



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA  
IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE COBRO INTELIGENTE EN LA  
CIUDAD DE RIOBAMBA**

**Trabajo de Titulación para optar al título de:  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Autor:**

Flores Escobar Hugo Alexander

**Tutor:**

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro.

**Riobamba, Ecuador. 2022**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA  
IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE COBRO INTELIGENTE EN LA  
CIUDAD DE RIOBAMBA**

**Trabajo de Titulación para optar al título de:  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Autor:**

Flores Escobar Hugo Alexander

**Tutor:**

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro.

**Riobamba, Ecuador. 2022**

## DERECHOS DE AUTOR

Yo, **Hugo Alexander Flores Escobar**, con cédula de ciudadanía **0604097550**, autor del trabajo de investigación titulado: “**Evaluación de tecnologías inalámbricas para implementar un sistema de cobro inteligente en la ciudad de Riobamba**”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 19 de marzo de 2022.



Hugo Alexander Flores Escobar  
C.I: 0604097550



### DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados, Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Evaluación de tecnologías inalámbricas para implementar un sistema de cobro inteligente en la ciudad de Riobamba**, presentado por **Hugo Alexander Flores Escobar**, con cédula de identidad número **0604097550**, certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de éste con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, se ha revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y además escuchada la sustentación por parte de su autor, no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 6 de mayo de 2022.

PhD. Luis Patricio Tello Oquendo  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

PhD. Leonardo Fabian Rentería Bustamante  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

PhD. Manuel Antonio Meneses Freire  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro  
TUTOR

Firma

Sr. Hugo Alexander Flores Escobar  
C.I: 0604097550



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.17  
VERSION 02: 06-09-2021

### CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal **de Grado** para la evaluación del trabajo de investigación **“EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE COBRO INTELIGENTE EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”** por **Flores Escobar Hugo Alexander**, con cédula de identidad número **0604097550**, bajo la tutoría de **Daniel Antonio Santillán Haro, PhD**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 6 de mayo de 2022.

PhD. Luis Patricio Tello Oquendo  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

PhD. Leonardo Fabian Rentería Bustamante  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

PhD. Manuel Antonio Meneses Freire  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

# CERTIFICADO ANTI-PLAGIO



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



## CERTIFICACIÓN

Que, HUGO **ALEXANDER FLORES ESCOBAR** con CC: **0604097550**, estudiante de la Carrera **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE COBRO INTELIGENTE EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**", cumple con el 4 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 15 de abril de 2022



Escaneado en <https://verificadigital.unach.edu.ec>  
**DANIEL ANTONIO  
SANTILLAN HARO**

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro  
**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo es dedicado primeramente a Dios, a mis padres que me dieron todo su apoyo.*

*Gracias a ellos por ser una guía y siempre confiar en mí, estando ahí siempre con sus buenos consejos y valores de la misma forma a mis segundos padres que siempre han estado al pendiente de mí para que logre culminar mis metas y objetivos, a mi compañera y hermanos que me han apoyado con palabras de aliento y han estado al pendiente para que yo logre culminar mis sueños y finalmente a mis amigos con los que siempre conté en el transcurso de toda la carrera.*

**Hugo Alexander Flores Escobar**



## **AGRADECIMIENTO**

*“La gratitud se da cuando la memoria se almacena en el corazón y no en la mente”.*

*Lionel. Hampton*

*Agradezco a Dios y a mis padres por darme el apoyo gracias a su trabajo y esfuerzo el cual me permitió culminar esta meta tan importante en mi vida.*

*De la misma forma al Ing. Luis Antonio Santillán Haro PhD, por su apoyo, su guía y dedicación hacia mí persona para que logre culminar el proyecto de investigación.*

*A la Universidad Nacional de Chimborazo por ser la instrucción que me dio la oportunidad de formarme como profesional con todos sus recursos humanos y tecnológicos.*

*Finalmente, a los amigos, por su apoyo y dedicación y por todos los momentos que tuvimos en todo este camino que compartimos.*

**Hugo Alexander Flores Escobar**

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

RESUMEN

ABSTRACT

## CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN.....	14
1.1.	Antecedentes .....	14
1.2.	Planteamiento del Problema.....	16
1.3.	Formulación del problema .....	17
1.4.	Justificación .....	18
1.5.	Objetivos.....	19
1.5.1.	Objetivo general .....	19
1.5.2.	Objetivos específicos.....	19

