen dos tipos de lectores dependiendo de la cantidad de bobinas que utilice. Los lectores de bobinas simples tienen una característica especial de poder enviar la energía y datos en una misma señal, mientras que los lectores con bobinas dobles permiten separar la señal de energía y la de datos determinando canales diferentes para la propagación de la señal en radio frecuencia, Su propia estructura los hace más sofisticados ya que pueden detectar, procesar y corregir errores de señales transmitidas y puede trabajar en más de una frecuencia (Ciudad & Samà, 2005).

Normalmente el funcionamiento comienza en la unidad de control donde se emite la señal programada para buscar etiquetas, la antenas envían la señal de acuerdo a la frecuencia de trabajo del sistema, la señal emitida puede llevar energía y datos, o puede ser una señal para cada uno, una vez emitida la señal el lector espera su respuesta para proceder a adquirir la información, una vez terminada, la unidad de control envía una nueva señal indicando que se deje de transmitir (Ciudad & Samà, 2005).



Figura 2. 8. Esquema de conexión de un Sistema RFID.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005).

El host del sistema RFID, es un equipo de cómputo en que se instala la aplicación RFID y una base de datos para el almacenamiento de la información receptada además de realizar el procesamiento de la señal, muestra de resultados y la configuración de los lectores (Rodríguez, 2009).

El canal inalámbrico es el medio no guiado constituido por el aire, compuesto por un campo eléctrico y magnético, cuyas ondas o señales están fundamentadas en el dominio frecuencia y tiempo. Es el medio por donde la señal de corriente y datos viajan y posteriormente la etiqueta envía la información solicitada, que se devuelve en forma de señal radio frecuencia (Ciudad & Samà, 2005).

El middleware es otro elemento que forma parte del sistema de identificación por radio frecuencia, es un software que se encarga de comunicar al hardware RFID

con el lector y la antena con el equipo PC, la función principal es procesar, extraer, agrupar y filtrar los datos receptados de los múltiples paquetes que envían los diferentes lectores RFID en un mismo campo de acción (Rodríguez, 2009).

2.3.4 PRINCIPIO BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA RFID

RFID se acoge a varios principios básicos para su funcionamiento, la idea es emitir una señal electromagnética desde el interrogador y que la etiqueta cumpla la función de receptor la onda para procesarla y separar los datos de la energía (etiqueta pasiva), para las tarjetas activas, tienen que emitir una señal de manera autónoma tratando de establecer la comunicación con el lector. El principio de funcionamiento consiste en recrear un ambiente para que las subportadoras que viajan por el campo electromagnético, puedan ser una fuente de alimentación y permita el envío de la respuesta por parte del tag, que se establezca una comunicación bidireccional mediante ondas electromagnéticas (Salgado & Ugarte, 2016).

El acoplamiento en RFID se lo define como un conjunto de partes que forman una etiqueta y determina como los circuitos entre ella y el lector se influyen para relacionarse y comenzar la comunicación, además del tipo de acoplamiento que utilice el sistema RFID, dependerá la distancia y la frecuencia (Marchesin & Montenegro, 2007).

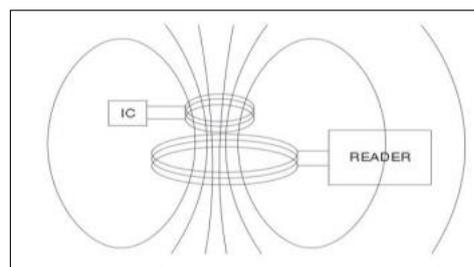


Figura 2. 9. Esquema de antena y lector RFID.
Fecha: (Salgado & Ugarte, 2016)

RFID utiliza el principio básico de acoplamiento magnético, donde el tag y el lector actúan como dos transformadores formados por bobinas y especialmente el lector por una bobina enrollada, por lo que al energizar al lector permite que se active el campo magnético entre lector y tag y se utilice el magnetismo para la comunicación y transferencia de información, este principio es utilizado en los sistemas RFID de bajas frecuencias ya que determina un campo de acción de 0,1 cm. a 1 cm (Marchesin & Montenegro, 2007).

Para energizar la etiqueta y transferir datos utiliza acoplamiento inductivo, donde el lector y la etiqueta deben estar en el mismo campo de acción, al alcance uno del otro, creando un campo magnético para el emparejamiento y posterior transmisión de energía desde el lector hacia la etiqueta, energizándola y permitiendo la lectura de la información almacenada en memoria y posteriormente el envío de datos al lector. Este tipo de acoplamiento permite la lectura de los tags a distancia corta y utiliza las baja frecuencias (Almonacid, 2007).

Para la propagación de la onda y un campo de acción más amplio, RFID aplica otro principio básico, el acoplamiento backscatter o radiactivo, es implementado por el lector y se basa en la frecuencia que se esté utilizando o propagando la señal y se trata de encontrar una auto respuesta, emite ondas electromagnéticas en la escala UHF permitiendo distancias de lectura más grandes (Castillo, 2018).

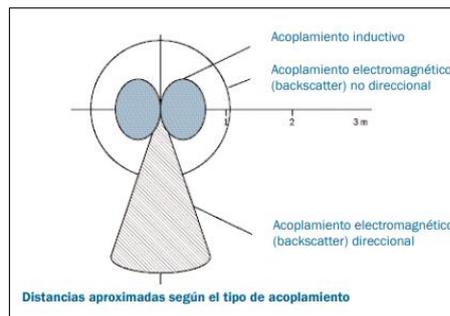


Figura 2. 10. Distancias según el tipo de acoplamiento RFID.
Fuente: (Marchesin & Montenegro, 2007).

2.3.5 PRINCIPIOS FÍSICOS DE LOS SISTEMAS RFID

RFID se basa en el uso de dos principios físicos para su funcionamiento: el de campo magnético, es decir la generación de una fuerza que se crea independientemente del medio físico y toma el nombre de intensidad de campo magnético, se la define como una tangente de energía que circula alrededor del medio físico como un hilo conductor o bobina, se lo utiliza en RFID para energizar los tags a una distancia determinada, donde las bobinas generan un campo magnético X y el transponder que esté en el campo de acción se energiza, también se utiliza para activar la comunicación entre antena y microchip de la etiqueta (Ciudad & Samà, 2005).

Segundo la inductancia mutua, es un principio que ocurre por la proximidad de dos elementos conductores, la corriente que atraviesa un medio físico induce un flujo magnético en el otro, de esta forma se permite establecer la comunicación y energizar el tag de los sistema RFID, este principio depende de las propiedades del medio, del elemento conductor de energía y por supuesto las dimensiones de lector y etiqueta (Ciudad & Samà, 2005).

Tabla 2. 1. Relación espectro y principio de funcionamiento.

Espectro	Principio	Zona de Cobertura
LF	Magnético	Buena cobertura materiales no conductores
HF	Magnético - Inductivo	Buena cobertura materiales y líquidos no conductores
UHF	Magnético Inductivo	Buena cobertura materiales conductores y no conductores, pero existe dificultad con el agua

Fuente: Autor.

2.3.6 MODULACIÓN EN UN SISTEMA RFID

Para la transmisión de la información, RFID utiliza la modulación como principio de funcionamiento, la onda portadora es emitida por el lector o el tag (activo o pasivo) y permite incorporar información en la onda portadora origen, la modulación se lleva a cabo antes de que la señal salga del emisor y puede ser: ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying), PSK (Phase Shift Keying) (Almonacid, 2007).

La modulación por amplitud de onda (ASK), incorpora la información digital en una portadora analógica modificando la amplitud de la onda, en otras palabras, los dígitos binarios se presentan por la portadora constante y los otros dígitos por su ausencia, es muy poco utilizada por su ineficacia, es muy sensible al ruido y la atenuación (Marchesin & Montenegro, 2007).

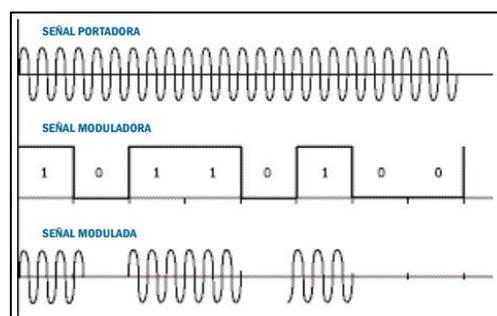


Figura 2. 11. Onda portadora origen modulada en ASK.

Fuente: (Marchesin & Montenegro, 2007).

FSK, modulación por frecuencia de onda, incorpora información a la portadora alterando la frecuencia, los valores binarios se interpretan con dos frecuencias diferentes y cercanas a la portadora, este funcionamiento aumenta la potencia de la señal y disminuye la interferencia del ruido, es más eficiente, pero su funcionamiento requiere mayor ancho de banda (Marchesin & Montenegro, 2007).

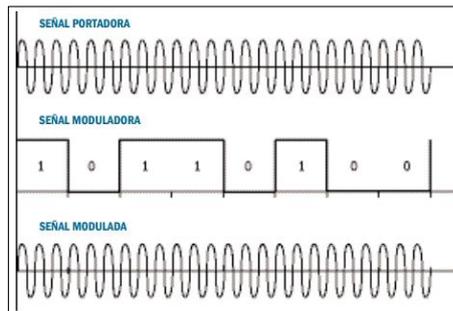


Figura 2. 12. Onda portadora origen modulada en FSK
Fuente: (Marchesin & Montenegro, 2007).

La modulación por fase de onda (PSK), incorpora los datos en la portadora alterando la fase, cuando ocurren cambios de fase a la señal. Existen dos tipos de PSK: la convencional donde a la portadora se incorpora los datos en los desplazamientos de fase y diferencial donde la modulación incorpora los datos considerando las transiciones de la fase (Marchesin & Montenegro, 2007).

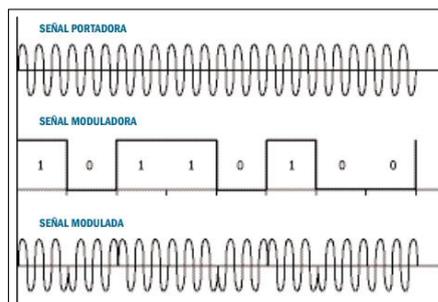


Figura 2. 13. Onda portadora origen modulada en PSK.
Fuente: (Marchesin & Montenegro, 2007).

También existen modulaciones que usan subportadoras y trabajan bajo el principio de acoplamiento inductivo y están en las frecuencias 6.78 MHz, 13.56 MHz y 27.12 MHz, transmitiendo la información desde la etiqueta al lector (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.7 RANGOS DE FRECUENCIA DE LOS SISTEMAS RFID

RFID posee un amplio campo de acción en el espectro electromagnético, la distancia es un factor que incide mucho en la frecuencia a utilizar para la comunicación entre lector y etiqueta. Existen sistemas en: LF, HF y UHF, cada una de las frecuencias a utilizar dependerá de la implementación de RFID según la necesidad y el campo de acción (Ciudad & Samà, 2005).

LF, rango de frecuencia 100 KHz a 500 KHz, siendo 135KHz utilizada por RFID.

HF, rango de frecuencia 10 MHz a 15 MHz, siendo 13.56 MHz utilizada por RFID.

UHF, rango de frecuencia 400 MHz a 2.4GHz, 915MHz y 2.4GHz son utilizadas por RFID. (Ciudad & Samà, 2005).

La importancia de las frecuencias en RFID radica en que a mayor frecuencia más velocidad de transmisión y también el costo dependerá directamente proporcional de estos factores (Ciudad & Samà, 2005).

Tabla 2. 2. Rangos de frecuencias de los sistemas RFID.

Espectro	Rango de Frecuencia	Frecuencia de Trabajo	Distancia de Cobertura
LF	100KHz - 500KHz	135KHz	0.1 cm
HF	10 MHz a 15 MHz	13.56MHz	10 cm
UHF	400 MHz a 2480 MHz	433MHz - 860MHz - 915MHz 2.4GHz	3 - 4 m 10-15 m

Fuente: Autor.

2.3.8 CAMPOS EPC DEL CÓDIGO DEL PRODUCTO

El código del producto según la normativa EPC (Electronic Product Code), tiene como función principal identificar de forma única al objeto que el sistema RFID quiere determinar. Es un conjunto de campos que estructuran un identificador único compuesto por los números del fabricante, el producto y un número de serie, de manera que el código del producto de RFID se lo coloca en los tags, de esta forma se los determina con un código único para su identificación (Bateman, Cortés, Cruz, & Paz, 2009).

Los campos del código EPC tienen esta estructura: encabezado de 8 bits; los números del fabricante con 28 bits; el identificador del objeto de 24 bits y el número de serie del objeto con 36 bits (Bateman, Cortés, Cruz, & Paz, 2009).

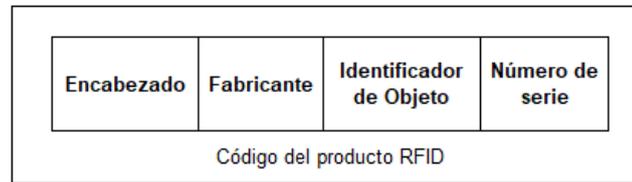


Figura 2. 14. Campos de código de producto RFID.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.9 CLASES DE UN SISTEMA RFID

Hacen referencia a las especificaciones determinadas por EPC global, incluye una regulación técnica para etiquetas y lector. Las especificaciones para la etiqueta radican en los datos almacenados, protocolos de comunicación con el lector y la banda de radiofrecuencia utilizada en la comunicación, las especificaciones para el lector determinan el protocolo para el interfaz aire y la comunicación lógica con las etiquetas (Ciudad & Samà, 2005).

EPC global divide las etiquetas según su funcionalidad en seis diferentes tipos: Clase I / 0 etiquetas pasivas y de solo lectura. Clase II etiquetas pasivas con funciones como memoria y encriptación de datos. Clase III etiquetas semi-activas con capacidad de soportar comunicaciones de banda amplia. Clase IV etiquetas activas que pueden comunicarse con otros tags activos y el lector. Clase V para los lectores, encargados de alimentar las etiquetas clase I, II, III y la forma de comunicarse con una etiqueta clase IV (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.10 DIFERENTES SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AL RFID

Las tecnologías de la información avanzan, se despliegan nuevas soluciones para cada sector comercial, pero llegan a un punto que requieren ser interconectadas para transferir información y funcionar en conjunto. RFID no es la única tecnología que utiliza radio frecuencia, un campo electromagnético y los principios de inducción para transmitir datos y energía con frecuencias determinadas.

A continuación, se muestran los diferentes tipos de tecnología cuya función es establecer la comunicación con ondas electromagnéticas y la transmisión de información dependiendo del campo de acción:

NFC, protocolo de comunicación definido como un conjunto de partes compuesta por un iniciador que tiene la función de establecer el control de la información que se transfiere-recibe y un tag que almacena la información de identificación, es una tecnología desarrollada por empresas como Philips y Sony, opera en el rango de 13,56 MHz, tasa de transmisión de 424Kbps, el campo de acción para que se polarice y comience a establecer la comunicación entre las partes es de 10 cm, posee dos tipos de tags, pasivos y activos, el segundo cumple su función generando su propio campo electromagnético, estableciéndolo al inicio de la comunicación y la transferencia de la información. NFC añade características que resuelven algunas limitaciones como movilidad y capacidad de memoria, pero tiene un límite en el campo de aplicación comercial (Tapia, y otros, 2007).

Código de barras, sistema que compite con RFID, inicia en 1972 en los laboratorios IBM con el nombre de Delta Distance, hasta 1977 cuando la European Article Numbering (EAN) decidió establecer protocolos y normas. Originalmente el código tomó el nombre de Universal Product Code y constaba de doce dígitos impresos. Hasta el momento es el sistema más utilizado, se define como un conjunto de barras paralelas y espacios que poseen un grosor determinado identificando cada línea y el conjunto de las mismas forman un código binario único, el cual solo identifica el objeto y no posee información almacenada (Pegri, 2007).

Las tecnologías mencionadas poseen diversas características que añaden mayor importancia, pero también carecen de desarrollo, en contraste con RFID, no requiere de línea de vista, tiene mayores alcances, lectura simultánea de muchos tags y mayor durabilidad, estos aspectos hacen resaltar esta tecnología en los diversos campos de acción (Alvarado, 2008).

2.3.11 SISTEMA RFID A 2.4GHZ

RFID en UHF utiliza la banda de 2.4GHz, rango de las microondas donde la longitud de onda requiere de mayor energía para propagarse permitiendo mayor flujo de datos, esto tiene dos ventajas: permite transportar mayor cantidad de información y tener más alcance en el rango de 2 a 30 metros, depende del tipo de

etiqueta a utilizar y el costo de los tags se incrementa. Son considerados como soluciones para el control de tráfico de diversas ciudades, se dividen en activa y pasivamente alimentados, debido a que en algunos casos los tags constan de baterías internas que les dan autonomía total para desarrollar la comunicación con el lector, mientras las pasivamente alimentadas esperan una señal que permita energizar el tag para comenzar la comunicación (Ciudad & Samà, 2005).

El principio básico de operación de RDIF en UHF es la transmisión de datos y energía usando la propagación de ondas electromagnéticas para comunicarse. Los tags deberán comenzar la transmisión de retorno hacia el lector aplicando un cambio en la carga de las antenas, sea en amplitud o fase. El método es conocido como modulated backscatter que permite tener mayor alcance a la onda que se envía de respuesta, en otras palabras, el mismo principio de los sistemas LF se usa en UHF para emitir una señal alterna de respuesta al lector (Ciudad & Samà, 2005).

RFID a 2.4 GHz tiene mejores características, pero hay que considerar que poseen desventajas, las microondas se atenúan y reflejan en el agua y objetos metálicos, su capacidad de almacenamiento o tamaño de las memorias varían en el orden de los bits a los Kbits, según el campo de acción. Por ejemplo, si se requiere el sistema para tareas simples de RFID o aplicaciones de logística, demandan gran volumen de información almacenada, a su vez esto se transfiere al costo de los tags, es un parámetro que depende de la capacidad de la memoria. Las antenas de RFID a 2.4GHz se construyen a $\frac{1}{4}$ del tamaño de la longitud de onda y la tasa de transmisión en UHF varía entre los 10 y 50 Kbits/s (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.12 ENCRIPCIÓN DE DATOS DE UN SISTEMA RFID

La seguridad es uno de los elementos primordiales que RFID debe tener debido al uso del campo electromagnético, es más propenso para vulnerar la seguridad y captar la información que viaja por el medio no guiado, por lo tanto, se requiere adoptar técnicas que garanticen la integridad y confiabilidad de la información. RFID usa el método de criptografía de clave secreta o simétrica que se caracteriza porque la clave de cifrado y descifrado es la misma, o sea la seguridad y el algoritmo recae solo en ocultar la clave, pero este método contiene características de ser rápido y fácil (Ciudad & Samà, 2005).

En la actualidad para mantener la integridad de los datos existen tres métodos de cifrado: de flujo, en bloques y feistel. El primero tiene como principal característica utilizar la misma clave en emisor y receptor, su funcionamiento en el emisor radica en que la clave secreta y el algoritmo utilizado generen una cadena binaria llamada producto 's' al que se suma la cadena de bits llamada 'm' y que generan una suma de bits a transmitir llamados 'c'. En el receptor a la cadena de bits recibida 'c', se le suma la misma clave y sumado al mismo algoritmo se genera la secuencia binaria 's' y con la suma la secuencia de bits receptada 'c', se obtiene el producto 'm' donde se determina la validez de la información transmitida por la igualdad de claves tanto del emisor y el receptor (Ciudad & Samà, 2005).

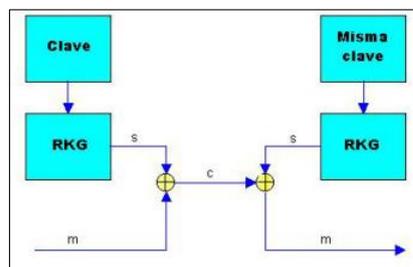


Figura 2. 15. Diagrama del método cifrado en flujo.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005).

El cifrado de bloque también utiliza la misma clave de seguridad para el emisor y receptor. Posee cuatro elementos: transformación inicial por permutación, función criptográfica débil, la encriptación / desencriptación son iguales y uso del algoritmo de expansión de clave. El cifrado de feistel es un algoritmo en el cual el bloque de datos se divide en dos mitades y cada parte se calcula alternativamente (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.13 CONTROL DE ERRORES EN LOS SISTEMAS RFID

Los sistemas RFID son propensos a tener pérdidas de información durante el proceso de transmisión de los datos desde el lector al tag o viceversa, estas se pueden interpretar como interferencias, ruidos y efectos de reflexión de onda portadora, debido a estos errores producidos durante la comunicación del lector y tag, RFID utiliza métodos para reconocer los errores durante la transmisión y tomar medidas de control, garantizando la calidad de la información que llega al receptor para ser procesada (Ciudad & Samà, 2005).

El control de paridad, método que se utiliza para control de errores de RFID, una técnica muy sencilla y eficaz, el funcionamiento radica en adicionar un bit a cada byte de información, cuando la información llegue al destino se lo reconoce como el ultimo bit para determinar si es par o impar, de esta forma se deduce si hay errores o no en los datos transmitidos (Ciudad & Samà, 2005).

El método de control de redundancia longitudinal (LRC, Longitudinal Redundancy Check), para control de errores durante el proceso de transmisión de información de RFID. LRC se emplea para determinar errores en la transmisión de pequeños bloques de datos, su cálculo es rápido y sencillo por la simplicidad del algoritmo: emplea un byte en un bloque de datos determinados en el emisor y en el receptor la suma de todos los LRC recibidos deben ser ceros, caso contrario indica que han ocurrido errores en la transmisión (Ciudad & Samà, 2005).

El código de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check), es uno de los métodos de detección y corrección de errores más utilizados en las comunicaciones informáticas, emplea la protección de datos en bloques donde los bits CRC se agregan a cada bloque de datos llamados tramas, se añaden a ella los bits de redundancia y se determinan como un polinomio a toda la trama. El receptor evalúa el polinomio recibido y si el resultado es cero, los datos son correctos, caso contrario detectará un error, pero CRC contiene datos redundantes que permiten de manera rápida solucionar los errores detectados sin la necesidad de pedir la retransmisión de los datos corruptos. Este método de 16 bits puede reconocer los errores de bloques de datos mayores o iguales a los 4 Kbytes de información, entonces los sistemas RFID tienen la capacidad de transmitir bloques de datos menores a 4kbytes por lo cual CRC es el método ideal para la detección de errores (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.14 TRAMA DE UN SISTEMA RFID

La trama de RFID se la determina de acuerdo con la clase y el campo de acción. Durante el proceso de comunicación entre el lector y el tag se envía información incorporada en una onda portadora, datos que se estructuran en bloques llamados tramas. Existe una estructura en las tramas emitidas desde un lector que trabaja en banda UHF hacia la etiqueta RFID de clase uno y por supuesto la estructura de la

trama cuando se realiza el proceso de respuesta de la etiqueta al lector (Ciudad & Samà, 2005).

Cuando una etiqueta entra en el campo de acción de un lector, se inicia el proceso de comunicación del sistema RFID. El lector inicia con una interrogación para establecer relación, esta comunicación se envía a través de ondas que transportan paquetes de datos o también llamadas tramas de información, las cuales viajan desde el lector hacia la etiqueta con ocho campos de bits (incluidos cinco bits de paridad), la trama que viaja como respuesta de la etiqueta al lector posee campos de entre cuatro y tres bits según lo que el lector solicite (Ciudad & Samà, 2005).

Cada parte que estructura la trama es un campo importante para que la información sea exacta y fiable:

Preámbulo: campo fijo, vacío sin información, y permite establecer los periodos en que no existe comunicación o transmisión por parte del lector.

Clksync: campo de veinte bits que permite establecer el tiempo para la lectura y decodificación de datos con el objetivo de sincronizar la comunicación.

SOF: este campo posee un bit e indica el inicio de la trama.

CMD: campo de ocho bits con el requerimiento del lector.

P1: campo de un bit y es la paridad impar del CMD.

PTR: campo de ocho bits con valores específicos como el identificador del tag, además al enviar la trama el lector ordena información de acuerdo a los bits de MSB a LSB.

P2: campo de un bit y es la paridad impar del campo PTR.

LEN: campo de ocho bits, indica la longitud de los datos enviados y siempre debe ser mayor a cero, caso contrario se detecta como un error en la transmisión.

P3: campo de un bit y es la paridad impar del campo LEN.

Value: campo de tamaño variable y lleva consigo el comando que se busca en la etiqueta.

P4: campo de un bit y es la paridad impar del campo VALUE.

P5: campo de un bit y es la paridad impar de los bits de paridad.

EOF: último campo de la trama es de tamaño de un bit e indica el final de la trama y de la transmisión de datos por parte del lector (Ciudad & Samà, 2005).

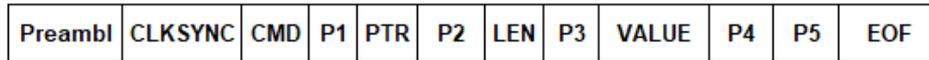


Figura 2. 16. Trama enviada en la comunicación lector - etiqueta.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005).

También se considera la estructura de la trama cuando se establece la comunicación entre la etiqueta y el lector, tratando de enviarle la información que fue solicitada. Las etiquetas solo transmiten los datos que le solicita el lector, por lo cual la trama que es emitida como respuesta contiene menos campos y varían de acuerdo a lo requerido por el lector, por ejemplo: cuando el lector envía un ScrollID los campos que interviene son: Preambl, campo de ocho bits y si el tag trasmite el valor de FEh de MSB a LSB; TAGID, campo variable de bits y el tag envía el valor de su código EPC de MSB a LSB; CRC, campo de dieciséis bits y permite que el tag envíe el CRC de sus códigos EPC de MSB a LSB (Ciudad & Samà, 2005).

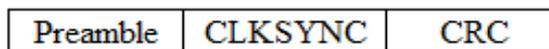


Figura 2. 17. Trama de un paquete enviado con un ScrollID.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005).

Si el comando es un VerifyID los campos que interviene son: Preambl, campo de ocho bits y si el tag trasmite el valor de FEh de MSB a LSB; TAGID, campo variable de bits y el tag envía el valor de su código EPC de MSB a LSB; CRC, campo de dieciséis bits y permite que el tag envíe el CRC de su código EPC de MSB a LSB; Password, campo de ocho bits y el tag envía el valor de su password de MSB a LSB.

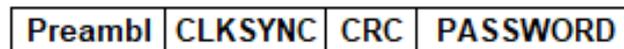


Figura 2. 18. Trama de un paquete enviado con un VerifyID.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005).

Una etiqueta almacena la información en la memoria a través de la siguiente estructura: el código de detección de errores que utiliza RFID en la trama es CRC y sirve para identificar el único código EPC, cuyo campo posee cuatro partes: versión, fabricante, clase de objeto y número de serie, los que son ordenados desde el bit más significativo (MSB, Most Significant Bit), al menos significativo (LSB, Least Significant Bit). El password se identifica como una cadena de datos de 8 bits y contienen un comando llamado KILL, que es de protección en la comunicación

RFID y se lo determina como un comando de autodestrucción (Ciudad & Samà, 2005).

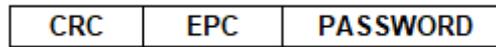


Figura 2. 19. Estructura donde almacena la información de un tag RFID.
Fuente: (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.15 DETECCIÓN DE COLISIONES RFID

RFID posee una característica importante que supera a tecnologías de similar operación técnica, permite trabajar y leer tags sin línea de vista, siempre y cuando estén dentro del campo electromagnético del lector, permite la lectura de N cantidad de tags simultáneamente, lo que el código de barras no permite, pero cómo RFID hace para que en el instante de la transmisión de la portadora desde el lector al tag y viceversa, se transmita y procese la información de manera correcta sin errores ni colisiones, se describe a continuación:

RFID utiliza un mecanismo de detección de errores y colisiones, el primero se lo describió anteriormente, donde el sistema interroga a la señal transmitida y en caso de que la señal esté corrupta, mecanismos como el control de paridad y la redundancia cíclica garantizan la retransmisión de los datos corrompidos. Cuando al momento de receptar varias señales transmitidas en un mismo segundo, desde los tags al lector puede ocurrir una colisión de señales, a esto se denomina colisión en el medio compartido, para las colisiones RFID expone mecanismos de detección de colisiones que garanticen la transmisión de la información.

RFID utiliza sistemas anticolisión para evitar interferencias y colisiones en el medio compartido o multiacceso.

El acceso múltiple por división de espacio (SDMA, Space Division Multiple Acces), consiste en crear una antena isotrópica que irradie el campo de acción en todos los puntos tratando de encontrar tags en diferentes direcciones y la única forma que el tag podrá transmitir será cuando se tenga una buena línea de vista, trata de reusar la capacidad del canal en áreas separadas (Ciudad & Samà, 2005).

El acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, Frequency Division Multiple Access), se basa en crear varios canales de comunicación con su respectiva portadora tratando que siempre estén disponibles para los tags, básicamente es un

mecanismo que subdivide la frecuencia en pequeñas bandas dedicando a cada elemento un canal fijo para la comunicación (Ciudad & Samà, 2005).

El acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access), técnica empleada en radiocomunicaciones, opera como un solo canal que es dividido en tiempo para todas las etiquetas que requieran usarlo en el proceso de transmitir información (Ciudad & Samà, 2005).

El método anticolidión Aloha, es utilizado solo en la lectura de las tramas que se transmiten con una pequeña cantidad de datos, la señal emitida por un lector hacia la etiqueta consulta la serie o código del tag RFID, el cual envía la señal transportando la información solicitada hacia el lector en una secuencia cíclica, la señal original es enviada en un tiempo determinado seguida de un espacio y a continuación la repetición en otro tiempo (Ciudad & Samà, 2005).

Otro método anticolidión es Aloha ranurado, una mejora del anterior consiste en mejorar la tasa de transmisión de las etiquetas y solo empieza a transmitir cuando el interrogador asigne un tiempo determinado, de esta manera establece sincronismo y seguridad de la información a transmitir (Ciudad & Samà, 2005).

El algoritmo de búsqueda binaria permite que el interrogador busque en el lado de la señal enviada (tag) en que bit ocurrió la colisión, se apoya en la codificación de bit para poder interpretar los símbolos o códigos y tener más efectividad en el bit corrupto (Ciudad & Samà, 2005)

2.3.16 ANTENAS RFID A 2.4GHZ

La selección de la antena es uno de los elementos más importantes en RFID, tiene una relación directamente proporcional a la propagación de la onda, campo de acción y la información solicitada a las etiquetas. En RFID a 2.4GHz para la correcta selección de la antena se debe considerar varios parámetros: polarización, patrón de radiación y potencia (Pérez, Morales, & Marante, 2018).

El patrón de radiación se define por el campo eléctrico y se simboliza como una representación gráfica desarrollada en base a las propiedades de radiación de la

antena, considerando las diferentes direcciones de espacio y la distancia de trabajo fijada, también se denomina ganancia de la antena. El desempeño de las antenas es uniforme porque en una dirección se incrementa su radiación y en otra se anulan, este efecto es debido a las características del ambiente (Pérez, Morales, & Marante, 2018).

La polarización es otro elemento a considerar en la región de propagación de RFID, debido a que la dirección del campo eléctrico de la onda genera el campo de polarización, el cual cuando es correcto permite evitar el ruido y factores ambientales de naturaleza lineal que pueden interferir en la señal receptada deseada (Pérez, Morales, & Marante, 2018).

La impedancia en la entrada de la señal es otro parámetro para considerar al establecer la región de propagación de las antenas en UHF, se define como la resistencia que tiene la propagación de la señal debido a las conexiones de los terminales con el equipo transmisión o receptor. En la etiqueta la impedancia se vuelve un factor importante en el traspaso de energía receptada de la antena hacia el chip y viceversa (Pérez, Morales, & Marante, 2018).

Otro factor importante en antenas RFID son las geometrías empleadas en ellas, se pueden utilizar de forma circular y cuadrada, puesto que usan alimentaciones de la misma amplitud y fase, además se consideran geometrías elementales en la recepción y transmisión de la portadora (Serrano, 2017).

Finalmente, por norma todos los diagramas de radiación de una antena RFID a 2.4GHz, se representan con un campo eléctrico y pueden ser tridimensionales. Los cortes en los diagramas son otro elemento que se representa, el más habitual es el plano E (Nistal, 2011).



Figura 2. 20. Diagrama de radiación de antenas Isotrópica, Omnidireccional y Directivo.
Fuente: (Serrano, 2017).

2.3.17 REGIÓN DE PROPAGACIÓN DE UN SISTEMA RFID A 2.4 GHz

La región de propagación de un sistema RFID a 2.4 GHz depende directamente de la antena a utilizar y las diferentes regiones de campo específico para cada antena: zona de campo próximo, región inmediata cercana a la antena donde los principios reactivos e inductivos actúan y decrece con la distancia; zona de campo próximo radiante o de Fresnel es la región intermedia entre el campo lejano y el próximo, su distribución angular es directamente proporcional a la distancia de la antena al tag; zona de campo lejano o de radiación o Fraunhofer, se determina por la radiación angular de campo que no depende de la frecuencia de funcionamiento, este será el aplicado en esta investigación porque se utilizará un sistema RFID en UHF donde se emplea radiación en campo lejano (Nistal, 2011).

La medida máxima permitida por EPC Global para sistemas RFID UHF en áreas abiertas es de -60 dBm, o sea de 0.5 a 3.0 GHz (Bloch & Ribeiro, 2018).

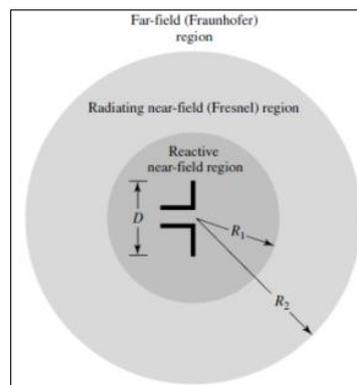


Figura 2. 21. Regiones de campo de una antena RFID a 2.4GHz.
Fuente: (Nistal, 2011).

2.3.18 APLICACIÓN DE RFID

RFID se puede aplicar a gran número de áreas, campos y mercados, ha llegado a la industria del transporte para el control del encendido y apagado de un vehículo identificando la llave por medio de un código único, en los sistemas de peajes de auto identificación y en los puntos de chequeos para el ingreso de vehículos a ciudadelas privadas y fábricas. También incursiona en la ganadería permite identificar a los animales permitiendo tener un mejor control. En sistemas aéreos permite tener información al instante del destino y dueño de la maleta para poder identificarlo. En grandes empresas de suministro de alimentos permite tener el inventario de los productos al instante, saber la cantidad para proceder a

abastecerlos. La gestión en bibliotecas con la identificación de los libros, en los sistemas de correos o courier implementa su función con la identificación de paquetería para poder ser distribuido al destinatario, y en los procesos de las grandes industrias para la trazabilidad de los productos. En general RFID cumple simultáneamente dos objetivos: ubicar de forma precisa los productos y monitorizarlos en tiempo real (Ciudad & Samà, 2005).

2.3.19 TECNOLOGÍA 5G Y RFID

En la actualidad el avance tecnológico tiene un tiempo de variación de seis meses, impulsando la renovación, mejoras en las tecnologías existentes o la creación y desarrollo de nuevas. El desarrollo de la tecnología de quinta generación (5G), será el elemento que aportará con la infraestructura para conectar trillones de dispositivos de diferentes campos a través de internet. 5G tendrá una mayor capacidad de canal que permita la conexión de objetos y dispositivos, para realizar esta tarea requerirá tecnologías complementarias como RFID, ayudando a procesar información obtenida después de ser leída por los lectores y luego transmitida a la gran red, utilizando un canal de comunicación inalámbrico, estableciendo la comunicación entre personas y dispositivos desde cualquier lugar del mundo (Játiva, 2016).

2.3.20 INTERNET DE LAS COSAS IoT

RDFI se cataloga como una tecnología complementaria que ayuda a la evolución de automatizar, identificar, controlar y monitorear todo a través de la gran red o básicamente el internet de las cosas, siendo importante desplazamiento en varios campos o aplicaciones, ayudando y aportando a la convergencia de la identificación de las cosas a través de la gran red, todo este proceso se dará de acuerdo a la necesidad y utilidad que requieran los diversos mercados (Játiva, 2016).

2.3.21 FACTORES Y CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS PARA LOS SISTEMAS RFID

Durante el desarrollo de la investigación se consideró conceptos elementales que ayuden a caracterizar, comprender y analizar el funcionamiento de cada parte del estudio, para llegar a una solución sintetizada, los conceptos estudiados hasta ahora son de vital relevancia, pero para alcanzar la solución se debe considerar que hay

factores y conceptos adicionales que complementan y profundizan en el fenómeno a estudiar, como:

Espectro electromagnético, conjunto de las frecuencias que poseen la capacidad de generar radiación electromagnética, la generación de ondas eléctricas y magnéticas o hertzianas que oscilan entre los 10KHz hasta los 3GHz, es un recurso natural que utiliza el espacio libre para propagar una señal sin necesidad de un medio físico, la longitud de onda electromagnética es el tamaño de la onda, el mínimo es cero y el máximo es el universo (Luque, 2012).

Tabla 2. 3. Bandas de frecuencias en el espectro electromagnética.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO			
ESPECTRO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	FRECUENCIAS
VOZ	ELF	Frecuencias Extremadamente Bajas	3 - 30 Hz
	UF	Frecuencias de Voz	30 - 300 Hz
	ULF	Frecuencias Ultra Bajas	300 - 3000 Hz
	VLf	Frecuencias Muy Bajas	3 - 30 KHz
RFID	LF	Frecuencias Bajas	30 - 300 KHz
	MF	Frecuencias Medias	300 - 3000 KHz
	HF	Frecuencias Altas	3 - 30 MHz
	VHF	Frecuencias Muy Altas	30 - 300 MHz
	UHF	Frecuencias Ultra Altas	300 - 3000 MHz
	SHF	Frecuencias Súper Altas	3 - 30 GHz
GAMAS	EHF	Frecuencias Extremadamente Altas	30 - 300 GHz

Fuente: elaborada por el Autor

Espectro Radioeléctrico, porción del espectro electromagnético, permite que viajen ondas electromagnéticas que llevan consigo información de voz, datos, imágenes, sonido y video, se utiliza en sistemas de comunicaciones de radiofrecuencia para la transmisión de datos y se emplea en comunicaciones que producen ondas que desde 10KHz hasta 3GHz (Luque, 2012).

Campo electromagnético, es la unión de señales eléctricas y magnéticas en el aire, su origen es de forma natural y están expuestas en el ambiente, se produce por la presencia de señales eléctricas de un elemento, abarca desde las bajas frecuencias hasta las más altas. El funcionamiento radica en la diferencia de voltaje, a más voltaje inducido el área que resulte será mayor, la velocidad de desplazamiento de esta onda será igual a la de la luz 300.000 km/sg (Alonso, Garcia, & Onaindia, 2012).

Ondas electromagnéticas, se definen como la combinación de señales eléctricas y magnéticas con la capacidad de transportar datos en un espacio y tiempo

determinado, permitiendo realizar el proceso de comunicación, depende directamente de la carga eléctrica que emita el dispositivo emisor. Las ondas electromagnéticas son utilizadas en cualquier sistema de comunicación de radiofrecuencia que quiera producir una transmisión y recepción de información (Luque, 2012).

Onda portadora, es generada a través de un sistema de transmisión, combina la onda electromagnética origen a una frecuencia determinada y la información a transmitir, básicamente la onda es alterada con un mecanismo en alguno de sus parámetros como fase, frecuencia o amplitud (Martín, s.f.).

Onda microonda porción del espectro radioeléctrico, situado en el segmento superior y se determinan en el rango de 1 a 300GHz, su tamaño es de milímetros, pueden transportar grandes cantidades de información y por supuesto requieren de mayor energía para propagarse (Luque, 2012).

Modulación, proceso que sufre la onda portadora alterando algunas de sus propiedades como frecuencia, fase o amplitud con el objetivo de que la señal que porte la información sea análoga y de mayor frecuencia que la señal de origen, en la mayoría de los casos la portadora es una frecuencia de radio (Tomasi, 2009).

Codificación, proceso técnico que permite colocar un cifrado, códigos o símbolos a los datos que serán transmitidos en la portadora por motivos de seguridad y ahorro de espacio para que en su recepción los dispositivos con la misma codificación puedan entenderlos y decodificarlos. En la codificación existen dos elementos importantes de identificar con relación directamente proporcional con la cantidad de información a codificar y transmitir. El primer elemento es la velocidad de señalización que determina el número de símbolos o códigos transmitidos por una unidad de tiempo determinada y se representa en unidad de Baudío, mientras que la velocidad de transmisión se determina por el número de bits que se transmiten en una unidad de tiempo y se representa en bits por segundo, estos dos elementos tienen relación directa, si uno es mayor al otro afecta la tasa de transmisión o viceversa (Espantoso, 2018).

Banda de frecuencia, porción del espectro electromagnético, un canal no guiado que consta de pequeñas secciones de frecuencias, utiliza el aire para transportarse y depende del campo de las comunicaciones que se quiere emplear para determinar la frecuencia de operación. Además, determina directamente la cantidad de bits que se puede utilizar para la codificación de datos y emplea mecanismos como la

modulación para realizar la respectiva transmisión de la información. La unidad de medida son los Hertzios. Las bandas de frecuencias tienen características únicas, las frecuencias más bajas utilizan más potencia para poder propagarse, las ondas son más grandes en relación a la unidad de medida de kilómetros y pueden transportar poca información, mientras que las bandas más fuertes requieren menos potencia, la longitud de la onda es menor en la unidad de metros, centímetros y milímetros pero transportar gran volumen de información (Llanos, 2013).

Ancho de banda, elemento que determina la capacidad de bits que se puede transmitir por un segundo de tiempo y los medios pueden ser físicos o una frecuencia determinada, considerando una baja latencia en las conexiones que conformen la red de comunicación (ITU, 2013).

Red de comunicación global, conjunto de elementos electrónicos que poseen distintas funciones y están regularizados por protocolos y estándares donde todo forma una sola infraestructura y un solo objetivo. Su función principal es establecer la comunicación para la transmisión de recursos como datos, voz, video, imágenes (Morales & Córdova, 2010).