## CAPÍTULO II.....

2.	MARCO TEÓRICO.....	20
2.1.	Estado del arte .....	20
2.1.1.	A nivel internacional .....	20
2.1.2.	A nivel Nacional.....	21
2.1.3.	Implementación de sistemas de cobro electrónico.....	23
2.2.	Redes inalámbricas.....	26
2.2.1.	Tipos de redes inalámbrica.....	26
2.3.	Tecnología RFID.....	27
2.3.1.	Principio de funcionamiento.....	27
2.3.2.	Rangos de Frecuencia .....	28
2.3.3.	Estándares .....	28
2.3.4.	Aspectos de seguridad, privacidad y confidencialidad .....	28
2.3.5.	Ventajas .....	30
2.3.6.	Aplicaciones de la tecnología RFID .....	31
2.4.	Tecnología NFC .....	32
2.4.1.	Seguridad en NFC .....	33
2.4.2.	Tipos de tarjetas NFC .....	34
2.4.3.	Aplicaciones de la tecnología NFC.....	34
2.4.4.	Ventajas de la tecnología NFC .....	34
2.5.	Evaluación de las tecnologías inalámbricas RFID y NFC .....	35
2.6.	Sistema de cobro inteligente .....	36
2.6.1.	Objetivos del sistema de cobro .....	37
2.7.	Introducción de tecnologías inalámbricas en sistemas de cobro inteligente	37

2.8.	Bases de datos en tiempo Real Firebase .....	38
2.8.1.	Firebase .....	38
2.8.2.	Realtime Database .....	38
2.8.3.	Authentication .....	39
2.9.	Módulos de desarrollo Mode MCU ESP8266 .....	39
2.10.	Módulo NFC PN532 – 13.56Mhz 3 .....	40
2.11.	Módulo Lector RFID RDM6300 125 kHz .....	41

### CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA .....	42
3.1.	Tipo de Investigación .....	42
3.1.1.	Enfoque de la investigación .....	42
3.1.2.	Alcance de la investigación .....	42
3.1.3.	Diseño de la investigación .....	42
3.2.	Métodos y Técnicas de la investigación .....	43
3.2.1.	Método experimental .....	43
3.2.2.	Técnicas de recolección de datos .....	43
3.3.	Escenarios de prueba .....	44
3.4.	Población de estudio y tamaño de muestra .....	49
3.4.1.	Población .....	49
3.4.2.	Muestra .....	49
3.5.	Hipótesis y variables .....	52
3.5.1.	Hipótesis General .....	52
3.5.2.	Variable dependiente .....	52
3.5.3.	Variable independiente .....	52
3.6.	Operacionalización de variables .....	52
3.7.	Métodos de análisis .....	53
3.8.	Recolección de datos .....	53
3.8.1.	Base de datos RFID y NFC .....	53
3.9.	Procesamiento de datos .....	54

### CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	55
4.1.	Análisis e interpretación de datos .....	55
4.1.1.	Encuesta .....	55
4.1.2.	Estadística descriptiva de tarjetas RFID y NFC .....	61
4.1.3.	Comprobación de la hipótesis .....	61
4.1.4.	Planteamiento de hipótesis .....	62
4.1.5.	Nivel de significación .....	62
4.1.6.	Criterio .....	62
4.1.7.	Cálculos .....	62
4.1.8.	Decisión .....	62

<b>4.2.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>63</b>
-------------	-----------------------	-----------