Tipos de redes de comunicación, existen tres categorías: las redes de área local (LAN, Local Area Network) que permiten un entorno pequeño y se conforman a partir de la constitución de dos elementos electrónicos que quieran comunicarse mutuamente; las redes metropolitanas (MAN, Metropolitan Area Network), redes más grandes que son básicamente para un entorno corporativo y su principal función es establecer la comunicación entre más de n elementos, pueden utilizar diversos medios físicos o no guiados para establecer la comunicación; y las redes de área amplia (WAN, Wide Area Network) cuyo concepto no varía y engloba todas y cada una de las redes mencionadas, es la interconexión de todas las redes posibles que permita la comunicación teniendo como referencia protocolos y estándares que se deben cumplir, además el canal o medio físico de transmisión puede ser guiado e inalámbrico (Morales & Córdova, 2010).

Fibra óptica, medio físico que permite la transmisión de información a grandes velocidades, distancias y tasas de transmisión, es una mejora al cable UTP, utiliza los haces de luz para propagar la señal y transportar la información aplicando los principios de reflexión y refracción en un medio físico de propagación (Technical, s.f.).

Fibra monomodo, medio físico que permite propagar la señal electromagnética en forma de haz de luz, cuyo núcleo es muy pequeño y solo permite que viaje un solo haz por su interior, viaja a mayor distancia en relación con multimodo y dependen del haz de luz a utilizar (Tecnosinergia, s.f.).

Fibra multimodo, medio físico para propagar la señal electromagnética en forma de haz de luz a distancias que dependen de la fuente a utilizar, contiene un núcleo más ancho que el de monomodo y generan múltiples caminos de propagación, los haces de luz pueden viajar paralelamente al contorno de vidrio de la fibra, sean haces de emisión o recepción (Tecnosinergia, s.f.).

Canal de comunicación, medio físico o no guiado que permite establecer una comunicación mutua entre emisor y receptor (ITU, 2013).

2.3.22 FACTORES QUE AFECTAN AL SISTEMA RFID (ZONA DE INTERROGACIÓN)

Así como se ha estudiado los factores que complementan el conocimiento de la tecnología RFID, también se establecen conceptos que ayudan a comprender la afectación que puede tener en algunas partes de los sistemas, específicamente en la propagación de la onda por el uso del espectro radioeléctrico:

Absorción, elemento presente en los sistemas que utilicen radiofrecuencia como medio de comunicación, RDIF no es la excepción, este factor atenúa y debilita la señal o campo electromagnético propagado por el emisor, incluso cuando la comunicación es en el sentido etiqueta - lector, el principal factor de la absorción son los líquidos y cualquier tipo de material con líquidos. También hay que considerar la densidad del líquido, la frecuencia de la señal y la posición de la etiqueta, pueden tener mayor o menor afectación de este elemento (Castillo, 2018).

Interferencias, afecta a RFID y se definen como la coincidencia en el espacio de un mismo punto de dos o más ondas que se superponen a la señal emitida anulándola, las ondas que se superponen pueden ser por señales de ruido y ondas de frecuencias más fuertes. Las interferencias también pueden ser por el tipo de material que rodea a la etiqueta o la antena que esté propagando la onda como el acero, madera y plásticos (Castillo, 2018).

Refracción, afecta los sistemas que utilizan el campo electromagnético como canal de comunicación, es el inconveniente más importante en RFID, se define como una constante dieléctrica que tienen ciertos materiales para impedir el paso de la

portadora para energizar la etiqueta o que imposibilita el intercambio de información entre lector-etiqueta (Castillo, 2018).

Las zonas muertas, afectan a los sistemas que usan el espectro electromagnético y específicamente a RFID, se determinan así a aquellas zonas en que no llega la propagación de la portadora, o que están afectadas por características del ambiente o por interferencias electromagnéticas (Castillo, 2018).

2.4 MARCO LEGAL

Esta investigación se fundamenta en los siguientes artículos de la ley, reformas y ordenanzas creadas para el mejoramiento del transporte público del cantón Guayaquil.

La Constitución de la república del Ecuador en el título III sección de los Derechos, Garantías y Deberes, Capítulo II de los Derechos Civiles en el artículo 23, establece que el estado garantizará al ciudadano vivir en un ambiente ecológicamente equilibrado, libre de contaminación teniendo a su disponibilidad servicios públicos de calidad (Constitución Política de la Republica del Ecuador, 2008).

El mismo documento, en el título V sección Organización Territorial del Estado, Capítulo IV Régimen de Competencia en el artículo 264 establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) tendrán dentro de sus competencias el control, regulación del uso y ocupación del suelo en el cantón (Constitución Política de la Republica del Ecuador, 2008).

La Reforma a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, decreto presidencial No. 1198, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 415, en el artículo 30 indica que el Gobierno Central otorga a los GADs la competencia del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, implica que tendrán en sus respectivos cantones la planificación, regulación y el control del tránsito y transporte (Registro Oficial No. 415, 2011).

La ordenanza que Regula el Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial en el cantón Guayaquil, publicada en el Registro Oficial Edición Especial No. 200 del 30 octubre del año 2014, en el artículo 13 y 14 determinan las facultades de control y

planificación para las actividades del servicio de transporte público que circule dentro del cantón Guayaquil, además de tener la regulación del uso y ocupación de la vía pública de la creación de corredores viales, sus estaciones y paradas (Registro Oficial No. 200, 2018).

Los estándares EPC Global 2008, determinan el máximo nivel de ruido permitido para áreas abiertas en -60dBm para frecuencias que estén entre los 0.5 a 3.0 GHz, este estándar tiene dos bandas la de resolución que es de 100KHz y el espacio de 50MHz durante los procesos de lectura (EPCglobal, 2008).

El estándar ISO 14443 parte 1, determina las especificaciones y características físicas de las etiquetas RFID (ISO/IEC 14443-1, 11, 2018).

El estándar ISO 14443 parte 2, determina la potencia de radiofrecuencia necesaria y las posibles interferencias de las etiquetas RFID (ISO/IEC 14443-2, 2016).

El estándar ISO 14443 parte 3, determina las funciones de inicialización y los métodos empleados para las técnicas de anticolidión entre etiqueta y lector en los sistemas RFID (ISO/IEC 14443-3, 56, 2018).

El estándar ISO 14443 parte 4, determina los protocolos de comunicación y transmisión entre etiqueta y lector en los sistemas RFID (ISO/IEC 14443-4, 55, 2018).

La norma ISO 17365, determina la aplicación de RFID en las unidades de transporte, características para la identificación de tales unidades, recomendaciones para añadir información adicional en las etiquetas, especificación de requerimientos necesarios, especificaciones para la interfaz aérea entre la etiqueta y el lector (ISO 17365, 32, 2013).

La norma ISO 18000 en la parte 4 indica los parámetros generales a considerar para la interfaz aérea utilizada en las comunicaciones de sistemas a 2.4GHz. (ISO/IEC 18000-4, 200, 2018).

CAPÍTULO III DISEÑO VIRTUAL DE LA RED RFID Y SIMULACIÓN CON WINIQSIM DE LA SEÑAL DE COMUNICACIÓN ENTRE LECTOR Y ETIQUETA RFID

En este capítulo, se desarrolla el diseño del sistema RFID, con elementos como: etiquetas, lectores, antenas y la red informática, la conexión física de la red de operación será una topología tipo estrella, que utilizará como conexión la red de fibra del proveedor Telconet S. A. para estar conectada a la red del Data Center donde convergerá toda la información.

Además, se realizará la simulación del canal inalámbrico que establece la comunicación entre el lector y la etiqueta. La señal simulada pasará por los diferentes principios de modulación y codificación de la onda hasta llegar a la antena para propagarse por los diferentes caminos, añadiendo los escenarios con señales correlacionadas y no correlacionadas al sistema RFID, además se presentarán los gráficos de la señal en dominio tiempo y frecuencia para su respectivo análisis.

3.1 DISEÑO DE LA RED RFID: ÁREA DE ESTUDIO A CUBRIR CON EL SISTEMA RFID

El área de estudio corresponde al corredor vial uno en el sur oeste de la ciudad de Guayaquil, en la calle 29ava desde calle C hasta calle Oriente, con un recorrido total de ocho cuadras con una distancia de 0.551 km y constituido de 4 paradas normales y 4 tipo tótem, la calle tiene dos sentidos de vía. Por este sector circulan aproximadamente 25 líneas de transporte urbano ccon 1000 buses diarios, teniendo una tasa de movilidad de cerca de 150.000 a 200.000 personas que se desplazan de un punto a otro (Figura 3.1) (ATM, 2016).

3.1.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CHEQUEO EN LA RUTA DE ESTUDIO

La ubicación de los puntos de chequeo del sistema RFID en el área de estudio, que consta de alrededor de ocho cuadras y tendrá cuatro puntos de chequeo que se serán considerados en el diseño de la red RFID, cada uno incluye un lector, antena, los equipos de red de capa 3 y las conexiones físicas.

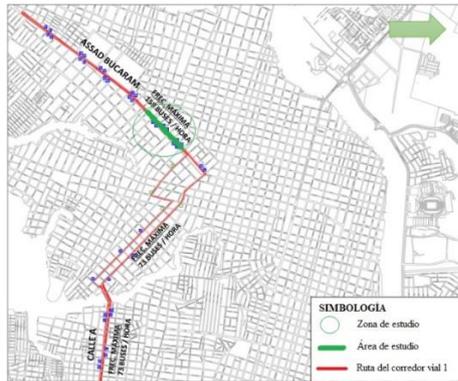


Figura 3. 1. Plano de área de estudio del corredor vial uno.
Fuente: (A & V Consultores, 2016)

Cada punto considerado en el diseño fue escogido por dos factores: la eficacia que represente al sistema de transporte urbano en cuanto a ubicación y veracidad de la información que se almacene y se entregue a las autoridades (clientes) y ciudadanos (usuarios), y el factor ambiental, si los equipos están cubiertos de materiales como acero o un líquido de una densidad considerable, estos elementos pueden causar efectos de reflejar, refractar y dispersar la onda.

Se consideran las características técnicas de los equipos RFID de 2.4 GHz y una propagación de la señal o zona de cobertura de 2 a 10 metros. Los puntos de chequeo donde se ubicarán los equipos RFID serán las paradas normales y tipo tótem del SITU como se muestra en la figura 3.2.

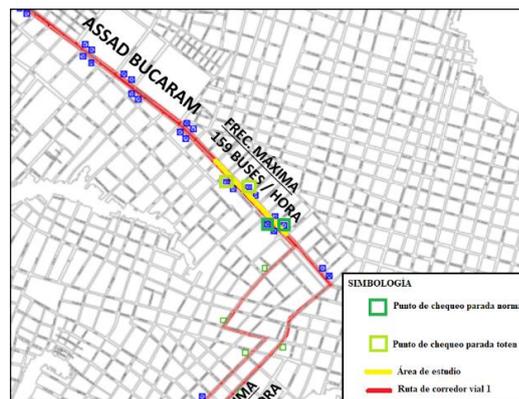


Figura 3. 2. Ubicación de puntos de chequeo en el corredor vial 1.
Fuente: (A & V Consultores, 2016)

3.1.2 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS RFID EN LAS PARADAS NORMALES

El lector estará ubicado físicamente entre el techo y tumbado, específicamente donde se ubica la luminaria, mientras la antena se pondrá sobre el techo de la parada con 5 grados de caída al piso, formando una zona de acción de 10 metros,

permitiendo la lectura de las etiquetas ubicadas en cada bus del sistema de transporte urbano.

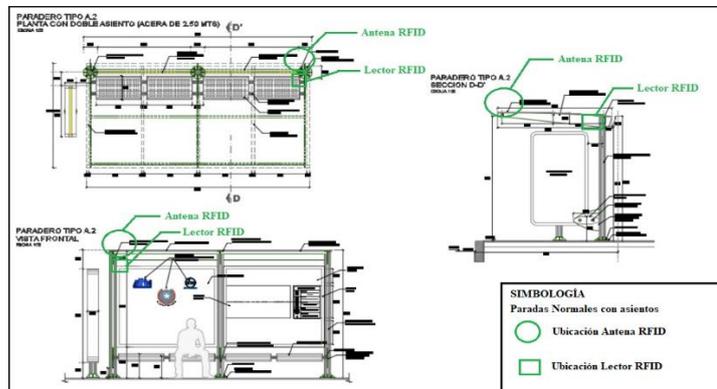


Figura 3. 3. Ubicación de lector y antena RFID en paradas normales del SITU.
Fuente: (A & V Consultores, 2016)

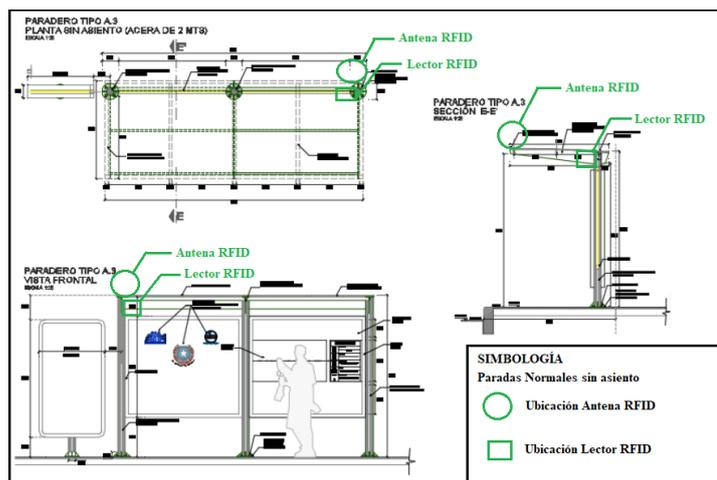


Figura 3. 4. Ubicación de lector y antena RFID en paradas normales sin asiento del SITU.
Fuente: (A & V Consultores, 2016)

3.1.3 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS RFID EN LAS PARADAS TOTEM

El lector estará ubicado físicamente en la parte inferior interna con una caja de material impermeable, mientras la antena se pondrá en la parte alta del tótem con 5 grados de caída al piso garantizando una zona de acción de 2 a 10 metros, permitiendo la lectura de las etiquetas ubicadas en cada bus.

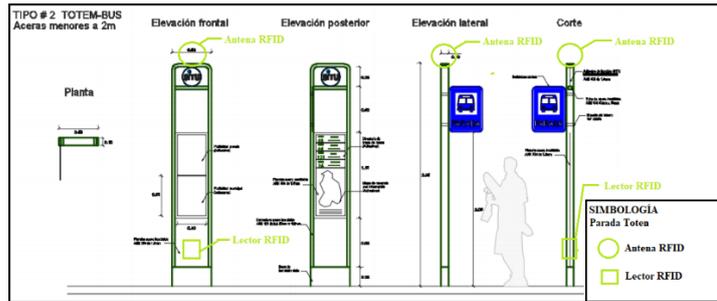


Figura 3. 5. Ubicación de lector y antena RFID en paradas tótem del SITU.
Fuente: (A & V Consultores, 2016)

3.1.4 UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS RFID EN LAS BUSES URBANOS

Debido a las características técnicas y ambientales, se establece que la ubicación correcta para una lectura de datos eficaz y veraz será en la parte superior izquierda del bus, en la parte metálica o en el vidrio del bus.

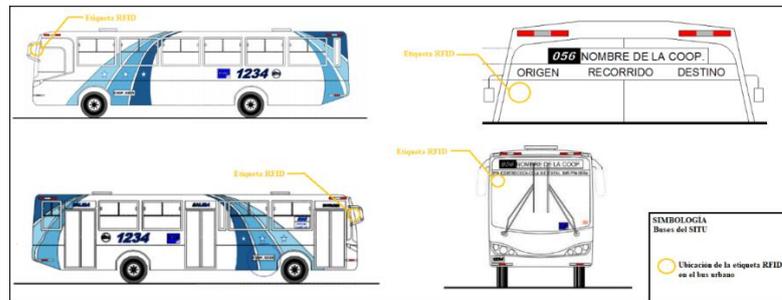


Figura 3. 6. Ubicación de la etiqueta RFID en bus del SITU.
Fuente: (Autoridad de Transito Municipal, 2019)

3.1.5 ARQUITECTURA

En el diseño del sistema RFID de acuerdo con las características técnicas de la zona y de la tecnología, se utilizará la topología de comunicación Punto a Multipunto (PTMP), la comunicación se realizará desde un punto central a cada equipo RFID conectado en la red, la red captará información en cada equipo RFID conectado en red, a su vez la información convergerá en el centro de la red de datos o Data Center (NOC).

En las paradas la comunicación se realizará vía radio a través de una antena que propaga la señal horizontalmente en un solo sector a unos 120 grados obteniendo una zona de cobertura considerable, con una distancia de hasta 10 metros, la topología de conexión será PTMP.

La conexión física entre cada equipo de la red RFID con el NOC se realizará a través de la fibra óptica que utiliza la empresa JCDECAUX para proveer de internet en cada parada a los usuarios del corredor vial uno, la que llegará hasta el edificio donde se tiene el centro de control de operaciones del transporte o también conocido como oficinas de la ATM y para este caso de estudio el NOC.

Al diseñar una red, se tiene en cuenta características y conceptos técnicos que ayuden a minimizar los problemas comunes, como: latencia, crecimiento inesperado, capacidad para que los equipos puedan aportar rendimiento y la red sea utilizada de forma óptima, además de la disponibilidad del servicio todo el tiempo: **Jerarquía**, todos los elementos activos en forma ordenada y con una función específica.

Modularidad, se considera el crecimiento a futuro por el despliegue de nuevos equipos que se añadan en la red o para utilizar el sistema RFID para otro tipo de cliente como podría ser el caso del transporte privado de taxis u otra funcionalidad.

Redundancia, presentar alta disponibilidad en los servicios que entregue como alta disponibilidad de conexión, procesamiento y almacenamiento de la información adquirida, desde los equipos de la red hasta las conexiones físicas, esto es de gran importancia para la fiabilidad del servicio.

Flexibilidad, para que los equipos ayuden a balancear la carga y el tráfico que se genere en la red.

Se considerará el modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI, Open System Interconnection), debido a que la arquitectura del modelo en sus cuatro primeras capas es utilizada en el diseño de la red y las tres capas restantes se utilizan en el procesamiento de la información, específicamente en el NOC.

3.1.6 INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

Se utilizará la metodología de PPDIIO de Cisco, para el estudio es aplicable en sus tres primeros pasos:

Preparar, permitirá recolectar la información que corresponda a la red, sus objetivos.

Planear, considerar todas las necesidades de la red y levantar información con una visita en sitio, tratando de entender cómo operará y funcionará.

Diseñar, se expondrá un diseño de la red considerando la información adquirida y que solucione la problemática expuesta, realizando un diagrama de red de alto nivel, sin marcas de equipos, ni especificaciones técnicas, plasmando todo lo necesario en el diseño.

La topología del diseño de la red informática será el modelo de capas jerárquicas, sencillo y estructurado, contiene consideraciones que ayudan a plasmar lo necesario y permite conectar cualquier equipo donde sea necesario de manera segura y fiable, presenta tres capas:

Acceso, la capa donde se conectarán todos los equipos finales del usuario y se define como el acceso a la red.

Capa de distribución, capa media donde protocolos de seguridad y políticas determinan las diferentes autorizaciones y permisos de conexión.

Núcleo o core, capa máxima de este modelo que indica la conmutación de un gran volumen de paquetes a elevadas velocidades.

Tabla 3. 1. Características técnicas de la etiqueta RFID.

CARACTERÍSTICAS	TAG RFID	CARACTERÍSTICAS	TAG RFID
Función	Almacena información del objeto	Características	Lectura / escritura
Modo de operación	Pasivo / Activo	Capacidad de datos	96 bit EPC / 532 bit
Tasa de comunicación	10 M / 100 M	Ganancia	12 dbi
Tipo	Lectura / Escritura	Sistema anticolidión	Lectura simultanea
Aplicación	Outdoor	Interferencia	
Protocolo	IP65	Air Protocolo	EPC GLOVAL UHF
Radio de Cobertura lectura	10 metros	Norma	ISO 1800
Radio de Cobertura escritura	3 metros	Voltaje de entrada	12V
Frecuencia	2.4 Ghz	Material de la antena	Aluminio
Velocidad de Lectura de datos	80km/h	Temperatura	-30 C a 80 C

Fuente: Autor.

Tabla 3. 2. Características técnicas del lector RFID.

CARACTERÍSTICAS	LECTOR RFID	CARACTERÍSTICAS	LECTOR RFID
Función	Almacena información del objeto	Características	Criptográfica / prevención de perdidas/ rangos de lectura mayores
Modo de operación	Pasivo / Activo	Capacidad de datos	96 bit EPC / 512 bit

Tasa de comunicación	10 M / 100 M	Ganancia	12 dBi
Tipo	Solo Lectura	Sistema anticolidión	Lectura simultanea
Aplicación Protocolo	Outdoor	Interferencia	Permita la lectura en metales, no metales y líquidos
	IP65	Air Protocolo	EPC GLOVAL UHF Class1 Gen2
Tiempo de Vida Radio de Cobertura Modo	10 años	Norma	ISO 1800
	10 metros	Voltaje de entrada	12V
	Reposo, Ahorro de energía	Energía en reposo	1uA
Frecuencia	2.4 Ghz	Poder de transmisión	3W
Velocidad de Lectura de datos	80km/h	Temperatura	-30 C a 80 C

Fuente: Autor.

Tabla 3. 3. Características técnicas de la Antena RFID.

CARACTERÍSTICAS	ANTENA COMUNICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	ANTENA COMUNICACIÓN
Función	Interface de comunicación	Output Power	90dBm
Tipo	Direccional	Ganancia	15 dBi
Frecuencia UHF Band	2.4 Ghz	Voltaje de entrada	110V / 220V AC
Output Power	30dBm	Frecuencia	50 Hz o 60Hz
Potencia	10 W	Temperatura	-30 C a 80 C

Fuente: Autor.

3.1.7 RED DE DATOS

El diseño se ha distribuido en cuatro partes:

Diseño de la red de datos, conexión física para comunicar el sistema RFID y el NOC, red de fibra, empalmes y dispositivos que permiten repetir la señal considerando los estándares establecidos por las entidades reguladoras y pertenece a la empresa Telconet S.A. por lo cual se dará un diseño de red macro para su entendimiento (figura 3.7).

Diseño del Data Center, su ubicación será en el SITU, su objetivo será el procesamiento de la información enviada como paquetes de la red RFID hacia el NOC, procesando la información del bus que pasa en un instante determinado por la red. Además, están los equipos del núcleo de la red, de la capa de distribución y del acceso a la red (figura 3.8)

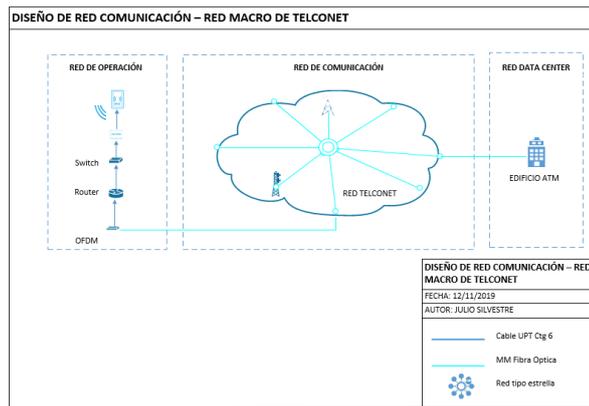


Figura 3. 7. Diseño macro de la red de comunicaciones RFID
Fuente: Autor

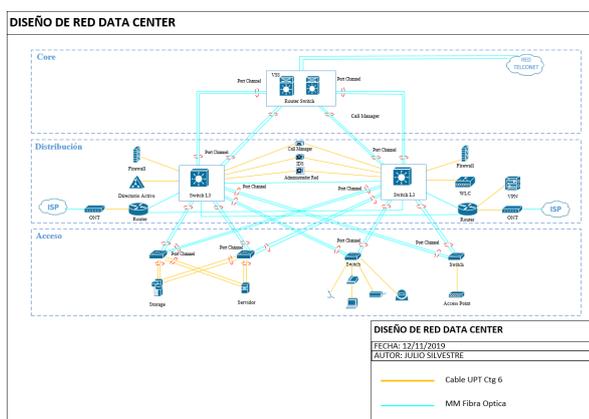


Figura 3. 7. Diseño de red Data Center.
Fuente: Autor

Diseño de la red RFID paradas normales, parte dedicada a la operación de acopiar información de los buses, se determina en base a su ubicación y los puntos a considerar son las paradas normales del corredor vial uno, en esta red constarán equipos RFID como lector, antena y conexiones físicas con cable UTP, además de los equipos de red como backbone de fibra óptica, transceiver, OFDM, router - switch y sus conexiones físicas.

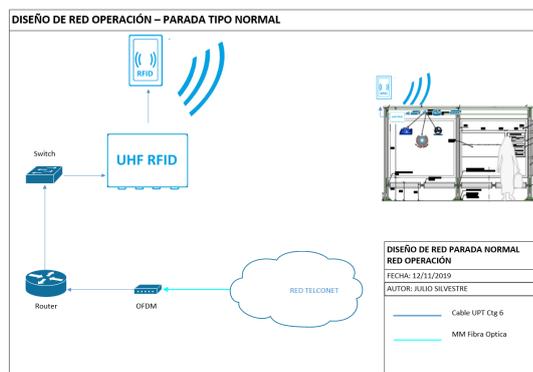


Figura 3. 8. Diseño de red de operación parada normal.
Fuente: Autor

Diseño de la red RFID paradas tipos tótem, sección de la red del sistema RFID y su función radica en la operación de la red, su ubicación será para las paradas tipo tótem en el corredor vial uno, constará de equipos RFID como lector, antena, conexiones físicas con cable UTP y los equipos de red como backbone de fibra óptica, transceiver, OFDM, router - switch y conexiones físicas.

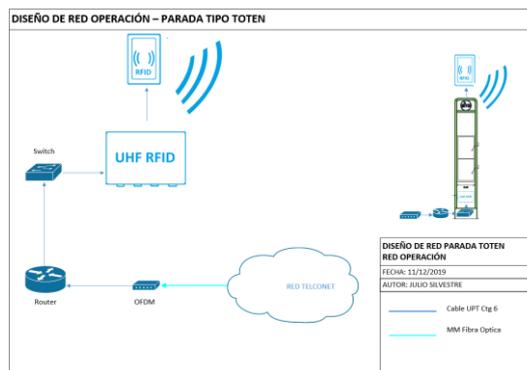


Figura 3. 9. Diseño de red de operación parada tótem.
Fuente: Autor

3.2 SIMULACIÓN EN WINIQSIM DE LA SEÑAL DE COMUNICACIÓN QUE SE ENVIA ENTRE LECTOR Y ETIQUETA RFID

Se realiza una simulación de la onda que se emite de un lector a una etiqueta, llamada señal de interrogación y la respuesta que el tag devuelve con la información solicitada. Se añaden señales de interferencia y ruido en las ondas emitidas para caracterizar el ambiente donde el sistema desempeñará su trabajo y validando el comportamiento que la señal presente.

Para la simulación, se utiliza el software libre WinIQSim, permite simular las señales fase/cuadratura con sus respectivos parámetros de señales que interfieran en un canal inalámbrico, es creado por ROHDE & SCHWARZ, la interfaz a utilizar es la versión 4.40, amigable, sencilla para administrar y presenta los gráficos necesarios para simular una señal emitida hacia un canal inalámbrico y poder realizar el respectivo análisis del comportamiento de la onda.

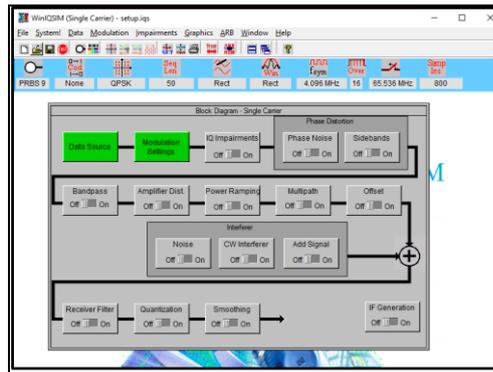


Figura 3. 10. Interfaz del Software WinIQSim V. 4.40 considerado para la simulación.
Fuente: Autor

3.2.1 SIMULACIÓN DE LA ONDA DE LECTOR A ETIQUETA EN CONDICIONES IDEALES

La simulación comienza con el diseño de la trama representada en bits, un paquete que se envía en el proceso de inicio de la comunicación entre lector y etiqueta RFID. Para simular la trama se indican los campos que serán incluidos y la cantidad de bits de cada uno, al final se construirá la trama representada en bits que ingresará al simulador.

La trama está constituida de los siguientes campos para la simulación:

PREAMBL: campo vacío sin información, identifica los periodos sin transmisión entre lector y etiqueta, es de 8 bits, no se representa en la trama.

CLKSYNC: campo para establecer el tiempo de lectura y codificación de datos ayudando a sincronizar la comunicación, campo de 20 bits representados con 0 binarios.

SOF: campo que indica el inicio de la trama, es un bit que será representado con 1 binario.

CMD: campo que contiene el requerimiento del lector, de 8 bits representados por el comando **SCROLLALLID** identificado por el siguiente binario 00110100, también se puede usar **SCROLLID** con identificador 00000001, los tags responden con el código ID adicionando el campo CRC y PREAMBL, la diferencia entre los dos comandos radica en que cuando se utiliza el **SCROLLID** solo responden los tags que tengan el campo **VALUE**.

P1: campo de un 1 bit y es la paridad impar del campo **CMD**, en la trama será representado por 0 binario.

Longitud de impulsos, número de símbolos en un periodo de tiempo, para este caso es 128.

Sobre muestra, número de muestra para calcular cada símbolo, en este caso es automático.

Impulso de banda base, usado para excitar el filtro de banda base, en este caso será automático.

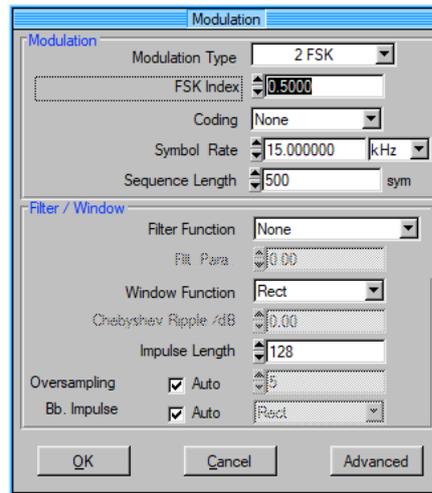


Figura 3. 13. Interfaz del bloque Modulation Settings de WinIQSim V 4.40.
Fuente: Autor

Después del ingreso de los parámetros de configuración en el bloque de modulación, se generan las gráficas de dominio tiempo y frecuencia y que se muestran en las figuras 3.15 y 3.16.

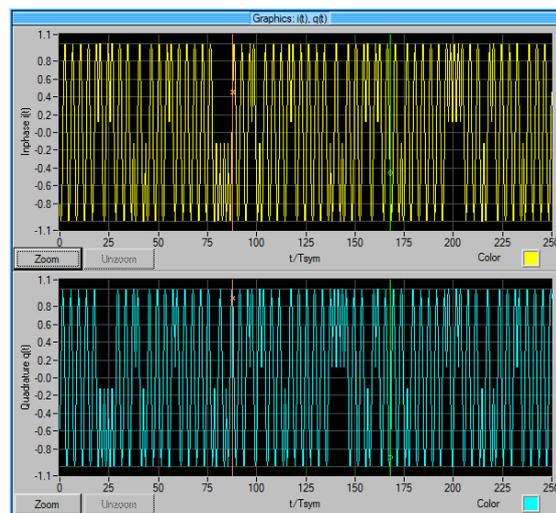


Figura 3. 14. Gráfico en dominio tiempo de la señal RFID en condiciones ideales.
Fuente: Autor

La señal sinusoidal en dominio tiempo en condiciones ideales, es una sola onda de datos, que sufre cambios de tensión en el tiempo por la interpretación de los bits, esto indica que la potencia de la señal es de 2mv lo que reflejará una señal con la misma amplitud en el dominio frecuencia.

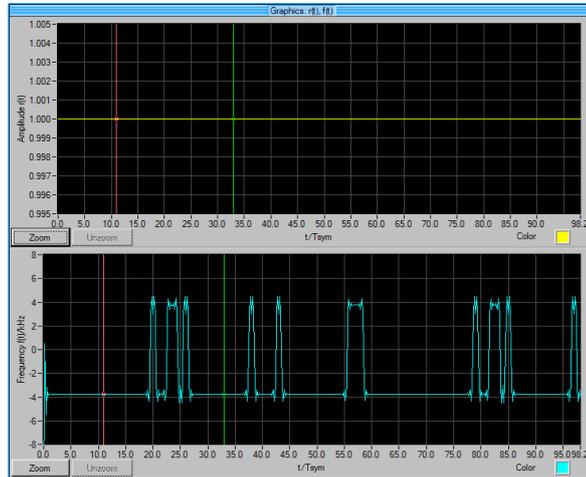
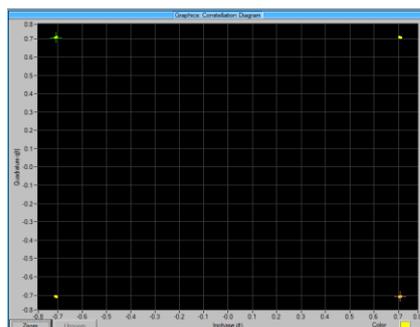


Figura 3. 15. Gráfico en dominio frecuencia de la señal RFID en condiciones ideales.
Fuente: Autor

La onda modulada en dominio frecuencia, se mantiene constante respecto a su amplitud en relación a la potencia de la señal que se muestra en dominio tiempo, son directamente proporcionales, la onda sufre cambios de frecuencia por las alteraciones de los símbolos de la trama, indica que existe una desviación de frecuencia a considerar y un índice de modulación, estos factores sufren cambios que afectan al ancho de banda del canal, que también aumentará. Se analiza cómo la onda se comporta en condiciones ideales y se observa que la frecuencia no sufre interferencias de otras señales.

En la simulación en ítems posteriores, se aplicarán señales que interfieren con la onda y se mostrará los cambios que sufre la señal en dominio tiempo y frecuencia cuando se le agregue señales correlacionadas y no correlacionadas.



F 3.16. Gráfico de Constelación de la señal RFID en condiciones ideales.
Fuente: Autor

Se hizo un análisis para visualizar como se representan los símbolos en cuanto a amplitud y fase con el gráfico de Constelación, se observan cuatro símbolos que se mantienen en valores constantes y no sufren alteraciones en amplitud y fase, por lo cual se determina que no se tendrá mayor error en la recepción de la señal transmitida de lector a etiqueta. En posterior análisis se visualizará como estos símbolos sufren alteraciones por señales que interfieren en la transmisión.

El diagrama de ojo es una representación gráfica de las formas de las señales, definido como un método de análisis muy fuerte y completo en el campo de las telecomunicaciones, permite analizar las formas, desfase o jitter, niveles de ruido y potencia de la señal transmitida, básicamente se analizará la relación del ancho del canal que tiene los símbolos transmitidos y la interferencia intersímbolos en el mismo, con el fin de determinar la capacidad del receptor para detectar los símbolos transmitidos o errores en la transmisión.

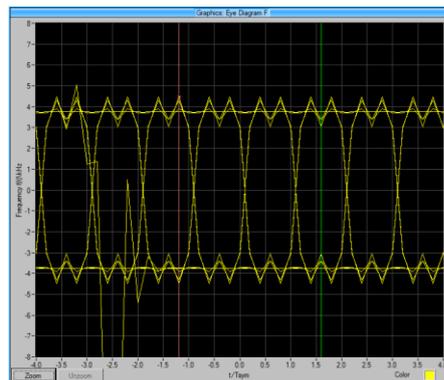


Figura 3. 16. Gráfico de Ojo de la frecuencia de la señal RFID en condiciones ideales.
Fuente: Autor

La figura 3.17, muestra una señal ideal de símbolos transmitidos, sin interferencias, ni desfase y sin interferencia intersímbolos, esto se determina por las características propias del diagrama de ojo, como el nivel cero y uno, cruce de amplitud y cruce de tiempo, son totalmente visibles y cumplen con una apertura y cierre del ojo perfectos. En cuanto al patrón del ojo se determina que las regiones específicas de las máscaras en las tres zonas son perfectas y no existen pulsos, ni ondas en estas zonas, por lo cual se determina que no existen interferencias y se concluye que se tiene una adecuada tasa de transmisión de símbolos. La forma del ojo tiene una buena apertura, por lo cual no existe interferencia intersímbolos y el receptor podrá

detectar los símbolos transmitidos, reconstruir el mensaje, sin errores y sin problemas en la transmisión.

El diagrama analizado muestra una tasa de transmisión de símbolos ideal por lo cual se ve en la forma correcta o patrón del ojo, si se aumentara la tasa de transmisión existiría una alta probabilidad de que el patrón de ojo se haga más pequeño o incluso se cerrara, lo que dificultaría la lectura de los símbolos transmitidos y se tendría problemas y errores en la recepción.

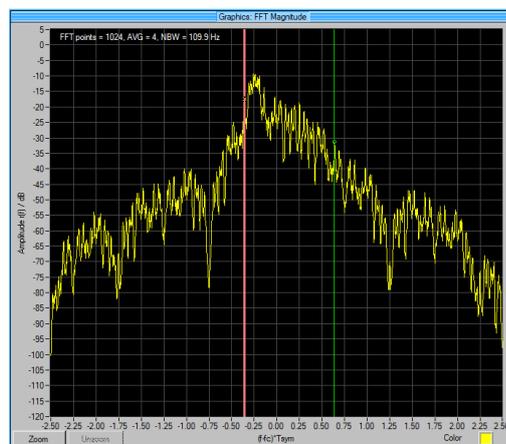


Figura 3. 17. Transformada Rápida de Fourier de la señal RFID en condiciones ideales.
Fuente: Autor

El análisis de la Transformada Rápida de Fourier en magnitud permite determinar como la señal se convierte de dominio tiempo a frecuencia, tomando una muestra digitalizada de la señal, además del análisis de las armónicas que la componen, permitiendo un estudio de frecuencia de la onda a transmitir.

La figura 3.18, muestra la composición armónica de la onda modulada, es una sola señal fuerte en amplitud, no existen interferencias causadas por otras señales pues es una simulación en condiciones ideales.

La Transformada Rápida de Fourier, un algoritmo que toma muestras digitalizadas en dominio tiempo para representarlas en dominio frecuencia, considerando el teorema de muestreo de Nyquist, permite identificar frecuencias y efectos indeseables, la figura 3.18 indica que la señal de entrada es muestreada a una velocidad ideal con respecto a la frecuencia más alta del periodo de tiempo analizado, por lo que se cumple el teorema de Nyquist.

La ventana de función Window a utilizar para eliminar la discontinuidad periódica de la señal es la función Hanning o ventana Han, que agrega precisión entre la amplitud de la señal en dominio tiempo y la resolución en frecuencia, la figura 3.18 muestra líneas espectrales relativamente estrechas, eliminando el efecto de discontinuidad periódica, el filtro pasa bajo de la Transformada Rápida de Fourier elimina el contenido de las altas frecuencias y solo considera la señal de frecuencia máxima que limita la banda.

En esta parte de la simulación se analizó la señal considerando cuatro gráficas fundamentales para este trabajo: la de dominio tiempo y frecuencia, demostró la relación de voltaje entre cada señal que interviene en la onda modulada; la de Constelación que analiza la amplitud y fase de la señal; el Diagrama de Ojo que muestra de forma más analítica las variaciones del canal cuando existe una alta tasa de transmisión de símbolos; y la Transformada Rápida de Fourier que permite la conversión de la señal de dominio tiempo a frecuencia para su análisis, además de determinar las interferencias del medio y las armónicas de la onda transmitida.

3.2.2 SIMULACIÓN DE LA SEÑAL DEL LECTOR A LA ETIQUETA CON PROPAGACIÓN MULTITRAYECTORIA

Otro punto para considerar en la simulación es la propagación multitrayectoria de la onda transmitida, normalmente los transmisores propagan la señal por diferentes caminos debido a las condiciones del medio y a las propias características de la atmosfera terrestre. La propagación multitrayectoria determina los fenómenos de reflexión y refracción de la onda, cabe indicar que este método de propagación tiene una característica aceptable donde la señal se envía por múltiples caminos considerando la alta disponibilidad, pero también se debe considerar como la señal puede sufrir cambios en el tiempo, tener menor intensidad, e incluso que otra onda se superponga y la anule debido al fenómeno de reflexión, adicional cabe indicar que los efectos de la propagación multitrayectoria se reflejan en la amplitud y frecuencia de la señal.

Para la configuración de propagación multitrayectoria, se habilita en el diagrama principal de WinIQSim el bloque Multipath, se hace clic y se configura los parámetros de las multitrayectorias:

Retardo, indica el tiempo en milisegundos del retraso de la señal en el primer camino, tiene una fórmula que se calcula automáticamente, en este caso el retardo será 1µs.

Nivel o decibelios de potencia, indica la potencia de la señal en ese camino, para este caso será -30 dB.

Fase, indica el desfase de la señal en ese camino, para este caso será -180 grados.

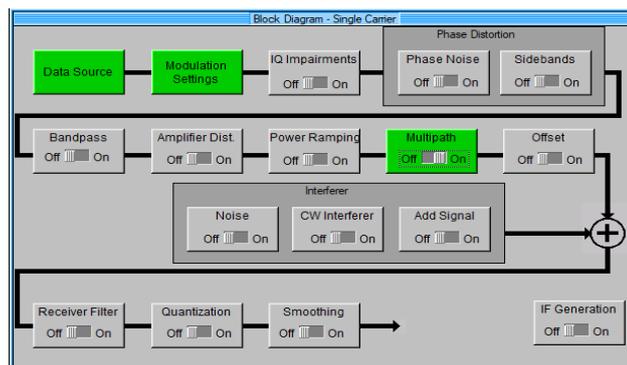


Figura 3. 18. Interfaz del bloque Mutipath en WinIQSim V 4.40.
Fuente: Autor

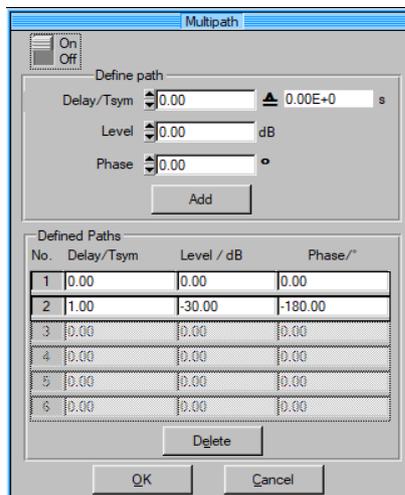


Figura 3. 19. Interfaz de configuración del bloque Multipath.
Fuente: Autor

Después de configurar las dos rutas que tendrá la señal a transmitir, se observa el efecto de la propagación multitrayectoria en dominio tiempo y frecuencia y el diagrama de constelación permitirá mostrar el efecto que sufre la señal en la propagación.

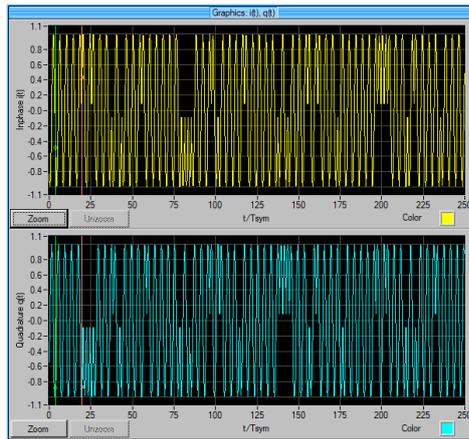


Figura 3. 20. Diagrama de señal de -30 dB y propagación multitrayectoria en dominio tiempo.
Fuente: Autor

Con una ruta agregada con un retardo de $1\mu\text{s}$, potencia de -30 dB y 180° de desfase, es la misma señal sinusoidal en dominio tiempo y no sufre cambio con respecto a la señal original analizada.

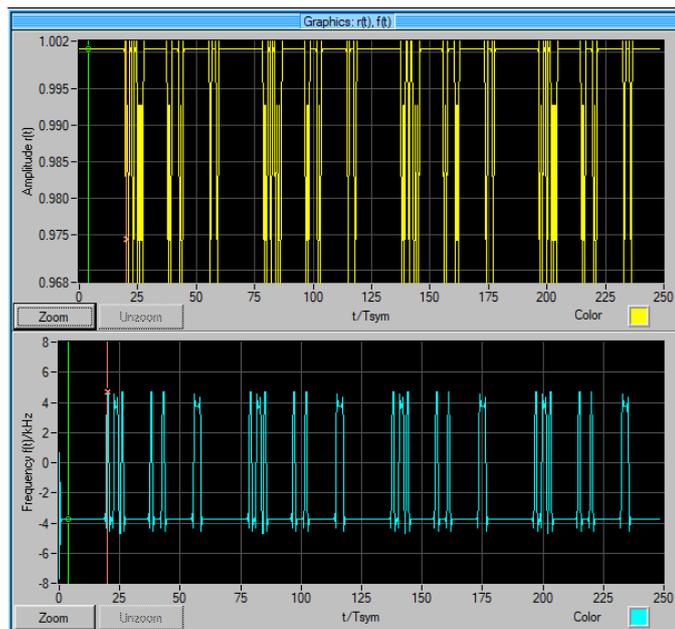


Figura 3. 21. Diagrama de señal -30 dB con propagación multitrayectoria en dominio frecuencia.
Fuente: Autor

Con una trayectoria agregada con retardo de $1\mu\text{s}$, potencia de -30 dB y 180° de desfase, la onda modulada y analizada en dominio frecuencia, determina que la señal varía en amplitud con relación al dominio tiempo, por lo que presenta picos de caída en la intensidad de la señal. La frecuencia no sufre cambios radicales, casi se mantiene intacta con respecto a la señal en condiciones ideales, la afectación es mínima solo provoca una pequeña distorsión en los cambios de frecuencia de los

símbolos, que es casi igual a la provocada en condiciones ideales, lo cual indica que existe una desviación de frecuencia y un índice de modulación, estos factores sufren cambios, lo cual afecta al ancho de banda del canal en relación a la señal en condiciones ideales, por lo que se concluye que la señal será recibida por el receptor sin errores. Pero si el retardo de la señal fuese mayor a $1\mu\text{s}$ y manteniendo los parámetros de potencia y desfase, se concluiría que las transiciones de las distorsiones se superpondrían a los cambios de frecuencia de los símbolos, en otros términos, la señal útil se anularía.

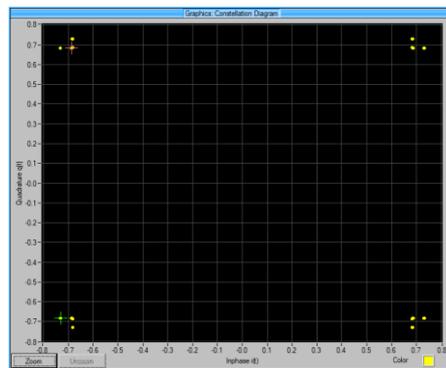


Figura 3. 22. Diagrama de Constelación de la señal con potencia de -30 dB con propagación multitrayectoria.
Fuente: Autor

El diagrama de constelación presenta doce símbolos en el eje positivo y negativo, lo que indica que existe una pequeña interferencia de señal con respecto a la de origen y se concluye que la onda en la recepción puede ser interpretada, cabe indicar que se puede presentar un mínimo de error en la recepción.

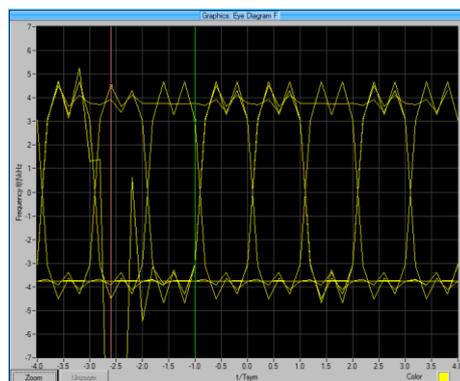


Figura 3. 23. Diagrama de Ojo de la señal con una potencia de -30 dB con propagación multitrayectoria.
Fuente: Autor

El diagrama de ojo mantiene su patrón en el nivel cero y uno, en el cruce de amplitud y en el cruce del tiempo, determina que está representando las máscaras en las tres zonas del ojo, por lo cual no existen pulsos ni ondas en estas zonas y se deduce que la interferencia intersímbolos es mínima, no habrá errores en la recepción.

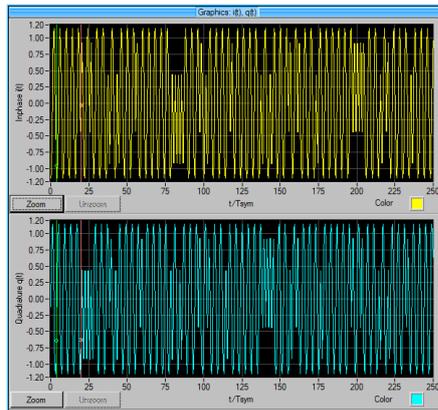


Figura 3. 24. Diagrama de la señal con una potencia de -5 dB con propagación multitrayectoria en dominio tiempo.

Fuente: Autor

Con un camino agregado con retardo de $1\mu\text{s}$, potencia de -5 dB y manteniendo el desfase, la señal sinusoidal se incrementa a 1,2mV en dominio tiempo debido a la potencia insertada.

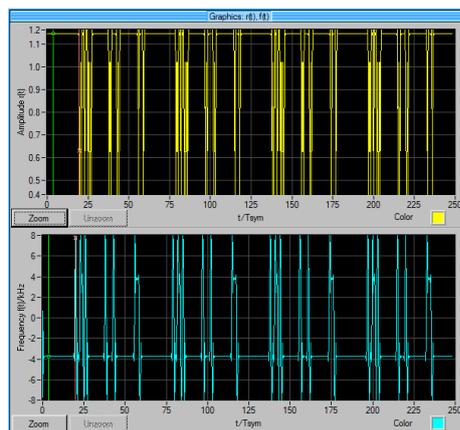


Figura 3. 25. Diagrama de la señal con potencia de -5 dB con propagación multitrayectoria en dominio frecuencia.

Fuente: Autor

Con una trayectoria agregada con retardo de $1\mu\text{s}$, potencia de -5 dB y manteniendo los 180 grados de desfase, la onda modulada y analizada en dominio frecuencia, determina que la señal aumente un mínimo y varíe en su amplitud con relación a la

señal analizada en dominio tiempo. La frecuencia también sufre cambios visibles por la variación de frecuencia de los símbolos, también se observa que al tener una mayor amplitud existe un aumento en la desviación de frecuencia, también aumenta el índice de modulación, estos factores producen más bandas laterales y el ancho de banda del canal se incrementa, por lo que se concluye que la señal tendrá errores en la recepción.

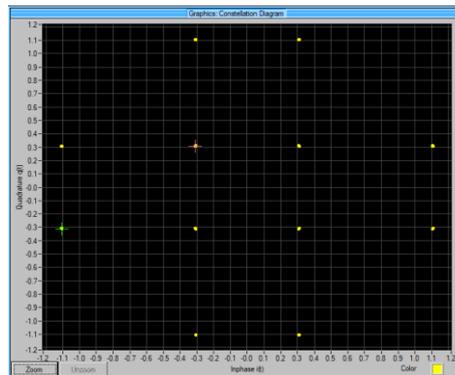


Figura 3. 26. Diagrama de Constelación de una señal con una potencia de -5 dB con propagación multitrayectoria.
Fuente: Autor

El diagrama de constelación confirma el análisis anterior, presenta muchos símbolos con desfase en el eje positivo y negativo, lo que indica que existe una interferencia de señal con respecto a la de origen y que la onda en la recepción va a presentar problemas y errores por la interferencia y superposición de una señal con respecto a la otra, la señal en la recepción contendrá muchos errores.

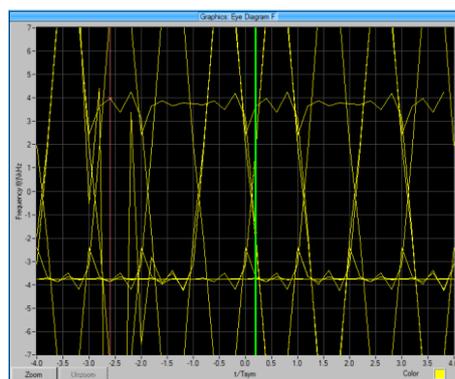


Figura 3. 27. Diagrama de Ojo de una señal con una potencia de -5 dB con propagación multitrayectoria.
Fuente: Autor

El diagrama de ojo no mantiene su patrón en el nivel cero ni en el uno, ambos sobredimensionan la frecuencia de la señal, trata de mantener su patrón en el cruce

de amplitud y en el de tiempo, la forma del patrón del ojo determina que no representa las máscaras en dos de las tres zonas del ojo por lo cual existen pulsos y ondas en estas zonas y se deduce que existe interferencia intersímbolos.

En conclusión, la propagación multitrayectoria es aplicable utilizando una potencia baja de -30dB y un mínimo de retardo para propagar la señal por un segundo camino sin que llegue a afectar a la otra señal que se propaga por a otra trayectoria.

La modulación utilizada en este trabajo es FSK, debido a esto se observa la posible distorsión que puede provocarse y afectar solo en frecuencia, y se indica que para reestablecer la señal es necesario que la misma no quede alterada en frecuencia, para esta simulación se considera una potencia de -30dB que no afectará de mayor forma la señal en frecuencia.

3.2.3 SIMULACIÓN DE LA SEÑAL DEL LECTOR A LA ETIQUETA CON INTERFERENCIA DE RUIDO.

Otro punto para considerar en esta simulación es el ruido que puede ser correlacionado al sistema inalámbrico o por las condiciones del medio que rodea al sistema. El ruido se expresa como una relación de voltajes o de potencias, sea que provengan del mismo sistema o sean externos. Para medir y valorar el factor de calidad de este canal inalámbrico con respecto al ruido, se aplica la relación señal ruido que indica una medida de calidad entre la potencia de la señal útil y la del ruido a la salida del modulador.

Se debe habilitar en el diagrama principal de WinIQSim el bloque llamado Noise, una vez habilitado, se hace clic y configurar los parámetros de ruido que afectan en la simulación:

Relación señal ruido, factor de calidad del canal representado en decibelios, para este caso se colocará 5 dB .

Ancho de banda del ruido, factor del ancho de banda afectado por el ruido, para este caso será 0.5 .

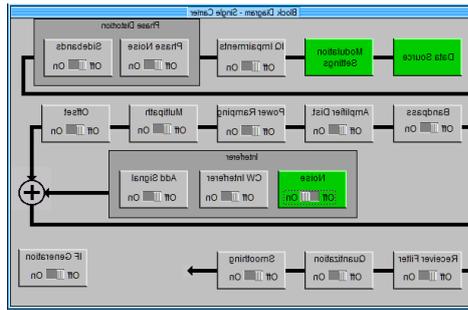


Figura 3. 28. Interfaz del programa WinIQSim con la activación del bloque Noise.
Fuente: Autor

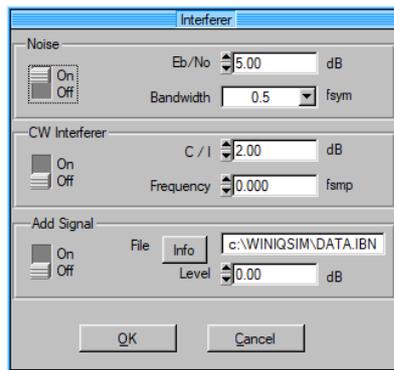


Figura 3. 29. Programa WinIQSim con la opción de bloque Noise desplegado.
Fuente: Autor

Después de configurar los parámetros de la señal de ruido, se observará el efecto en dominio tiempo y frecuencia, el diagrama de constelación y el de Ojo.

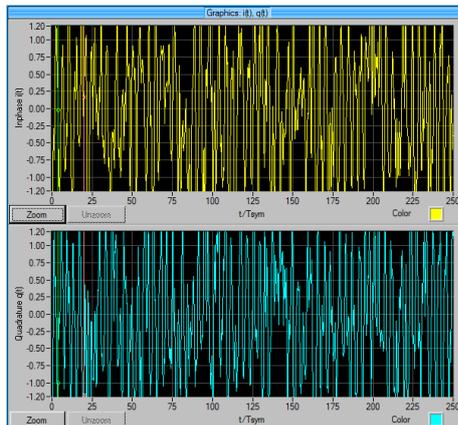


Figura 3. 30. Diagrama de la señal en dominio tiempo con relación E_b/N_0 5 dB.
Fuente: Autor

Con los parámetros configurados de relación señal ruido de E_b/N_0 de 5 dB y ancho de canal de 0.5 T_{sym} , la señal de ruido hace que se incremente la potencia de la señal y varíe en el tiempo con respecto a la señal analizada en condiciones ideales.

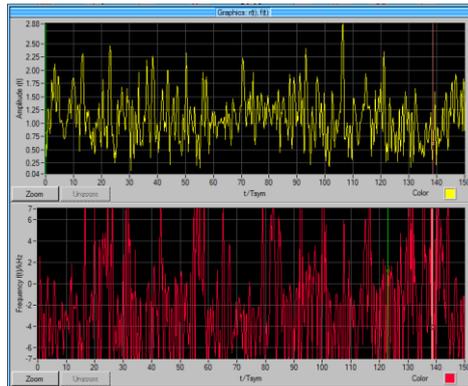


Figura 3. 31. Diagrama de la señal en dominio de frecuencia con relación E_b/N_0 5 dB.
Fuente: Autor

Además, la señal de ruido llega a superponerse a la transmitida, por lo cual se concluye que no se diferencia en el receptor y va a anular la señal que se envía del lector a la etiqueta.

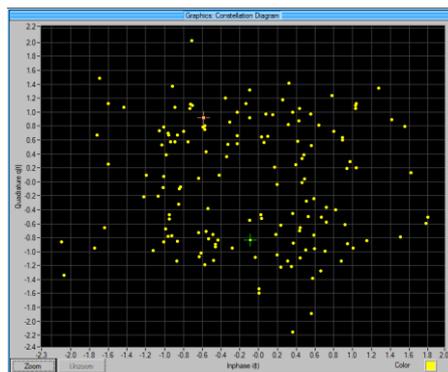


Figura 3. 32. Diagrama de Constelación de la señal con relación E_b/N_0 5 dB.
Fuente: Autor

El diagrama de constelación confirma el análisis anterior, presenta muchos símbolos con desfase en el eje positivo y negativo, lo que indica que la señal de ruido E_b/N_0 de 5 BD provocará errores en la comunicación.

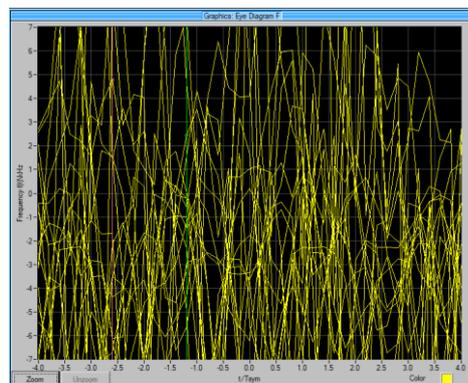


Figura 3. 33. Diagrama de Ojo de la señal con relación E_b/N_0 5 dB.
Fuente: Autor

En el diagrama de ojo, su patrón se ve distorsionado en el nivel cero y uno, en el cruce de amplitud y en el de tiempo, la forma del patrón del ojo determina que esta no está representando las máscaras en las tres zonas del ojo, por lo cual existen pulsos y ondas en estas zonas y por eso existe interferencia intersímbolos y se deduce que habrá errores en la comunicación.

La relación señal ruido y el ancho de banda no satisfacen las necesidades de un óptimo canal de comunicación, por lo que se procederá a buscar los niveles correctos de la relación E_b/N_0 y su ancho de banda para un sistema funcional.

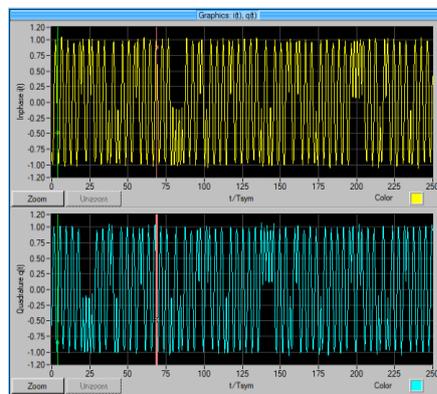


Figura 3. 34. Diagrama de la señal en dominio tiempo con relación E_b/N_0 30 dB.
Fuente: Autor

Con los parámetros configurados de una relación igual o mayor a E_b/N_0 de 30 dB y ancho de canal de $0.5 T_{sym}$, la señal de ruido no afecta la potencia de la señal sinusoidal, es la misma en el tiempo respecto a la señal analizada en condiciones ideales.

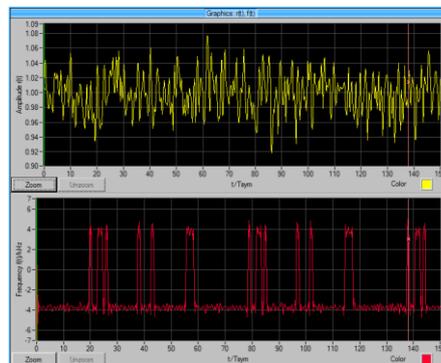


Figura 3. 35. Diagrama de la señal en dominio frecuencia con relación E_b/N_0 30 dB.
Fuente: Autor

Después de probar y encontrar el nivel adecuado para la relación señal ruido, con los parámetros configurados de la relación E_b/N_0 de 30 dB y ancho de canal de $0.5 T_{sym}$

Tsym, la señal transmitida se puede diferenciar y el ruido no la afecta, por lo que se concluye que la señal será diferenciada y llegará al receptor sin errores.

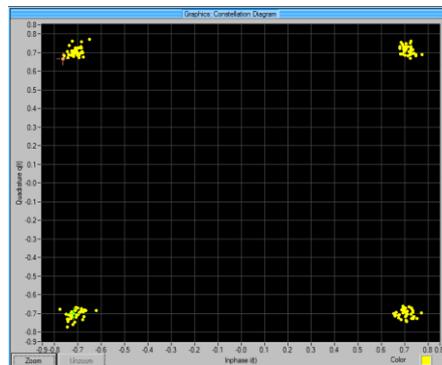


Figura 3. 36. Diagrama de Constelación de la señal con relación Eb/No 30 dB.
Fuente: Autor

El diagrama de constelación confirma el análisis anterior, presenta muchos símbolos con desfase lo que indica que la señal de ruido con una relación Eb/No de 30 dB no provocará errores en la comunicación.

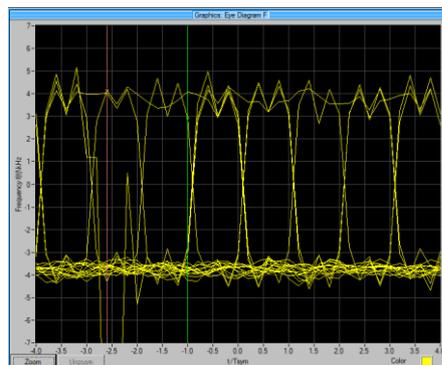


Figura 3. 37. Diagrama de Ojo de la señal con relación Eb/No 30 dB.
Fuente: Autor

En el diagrama de ojo su patrón casi no sufre distorsión en el nivel uno, en el cruce de amplitud y del tiempo, mientras en el nivel cero existen múltiples pulsos y ondas, la forma del patrón de ojo determina que no está representando las máscaras en dos de las tres zonas del ojo, por lo cual existen pulsos y ondas en ellas y por ende existe interferencia intersímbolos mínima, pese a esto se deduce que el sistema de comunicaciones funcionará correctamente.

La señal de ruido con los parámetros de relación Eb/No de 5dB y ancho de banda de 0.5 se superpone a la señal útil y la anulará, por lo cual en la recepción de la

señal se tendrán errores. Pero si la relación Eb/No es mayor o igual a 30dB y con un mayor ancho de banda de la señal de ruido, de igual forma si la relación Eb/No es menor o igual a 30dB y con un menor ancho de banda, en ambos casos la señal de ruido anulará la señal transmitida, por lo cual se concluye que a mayor potencia de la relación señal ruido y ancho de canal mínimo, no se tiene distorsión e intermitencias en el canal de comunicación y en condiciones no ideales el sistema de telecomunicaciones diseñado puede seguir operativo.

3.2.4 SIMULACIÓN DE LA ONDA CONTINUA PARA ALIMENTAR A LA ETIQUETA EN CONDICIONES IDEALES.

Ahora se va a considerar en la simulación la señal que alimenta a la etiqueta, es emitida por el lector y receptada por la etiqueta, aparte de enviar y describir lo que se requiere la misma señal alimenta de energía al tag. Estos dispositivos trabajan con voltaje continuo por lo cual la señal debe ser continua, es decir que no sufre cambios en su amplitud y frecuencia y solo depende de la potencia de la señal, se caracteriza porque requiere poco ancho de banda, pero una relación señal ruido alta.

Se debe habilitar en WinIQSim el bloque Modulation Setting, una vez habilitado se debe hacer clic y configurar los parámetros:

Tipo de Modulación CW.

Tasa de símbolos de 30.000000 KHz y una longitud de muestra de 40 sym.

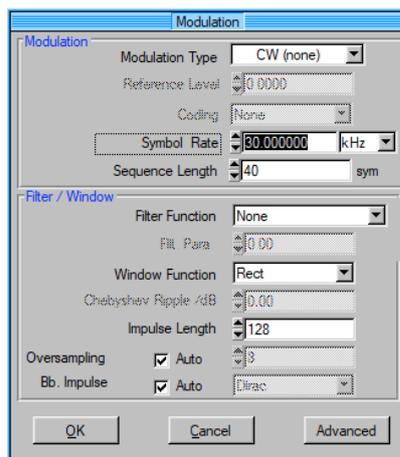


Figura 3. 38. Configuración de WinIQSim en el bloque Modulación para configurar la CW.
Fuente: Autor

Después de configurar los parámetros para la señal de ruido, se observará y analizará la señal continua en dominio tiempo y frecuencia y se determina que con

los dos diagramas se puede realizar el análisis, pero para este estudio se considerará el dominio tiempo debido a que es una señal continua.

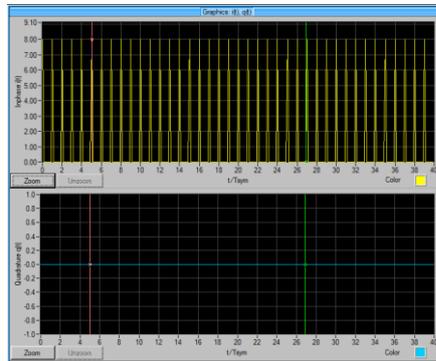


Figura 3. 39. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua en condiciones ideales.

Fuente: Autor

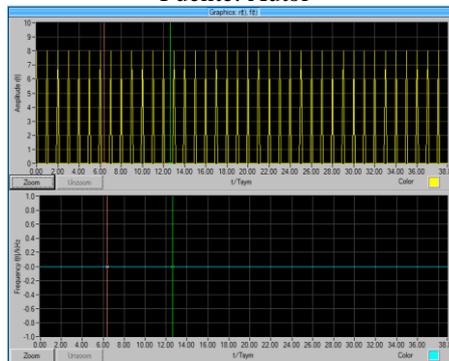


Figura 3. 40. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua en condiciones ideales.

Fuente: Autor

En ambos diagramas la señal continua se representa por pulsos de triángulos, debido a que no se utiliza modulación, una característica de la señal es que se mantiene constante en amplitud y frecuencia.

3.2.5 SIMULACIÓN DE LA ONDA CONTINUA PARA ALIMENTAR A LA ETIQUETA CON PROPAGACIÓN MULTITRAYECTORIA.

Ahora se analizará el desempeño de la señal al someterse a la propagación multitrayectoria.

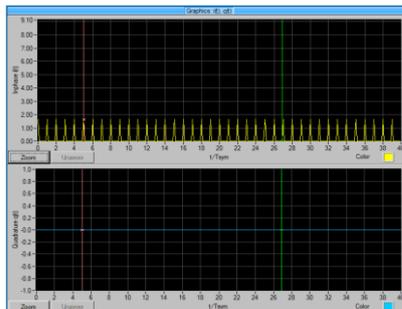


Figura 3. 41. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo $1\mu s$, potencia -2 dB y desfase de 180° .

Fuente: Autor

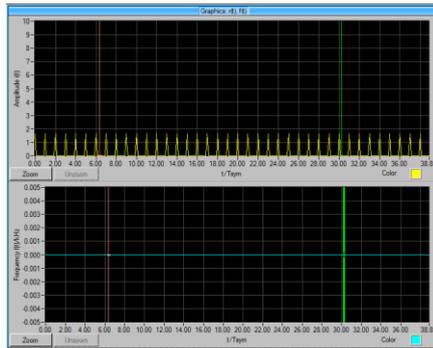


Figura 3. 42. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con propagación multitrayectoria con retardo mayor, potencia -2 dB y desfase de 180° .
Fuente: Autor

En ambos diagramas la señal continua al propagarse por multitrayectorias con potencia de -2dB, manteniendo el retraso y desfase de 180° , mantiene los pulsos triangulares pero la amplitud disminuye, lo que indica una menor intensidad en la señal mientras que la frecuencia se mantiene constante.

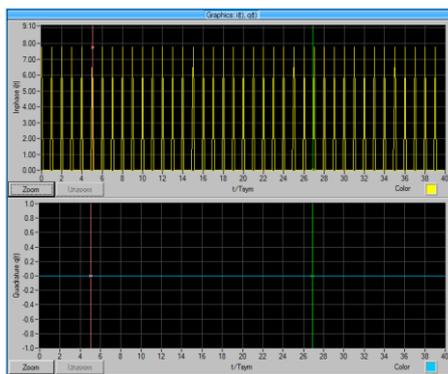


Figura 3. 43. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo que se mantiene, potencia -30dB y desfase de 180° .
Fuente: Autor

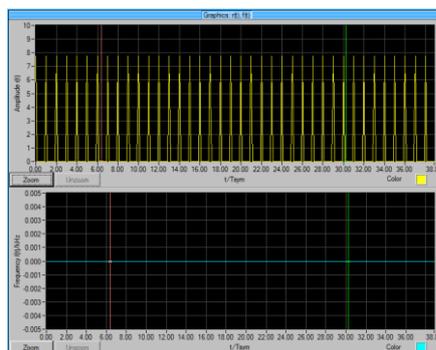


Figura 3. 44. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo que se mantiene, potencia -30dB y desfase de 180° .
Fuente: Autor

En ambos diagramas la señal continua al disminuir la potencia a -30dB y propagarse por multitrayectorias, manteniendo el retardo y desfase de -180° , la amplitud

aumenta respecto a la onda continua que se envía en condiciones ideales y la frecuencia se mantiene constante.

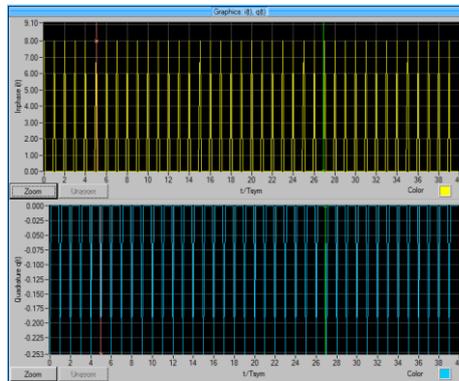


Figura 3. 45. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo que se mantiene, potencia -30dB y desfase de 90° .

Fuente: Autor

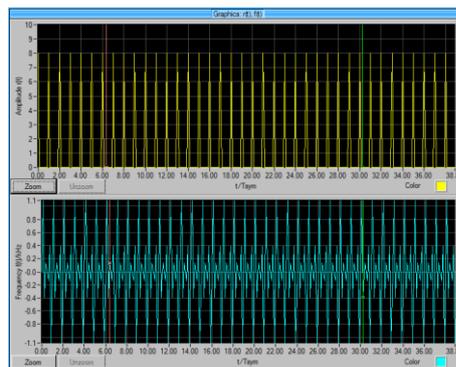


Figura 3. 46. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con propagación multitrayectoria, retardo que se mantiene, potencia -30dB y desfase de 90° .

Fuente: Autor

Si se aplica un desfase de 90° , manteniendo el retardo y potencia de -30dB, en ambos diagramas la señal continua al propagarse por multitrayectorias, se mantiene constante en amplitud, mientras que la frecuencia varía provocando una distorsión visible de la señal, por lo que la onda continua no se verá afectada pues no afecta a su objetivo que es energizar la etiqueta, al contrario el aumento de la amplitud determina que la señal recibida en el tag tendrá una potencia mayor para transmitir la respuesta.

El análisis de la señal continua con propagación multitrayectoria, determina que la onda sufre cambios a nivel de voltajes, lo que se muestra en dominio tiempo, mientras que los cambios en frecuencia solo son visibles cuando se altera la fase.

3.2.6 SIMULACIÓN DE LA ONDA CONTINUA PARA ALIMENTAR A LA ETIQUETA CON INTERFERENCIA DE RUIDO.

Ahora se analizará la onda continua con señales de interferencia del propio sistema y las superposiciones de otras del entorno, estas afectaciones se denominan señales correlacionadas y no correlacionadas, se estudiará las consecuencias en la onda continua al someterse a la interferencia por el ruido para determinar si logra afectar la funcionalidad en la etiqueta.

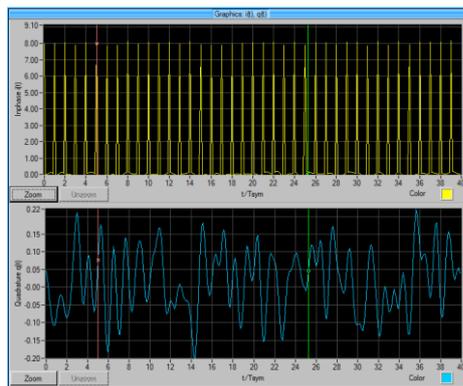


Figura 3. 47. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con ruido, relación Eb/No de 30dB.
Fuente: Autor

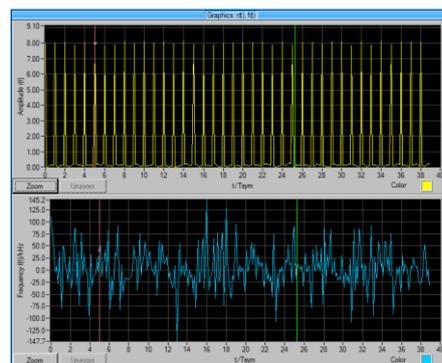


Figura 3. 48. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con ruido, Eb/No 30dB.
Fuente: Autor

En ambos diagramas la señal continua al insertar ruido con Eb/No de 30dB y ancho de banda igual al de la señal que se envía, la amplitud es igual al de las condiciones ideales y en frecuencia el ruido muestra variaciones de voltaje, la intensidad de la señal se mantiene y la etiqueta va a tener suficiente potencia para energizarse.

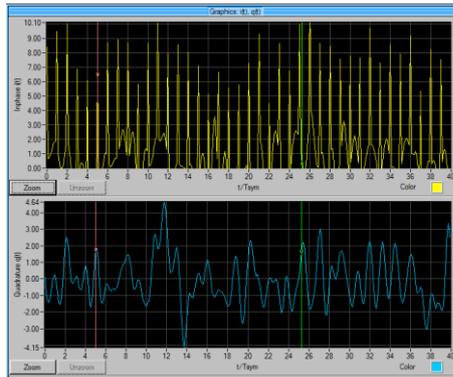


Figura 3. 49. Diagrama en dominio tiempo de una onda continua con ruido, Eb/No de 5dB.
Fuente: Autor

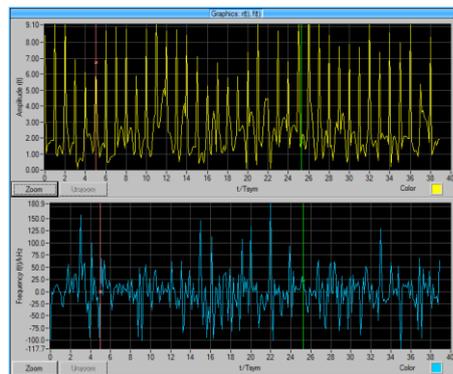


Figura 3. 50. Diagrama en dominio frecuencia de una onda continua con ruido, Eb/No de 5dB.
Fuente: Autor

La señal continua, al insertar ruido con Eb/No de 5dB y ancho de banda igual al de la señal que se envía, en ambos diagramas la amplitud sufre variaciones de voltaje, aumentando y disminuyendo constantemente y en frecuencia la señal muestra sus variaciones, se concluye que la señal sufre variaciones en la potencia, pero la etiqueta sigue siendo energizada, tratando de cumplir con la funcionalidad del sistema.

CAPÍTULO IV RESULTADOS RESPECTO AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN RFID

Se presentan los resultados de la simulación:

RESULTADOS

En los resultados se consideran pruebas con respecto a la potencia, desfase y retardo de la señal simulada.

Tabla 4. 1. Resultados de la simulación en condiciones ideales.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	IDEAL
SEÑAL DE DATOS	SIN PROBLEMAS	OK
	ERRORES EN LA RECEPCIÓN	No presente
SEÑAL DE CW	INTENSIDAD EN EL TIEMPO BUENA	OK
	INTENSIDAD EN EL TIEMPO BAJA	No presente
	INTENSIDAD EN FRECUENCIA SUBE	No presente
	INTENSIDAD EN FRECUENCIA VARIA	No presente

Fuente: Autor.

En condiciones ideales, la señal de datos y continua no varían, no se alteran en tiempo ni frecuencia, es el escenario ideal que no representa la realidad donde se desenvolverá el sistema de telecomunicaciones.

Tabla 4. 2. Resultados de la simulación de la señal con propagación multitrayectoria.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	PROPAGACIÓN MULTITRAYECTORIA		
		Delay	Level	Desfase
SEÑAL DE DATOS	SIN PROBLEMAS	1us	-30dB	-180
	ERRORES EN LA RECEPCIÓN	1us	-5dB	-180
SEÑAL DE CW	INTENSIDAD EN EL TIEMPO BUENA	1us	-30dB	-180
	INTENSIDAD EN EL TIEMPO BAJA	1us	-2dB	-180
	INTENSIDAD EN FRECUENCIA SUBE	1us	-30dB	-90
	INTENSIDAD EN FRECUENCIA VARIA	1us	-30dB	-90

Fuente: Autor

Los resultados de la simulación de la señal de datos y continua al someterse a la propagación multitrayectoria, debido a las características del medio donde se ubicará el sistema de comunicaciones RFID, se deduce que la señal de datos con un nivel de potencia menor a -30dB, es la potencia necesaria para que el sistema

funcione idealmente, adicional la misma intensidad de potencia en la onda continua permite que el sistema siga funcionando y permite cargar de energía la etiqueta, mientras que se descarta el uso de potencia igual o mayor a -5 dB lo cual en la señal de datos y continua afecta la intensidad de la señal en tiempo y frecuencia.

Tabla 4. 3. Resultados de la simulación de la señal con ruido.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	RUIDO	
		Eb/No	Bandwidth
SEÑAL DE DATOS	SIN PROBLEMAS	30dB	0,5fsym
	ERRORES EN LA RECEPCIÓN	5dB	0,5fsym
SEÑAL DE CW	INTENSIDAD EN EL TIEMPO BUENA	30dB	0,5fsym
	INTENSIDAD EN EL TIEMPO BAJA	5 dB	0,5fsym
	INTENSIDAD EN FRECUENCIA SUBE	30dB	0,5fsym
	INTENSIDAD EN FRECUENCIA VARIA	5dB	0,5fsym

Fuente: Autor.

Los resultados de la simulación de la señal de datos y de la continua al someterse a ruido, determinan que se debe considerar una mayor potencia en la relación señal ruido para garantizar la calidad del canal y no existan problemas en la transmisión de la señal de datos y una buena intensidad en la continua, mientras que una menor relación señal ruido no garantiza que el sistema de telecomunicaciones funcione en condiciones óptimas y se tendrá problemas en la transmisión en la señal de datos, mientras la onda continua sufre variación pero puede energizar a la etiqueta para que funcione.

CONCLUSIONES

Se estudió e interpretó los fundamentos teóricos del servicio de transporte urbano de la ciudad Guayaquil para caracterizar su funcionamiento y la importancia a nivel socioeconómico, se deduce que el servicio de transporte es un eje elemental que no aporta al desarrollo de la ciudad, presenta diversos problemas y no satisface las necesidades de los usuarios y clientes.

Se examinó los fundamentos teóricos y técnicos de la tecnología RFID para caracterizar su funcionamiento, de igual forma se analizó el funcionamiento a nivel de la infraestructura y operación del sistema corredor vial, se determina que el corredor vial posee una cantidad de operaciones diarias que requieren de tecnología para su control y gestión, mientras que RFID tiene una variedad de aplicaciones que pueden considerarse en soluciones a problemas de control y gestión, tratando de satisfacer las necesidades de los usuarios y facilitando la administración a las autoridades de la ciudad en el proyecto corredor vial.

Se diseñó un sistema RFID para el control y gestión de los buses urbanos del corredor vial 1 de Guayaquil, y se concluye que el diseño de red cumple con las normas y aspectos técnico que garantizan una red jerárquica, modular, redundante y flexible otorgando la capacidad para la escalabilidad e interoperabilidad con actuales y futuras tecnologías.

Se realizó la simulación de la señal que se envía de lector a etiqueta y viceversa donde una portadora transporta la señal de datos y la onda continua, analizándola en dominio tiempo y dominio frecuencia para determinar la forma y la magnitud de la señal respecto al tiempo y frecuencia, se estudiaron las relaciones entre los voltajes de las ondas que intervienen, se concluye que en condiciones ideales no existe afectación de la señal en tiempo o frecuencia, es el escenario perfecto, pero en el entorno real donde exista propagación multitrayectoria se recomienda que la potencia de señal sea menor o igual a -30 dB así se garantiza que la señal de datos llegue sin errores y la onda continua tenga buena intensidad, si el escenario es con ruido la señal de datos debe ser de mayor o igual relación E_b/N_0 -30dB lo cual permitirá que la señal no tenga errores, para la onda continua se recomienda el uso de una relación E_b/N_0 menor e igual a -5dB y manteniendo el ancho de banda de

la señal de datos, de esta forma se garantiza una buena intensidad de la señal que energizaría la etiqueta y que el sistema de comunicación se mantenga funcional.

Después de analizar, caracterizar e interpretar cada uno de los fundamentos teóricos y técnicos de la problemática y la tecnología, se concluye que el sistema de comunicaciones con tecnología RFID es viable para solventar la necesidad de gestión y control de los buses urbanos en el proyecto corredor vial de Guayaquil tratando de dinamizar y repotenciar las tareas de gestión y control de los buses urbanos, pero también puede solucionar otras problemáticas que se requieran en el sistema de transporte, a nivel local o incluso en cualquier aspecto de la matriz productiva de acuerdo a las necesidades de las autoridades.

RECOMENDACIONES

Cuando se requiera considerar este trabajo de investigación en otras ciudades del país, se recomienda el acopio de información sobre el funcionamiento del transporte público y del ambiente donde va a ser aplicado debido al entorno que lo rodea, pueden existir limitaciones que reduzcan la funcionalidad de la tecnología.

Se sugiere el estudio de la tecnología RFID en la banda de 433 MHz debido a que otras investigaciones que son la base de este trabajo de intervención, determinan que esta banda también puede tener rangos de lectura considerables, como se considera en la banda 2.4 GHz cabe indicar que debería considerarse con el estudio de etiquetas activas.

Se recomienda que para futuras investigaciones se realice un enfoque en el desarrollo de software a la medida de las necesidades de este proyecto o de necesidades de las autoridades de la ciudad, con el objetivo de considerar la calidad, veracidad, análisis y disponibilidad de la información.

Se sugiere para futuros trabajos de intervención considerar para el análisis espectral de cualquier señal de datos el diagrama de Ojo debido a que es un método de análisis muy fuerte y completo en el campo de las telecomunicaciones, a través de esta representación gráfica se podrá analizar las formas, el desfase o jitter, niveles de ruido y potencias de la señal transmitida, básicamente se analizará la relación del ancho del canal que tienen los símbolos transmitidos.

BIBLIOGRAFÍA

- ISO/IEC 18000-4, 200. (2018). *Information technology — Radio frequency identification for item management — Part 4: Parameters for air interface communications at 2,45 GHz*. Obtenido de Organización Internacional de Estandarización: <https://www.iso.org/standard/68145.html>
- A & V Consultores. (2016). *Estudio Financiero para la construcción, financiamiento, montaje, mantenimiento y operación de las paradas de transporte público de los corredores 1 y 2 de transporte convencional de Guayaquil*. Obtenido de Recuperado de 1 de septiembre del 2019, del sitio web de la Alcaldía de Guayaquil: <https://www.guayaquil.gob.ec/Paraderos%20Urbanos/4%20ANEXO%204%20ESTUDIO%20ECONOMICO%20FINANCIERO-PARADAS.pdf>
- Almonacid, L. (2007). *Estudio de factibilidad para implementar tecnología RDIF en biblioteca Miraflores*. Valdivia, Santiago de Chile, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Alonso, E., Garcia, R., & Onaindia, C. (2012). *Campos electromagnéticos y efectos en salud*. Obtenido de Subdirección de Salud Pública de Bizkaia: https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/cem_salud/es_cem/adjuntos/cem.pdf
- Alvarado, J. (2008). *Sistema de control de Acceso con RFID*. Obtenido de Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional: <https://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisJorgeAlvarado.pdf>
- Alviar, M., & Gavilanes, P. (2014). *Análisis de competitividad del transporte público y el transporte privado en la ciudad de Guayaquil - Sector Sauces*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8452>
- ANT. (2015). *Ley Orgánica Reformatorio a la Ley Organiza de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. Obtenido de Agencia Nacional de Transito ANT: <https://www.ant.gob.ec/index.php/ant/base-legal/ley-organica-reformatoria-a-la-ley-organica-de-transporte-terrestre-transito-y-seguridad-vial>

- ATM. (2016). *ATM socializa con empresas nacionales y extranjeras la ejecución de paraderos en primer corredor vial. Recuperado el 1 de septiembre del 2019*. Obtenido de Autoridad de Tránsito Municipal (ATM):
<https://www.atm.gob.ec/Show/NewDetails/218>
- Autoridad de Transito Municipal. (2019). *Reglamento y Norma Técnica bus urbano de tres puertas características de identificación*. Guayaquil.
- Bateman, J., Cortés, C., Cruz, P., & Paz, H. (2009). *Diseño de un protocolo de identificación por radiofrecuencia (RFID) propietario para una aplicación específica*. Obtenido de Scielo. Ing. Univ. vol.13 no.2 Bogotá July/Dec. 2009:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-21262009000200006&lang=es
- Bloch, S., & Ribeiro, A. (2018). *Minimum Activation Power of a Passive UHF RFID Tags: a Low Cost Method*. Obtenido de J. Aerosp. Technol. Manag. vol.10 São José dos Campos 2018 Epub May 07, 2018:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-91462018000100319&lang=es#B4
- Castillo, E. (2018). *Diseño de una etiqueta pasiva sin chip para aplicaciones RFID en UWB*. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Ciudad, J., & Samà, E. (2005). *Estudio, Diseño y Simulación de un sistema de RFID basado en EPC*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cataluña:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3552/40883-2.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Constitución Política de la Republica del Ecuador. (2008). *Registro Oficial 449*. Quito.
- El comercio. (2018). *Guayaquil instalará 150 nuevos paraderos inteligentes en dos corredores viales*. Obtenido de Diario El Comercio 25 de septiembre dec2018: <https://www.elcomercio.com/actualidad/guayaquil-nuevos-paraderosinteligentes-nebot-peaton.html>
- El Comercio. (2020). *Unos 460000 pasajeros se movilizarán por el nuevo corredor vial de Guayaquil*. Obtenido de El Comercio, 15 de enero de 2020: <https://www.elcomercio.com/actualidad/pasajeros-corredor-vial-guayaquil-viteri.html>

- El Expreso. (2019). *Los corredores viales sufren el efecto de la carga de buses. Recuperado 1 de septiembre de 2019*. Obtenido de Diario El Expreso 2 abril 2019: <https://www.expreso.ec/guayaquil/corredores-viales-buses-guayaquil-GC2730787>
- El telégrafo. (2018). *153 paraderos se ubicaran en el corredor vial 2. Recuperado el 1 de septiembre del 2019*. Obtenido de El Telégrafo, 13 de marzo de 2018: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/153-paraderos-se-ubicaran-en-el-corredor-vial-2>
- El Telégrafo. (2019). *147 paraderos de buses se construirán para dos nuevos corredores viales. El telégrafo. Recuperado el 1 de septiembre del 2019*. Obtenido de El Telégrafo, 17 de enero de 2019: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/paraderos-buses-nuevos-corredores-viales-guayaquil>
- El Universo. (2018). *1600 buses se unen al tercer corredor vial. . Obtenido de El Universo, 30 de octubre de 2018*: <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2018/10/30/nota/7026227/1600-buses-guayaquil-se-unen-tercer-corredor-vial>
- El Universo. (2018). *Se alista corredor vial 3 para buses urbanos en Guayaquil. . Obtenido de El Universo, 23 de octubre de 2018*: <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2018/10/23/nota/7013717/atm-alista-nuevo-corredor-vial-buses>
- EPCglobal. (2008). *Static test method*. Obtenido de GS1 The Global Language of Business: <https://www.gs1.org/epcglobal/>
- Espantoso, S. (2018). *Análisis comparativo de escenarios de simulación de códigos de línea utilizados en sistemas de transmisión óptica sobre OptiSystem*. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Fun Sang, Y. (2018). *Análisis de la conectividad entre el transporte público y los atractivos turísticos de Guayaquil para una propuesta de mapa turístico de buses*. Obtenido de Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/27590>
- Gaceta Oficial No. 86. (2018). *La Cuarta Reforma a la Ordenanza para la Facilitación de la Circulación Vehicular en la Ciudad de Guayaquil*. Gaceta Oficial No. 86.

- Guananga, C. (2018). Análisis de la evaluación del servicio del sistemas convencional del transporte terrestre público urbano de pasajeros a causa de las exigencias de las entidades reguladoras del transporte urbano de Guayaquil. Tesis de grado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Harris, D. (1956). *Radio transmission systems with modulatable passive responder*. Obtenido de FPO:
<http://www.freepatentsonline.com/2927321.html>
- ISO 17365, 32. (2013). *Supply chain applications of RFID — Transport units*. Obtenido de Organizacion Internacional de Estandarización:
<https://www.iso.org/standard/55563.html>
- ISO/IEC 14443-1, 11. (2018). *Cards and security devices for personal identification — Contactless proximity objects — Part 1: Physical characteristics*. Obtenido de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standard/73596.html>
- ISO/IEC 14443-2. (2016). *Identification cards — Contactless integrated circuit cards — Proximity cards — Part 2: Radio frequency power and signal interface*. Obtenido de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standard/66288.html>
- ISO/IEC 14443-3, 56. (2018). *Cards and security devices for personal identification — Contactless proximity objects — Part 3: Initialization and anticollision*. Obtenido de Organización Internacional de Estandarización: <https://www.iso.org/standard/73598.html>
- ISO/IEC 14443-4, 55. (2018). *Cards and security devices for personal identification — Contactless proximity objects — Part 4: Transmission protocol*. Obtenido de Organizacion Internacional de Estandarización: <https://www.iso.org/standard/73599.html>
- ITU. (2013). *Banda Ancha*. Obtenido de Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones/TIC. Ginebra, Suiza, 14-16 de Mayo de 2013: <https://www.itu.int/en/wtpf-13/Documents/backgrounder-wtpf-13-broadband-es.pdf>
- Játiva, C. (2016). *Estudio de la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID), sus aplicaciones y la convergencia con el internet de las cosas (IoT)*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil:

<http://192.188.52.94:8080/bitstream/3317/6598/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-158.pdf>

- Llanos, A. (2013). *Gestión del espectro radioeléctrico en el Ecuador: Nueva modalidad para radiodifusión y televisión abierta*. Obtenido de Universidad Andina Simón Bolívar:
<http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3833/1/SM138-Llanos-Gestion.pdf>
- Luque, J. (2012). *Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico*. Obtenido de Autores Científicos Técnicos y Académicos ACTA, N°. 62, 2012, págs. 17-31:
http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
- Marchesin, A., & Montenegro, G. (2007). *Sistema de Identificación por Radiofrecuencia (RFID)*. Obtenido de Ente Nacional de Comunicaciones de Argentina:
https://www.enacom.gob.ar/multimedia/bibliotecas/archivos/biblioteca_16395.pdf.
- Martín, A. (s.f.). *Sistema de comunicaciones electrónicas*. Obtenido de Universidad de Oviedo:
https://www.unioviedo.es/ate/alberto/TEMA_4_Telecomunicacion_Telem.pdf
- Morales, E., & Córdova, E. (2010). *Las redes inalámbricas y su incidencia en la interconexión de las redes industriales en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización de la facultad en Sistemas Electrónica e Industrial*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34>
- Nistal, I. (2011). *Sistemas RFID en UHF y Microondas*. Obtenido de Universidad Carlos III de Madrid: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/11063>
- Pelegri, F. (2007). *Lectura y gestión de códigos de barra con microcontrolador*. Obtenido de Escola Tecnica Superior Enginyeria :
<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/690pub.pdf>
- Pérez, D., Morales, Y., & Marante, F. (2018). *Antena de Parche con Polarización Circular, para Aplicaciones RFID (Radio Frequency IDentification)*. Obtenido de EAC vol.39 no.2 La Habana may.-ago. 2018:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282018000200008

- Portillo, J., Bermejo, A., & Bernardos, A. (2008). *Tecnología de la identificación por Radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud*. Obtenido de www.madrimasd.org:
https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/_VT13_RFID.pdf
- Registro Oficial No. 200. (2018). *La Ordenanza que Regula el Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial en el cantón Guayaquil*. Quito: Registro Oficial.
- Registro Oficial No. 415. (2011). *Reforma a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. Quito: Registro Oficial.
- Richardson, R. (1963). *Remotely activated radio frequency powered devices*.
- Rittenbach, O. E. (1967). *Communication by Radar Beams*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US3460139A/en>
- Rodríguez, A. (2009). *Análisis y descripción de identificación por Radio Frecuencia: tecnología, aplicaciones, seguridad y privacidad*. México D.F., México D. F., Mexico: Instituto Politécnico Nacional.
- Salgado, J., & Ugarte, L. (2016). *Diseño y simulación de una red de sensores de geoposicionamiento de usuarios al interior de un edificio para mejorar el tiempo de rescate de los organismos de socorro en caso de una catástrofe natural*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/>:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/37228/D-103535.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- Sarmiento, A. (2014). Análisis situacional de la calidad de servicio del transporte terrestre público convencional urbano de pasajeros para plantear propuestas de mejora en la ciudad de Guayaquil. Tesis de grado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Serrano, E. (2017). *GISAT. Diseño de antenas Loop basadas en Meta-Materiales para aplicaciones RFID*. Obtenido de Escuela Politécnica de Cuenca: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/11925>
- Silva, J. (2016). Efecto Socio-económico del uso de la Metrovía en la ciudad de Guayaquil, período 2008 – 2013. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- Stockman, H. (1948). *Communications by Means of Reflected Power*. Obtenido de Proceedings of the IRE (Volume: 36, Issue: 10, Oct. 1948):
<https://ieeexplore.ieee.org/document/1697527>
- Tapia, D., Cueli, J., García, Ó., Corchado, J., Bajo, J., & Saavedra, A. (2007). *Identificación por Radio frecuencia: Fundamentos y aplicaciones*. Obtenido de 1as Jornadas Científicas sobre RFID:
https://bisite.usal.es/archivos/articulo_rfid_fundamentos.pdf
- Tecnical. (s.f.). *Fibra Óptica monomodo y multimodo*. Obtenido de Tecnical Automatización Industrial: <https://www.technical.cat/apunts-tecnics/cas-fibra-optica-monomodo-multimodo-apuntes-tecnicos-technical-manresa-igualada.pdf>
- Tecnosineria. (s.f.). *Webinar de fibra óptica. Recuperado el 29 de septiembre de 2019*. Obtenido de Tecnosineria Mayorista de Soluciones:
<https://tecnosineria.zendesk.com/hc/es/articles/360024570212-Webinar-de-fibra-optica->
- Tomasi, W. (2009). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos. Décima edición*. México): Pearson Educación de México, .
- Vernon, F. (1952). *Application of the microwave homodyne*. Obtenido de Transactions of the IRE Professional Group on Antennas and Propagation (Volume: PGAP-4): <https://ieeexplore.ieee.org/document/1144355>
- Vinding, J. (1969). *Interrogator-Responder Identificacion System*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US3299424A/en>
- Vogelman, J. (1968). *Data Transmission Techniques Utilizing Radar echos*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US3391404A/en>

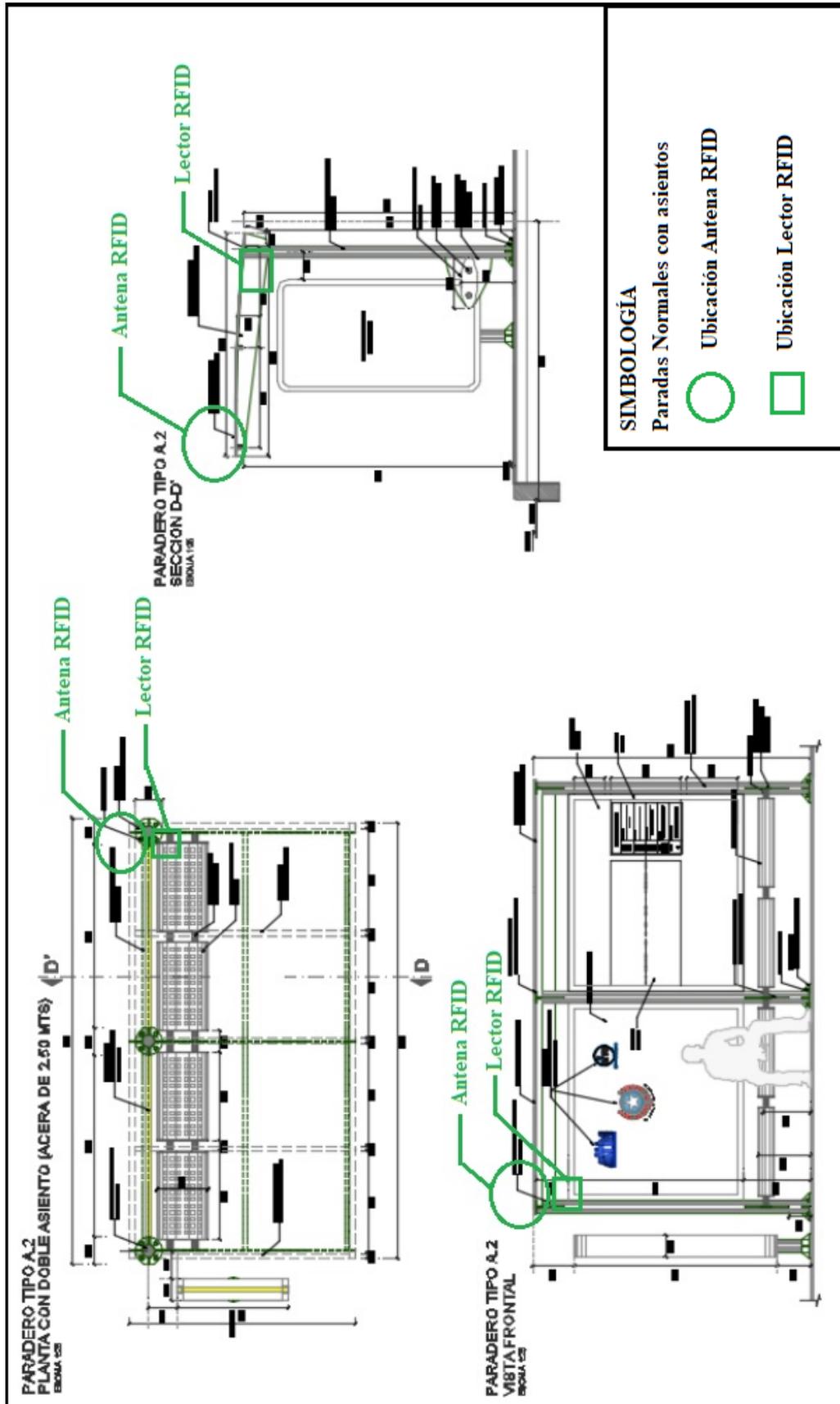
GLOSARIO

ANT	Agencia Nacional de Transito
ATM	Autoridad de Tránsito Municipal
ASK	Modulación de Onda por Amplitud
CLKSYNC	Campo que se envia en la trama RFID, es la sincronización de reloj
CMD	Campo que se envia en la trama RFID, contiene el comando del lector
CRC	Código de Redundancia Cíclica
CTE	Comisión de Tránsito del Ecuador
CTG	Comisión de Tránsito del Guayas
CW	Onda Continua
DB	Medida decibelios
EAN	Numeración de Artículo Europeo
EB/N0	Relación Señal Ruido
EPC	Código Electrónico del Producto
EPPROM	Memoria solo de lectura programmable y borrrable electricamente
EOF	Fin de la trama
FDMA	Acceso por Múltiple por División de Frecuencia
FSK	Modulación de Onda por Frecuencia
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GHz	Medida de Giga Hertzios
HF	Alta frecuencia
IFF	Identification Friend or Foe
IOT	Internet de las cosas
ISO	Organización Internacional de Estandarización
ITM	Memoria de la Etiqueta Identificadora
IRE	Revista Editada por el Instituto de Ingeniero Eléctricos y Electrónicos
Kbits	Medida Kilo Bits por segundos
KHz	Kilo Hertzios
KM	Kilometro

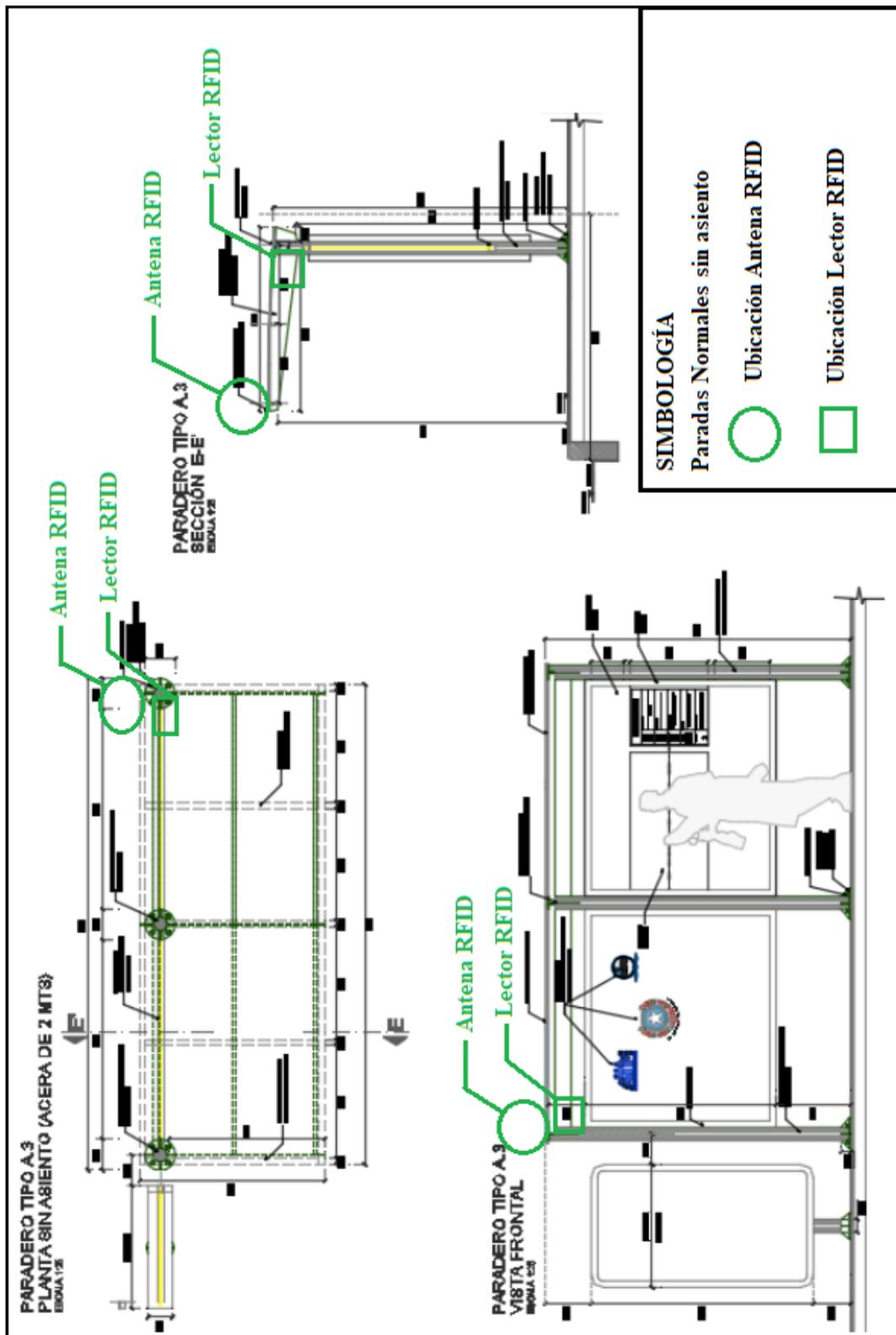
LAN	Área local de red
LEN	Longitud del campo
LF	Baja frecuencia
LSB	Bit menos significativo
LRC	Control de Redundancia Longitudinal
LTE	Evolución a largo plazo
MSB	Bit más significativo
MW	Miliwatss
MHz	Mega Hertzios
NFC	Comunicación de corta distancia
NOC	Centro de Control de Red
OSI	Sistema Abierto de Interconexión
PC	Computador Personal
PIB	Producto Interno Bruto
PPDIOO	Preparar, Planear, Diseñar, Implementar Operara y Optimizar
PSK	Modulación de Onda por Fase
PREAMBL	Preambulo, campo de una trama
PTR	Campo que se envía en la trama RFID, es un punto referido de donde buscar.
PTMP	Comunicación punto a multipunto
RDIF	Identificación por Radio Frecuencia
RAM	Memoria de acceso aleatorio
ROM	Memoria solo de lectura
SDMA	Acceso Múltiple por División de Espacio
SITU	Sistema de Transporte Urbano
SOF	Inicio de Trama
TAG	Etiqueta RFID
TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo
UHF	Ultra alta frecuencia
UTP	Cable de cobre
5G	Quinta Generación

ANEXOS

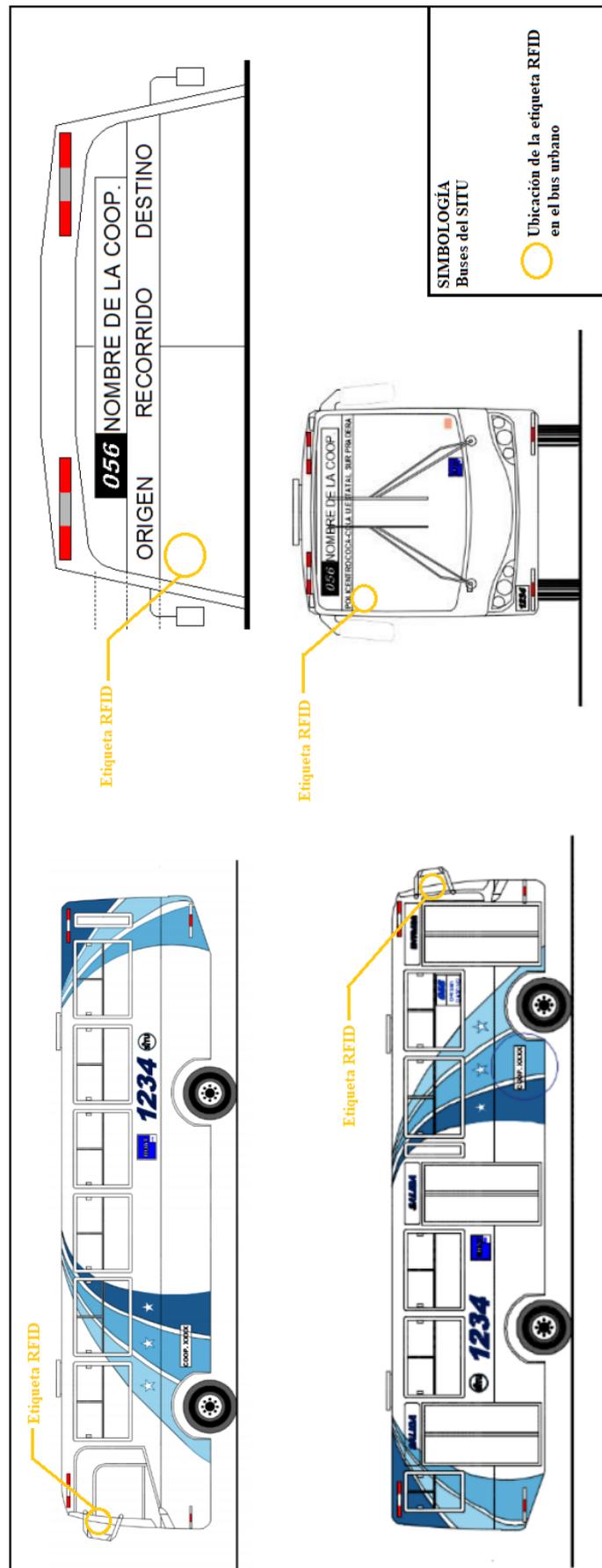
ANEXO 1: Ubicación de lector y antena RFID en parada tipo A2 con asiento



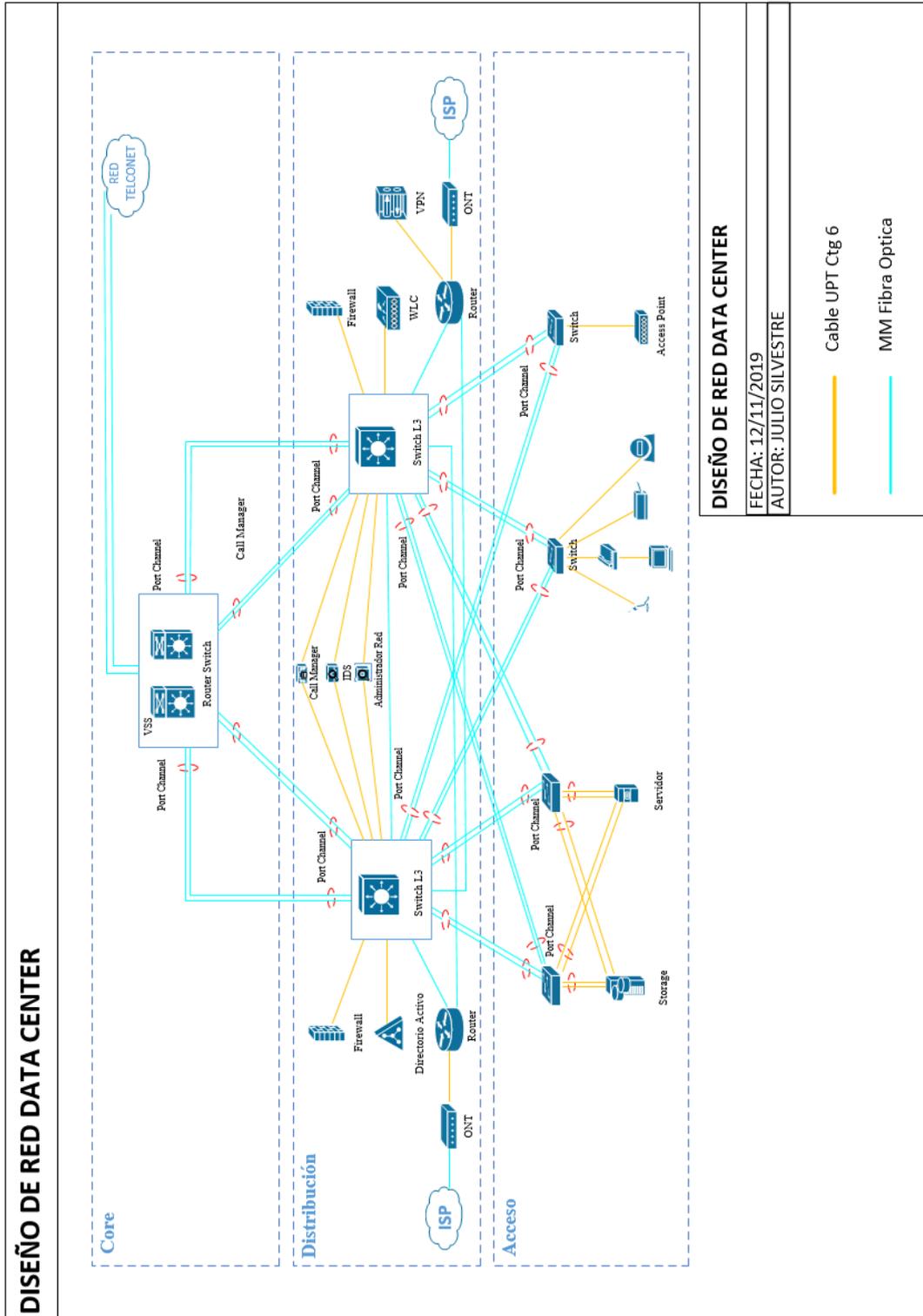
ANEXO 2: Ubicación de lector y antena RFID en parada tipo A3 sin asiento



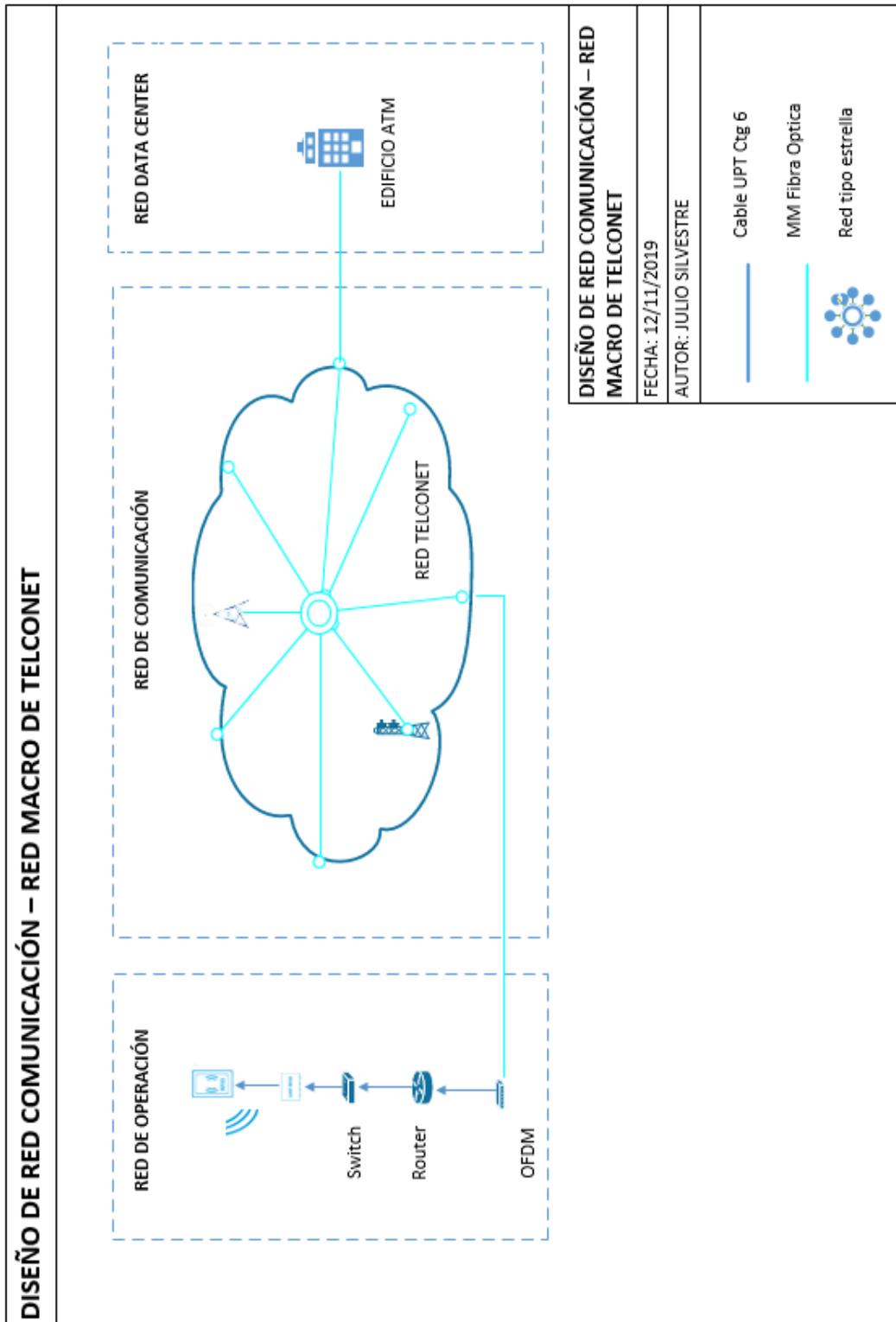
ANEXO 4: Ubicación de etiqueta RFID en el bus



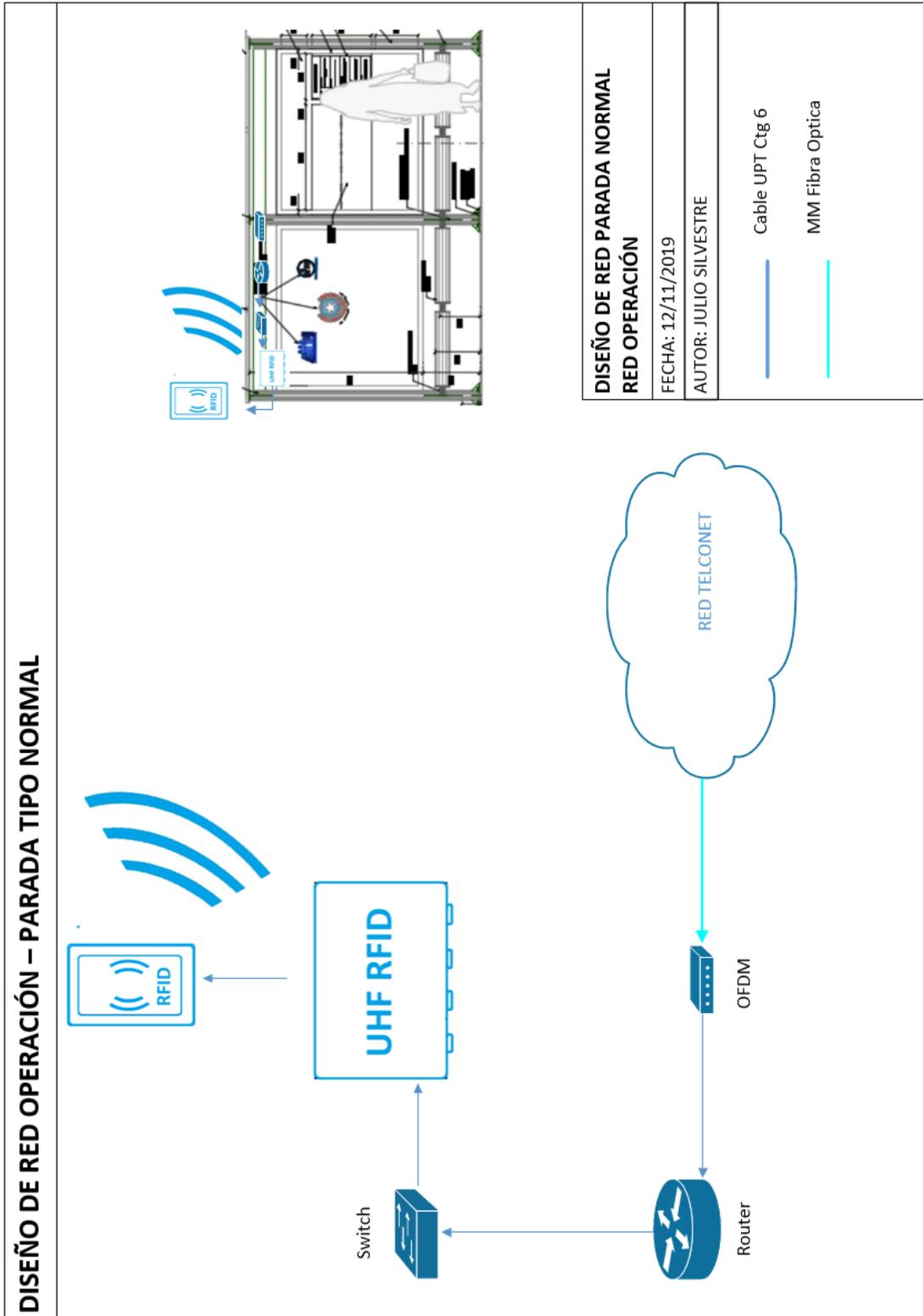
ANEXO 5: Diseño de red data center



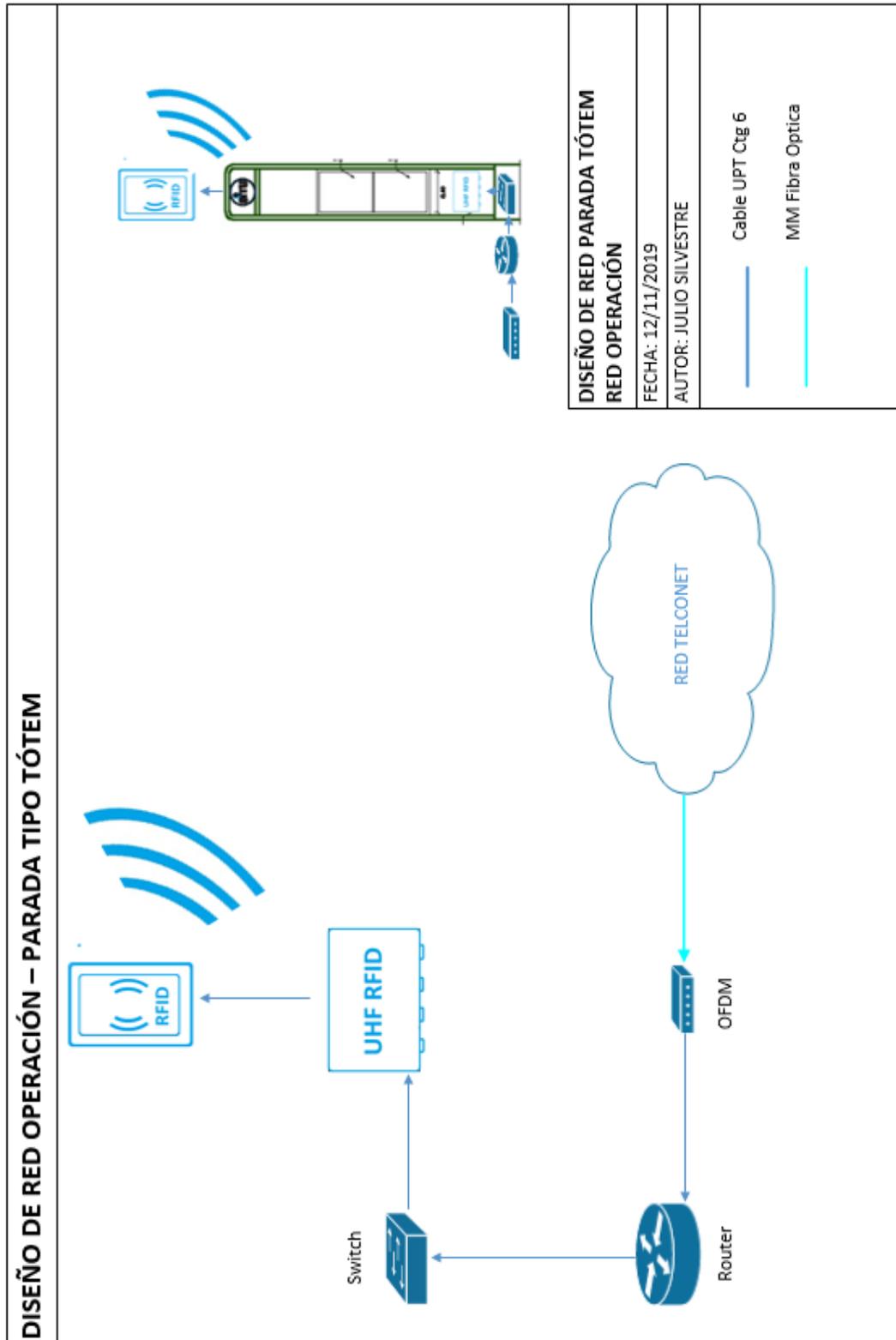
ANEXO 6: Diseño de red comunicación



ANEXO 7: Diseño de red RFID parada tipo normal



ANEXO 8: Diseño de red RFID parada tipo tótem





**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Julio Andrés Silvestre Yagual**, con C.C: # **0926747668** autor del trabajo de titulación: **Diseño de un sistema de telecomunicaciones con tecnología RFID para los puntos de chequeo de buses urbanos en el corredor vial 1 de la ciudad de Guayaquil**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 17 de agosto de 2020

f. _____

Nombre: **Julio Andrés Silvestre Yagual**

C.C: **0926747668**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de un sistema de telecomunicaciones con tecnología RFID para los puntos de chequeo de buses urbanos en el corredor vial 1 de la ciudad de Guayaquil	
AUTOR(ES)	Julio Andrés Silvestre Yagual	
REVISOR(ES)/TUTOR	MSc. Edgar Quezada Calle; MSc. Luis Córdova Rivadeneira / MSc. Manuel Romero Paz	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Sistema de Posgrado	
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones	
TITULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Guayaquil, 17 de agosto de 2020	No. DE PÁGINAS: 118
ÁREAS TEMÁTICAS:	Transporte Público, Corredor vial de Guayaquil, Tecnología RFID, Campos EPC, Simulación en WINIQSIM, Propagación Multitrayectoria	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	RFID, Diseño, Red, Frecuencia, Transporte, Vial, Lector, Etiqueta	
RESUMEN/ABSTRACT: El servicio de transportación urbano de la ciudad de Guayaquil afronta problemas de consideración debido a que las autoridades no obtienen información veraz y oportuna de las buses urbanos, además de situaciones que degradan la calidad del servicio y que pueden llegar hasta el punto de afectar el tránsito, la economía y desarrollo de la ciudad, por esta razón el principal objetivo de ésta investigación es realizar el diseño de un sistema de telecomunicaciones para puntos de chequeos de buses urbanos en el corredor vial uno, que ayude a gestionar información de los transportes que circulen. El presente trabajo de investigación empieza ubicando el problema en un contexto, luego se determina los síntomas, causas, pronóstico y control de la investigación, la metodología que se aplicará será análisis-síntesis y se la determinará como una investigación explorativa, descriptiva, explicativa con su respectivo modelo de investigación cuantitativo y cualitativo debido a que es una investigación estructurada que se basa en trabajos realizados. Luego en el capítulo dos se da inicio al marco teórico que fortalece la investigación. Después en el capítulo tres se realiza un diseño de red de acuerdo con el tramo de estudio y la respectiva simulación del canal inalámbrico utilizado entre etiqueta y lector de la tecnología RFID, finalmente en base al conocimiento científico adquirido durante la investigación se obtendrán las conclusiones y recomendaciones.		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-992398695	E-mail: juliosilvestre90@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Romero Paz Manuel de Jesús	
	Teléfono: +593-994606932	
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	