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>64</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>65</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>66</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2-1:</b>	Clasificación de las redes inalámbricas .....	26
<b>Figura 2-2:</b>	Dispositivos de tecnología RFID .....	27
<b>Figura 2-3:</b>	Tecnología NFC .....	32
<b>Figura 2-4:</b>	Firestore .....	38
<b>Figura 2-5:</b>	MCU ESP8266.....	39
<b>Figura 2-6:</b>	Módulo lector RFID-NFC basado en el sensor PN532 .....	40
<b>Figura 2-7:</b>	Módulo Lector RFID RDM6300 125KHz.....	41
<b>Figura 3-1:</b>	Escenario de pruebas.....	44
<b>Figura 3-2:</b>	Dispositivo de cobro inteligente .....	45
<b>Figura 3-3:</b>	Diseño de la base de datos .....	46
<b>Figura 3-4:</b>	Vinculación del dispositivo y base de datos .....	46
<b>Figura 3-5:</b>	Recolección de datos.....	47
<b>Figura 3-6:</b>	Ubicación del módulo en el taxi .....	48
<b>Figura 3-7:</b>	Diseño de placa PCB .....	48
<b>Figura 3-8:</b>	Diseño de encapsulado del prototipo .....	49
<b>Figura 3-9:</b>	Test de normalidad de los datos.....	51
<b>Figura 4-1:</b>	Histograma 1 .....	55
<b>Figura 4-2:</b>	Histograma 2.....	55
<b>Figura 4-3:</b>	Histograma 3.....	56
<b>Figura 4-4:</b>	Histograma 4.....	56
<b>Figura 4-5:</b>	Histograma 5.....	57
<b>Figura 4-6:</b>	Histograma 6.....	57
<b>Figura 4-7:</b>	Histograma 7.....	58
<b>Figura 4-8:</b>	Histograma 8.....	58
<b>Figura 4-9:</b>	Histograma 9.....	59
<b>Figura 4-10:</b>	Histograma 10.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Servicio de transporte del cantón Riobamba .....	17
<b>Tabla 2-1:</b>	Sistema Electrónico de Pago de Pasajes de Transporte Público Urbano	23
<b>Tabla 2-2:</b>	Frecuencias de operación de RFID .....	28
<b>Tabla 2-3:</b>	Comparación entre tecnologías inalámbricas .....	35
<b>Tabla 2-4:</b>	Nivel de confianza .....	50
<b>Tabla 2-5:</b>	Mediciones de prueba .....	51
<b>Tabla 3-1:</b>	Operacionalización de variables .....	52
<b>Tabla 3-2:</b>	Tabulación de datos RFID .....	53
<b>Tabla 4-1:</b>	Pruebas de normalidad .....	54
<b>Tabla 3-3:</b>	Tabulación de datos de la encuesta .....	60
<b>Tabla 4-2:</b>	Evaluación de tarjetas RFID y NFC .....	61
<b>Tabla 4-3:</b>	Prueba de muestras independientes.....	62

## RESUMEN

Actualmente vivimos un desarrollo científico que evoluciona apresuradamente, las tecnologías inalámbricas se han desarrollado y tienen gran aceptación en la sociedad por su elasticidad y el menor valor en su instalación, las encontramos en la mayor parte de teléfonos móviles de alta gama, electrodomésticos, computadores, licencias de conducir, cédula de identidad entre otros. La presente investigación buscó evaluar las tecnologías inalámbricas para implementar un sistema de cobro inteligente en el transporte público de taxis de la cooperativa “La Cerámica”, de la ciudad de Riobamba. El enfoque de este estudio es cuantitativo. El alcance de esta investigación por el objetivo y el grado de conocimiento en el campo es de tipo explicativo, porque no solo se realiza una descripción, sino que se explican las razones y causas que generan la ocurrencia de dicho fenómeno. Por la fuente de datos esta investigación es documental y también de campo porque los datos se recogen en el lugar de los hechos sin manipular ninguna variable y su diseño aplicado. La población analizada corresponde a 150 usuarios y su muestra es de 108 clientes que utilizan los servicios de la cooperativa de taxis “La Cerámica” en la ciudad de Riobamba. Los métodos utilizados fueron el experimental y el hipotético deductivo. La técnica utilizada fue la encuesta, el instrumento el cuestionario, que cumplieron con las cualidades de validez y confiabilidad, la toma de datos de las tarjetas se las realizó en las cinco parroquias de la ciudad de Riobamba mediante un muestreo probabilístico con dos tipos de tarjetas RFID y NFC mediante el software Wireshark. Para ensamblar el prototipo se propone el uso del módulo lector de tarjetas RFID/NFC 13.56MHZ PN532, conectado a la tarjeta de desarrollo Node MCU ESP8266. Este se conecta a internet mediante una red inalámbrica, el cual permite la interacción directa con la base de datos Firebase en tiempo real. Para la visualización de datos por parte del usuario se añadió un display LCD, mostrando una interfaz amigable, fácil de usar. Los resultados obtenidos ratificaron la hipótesis planteada. Como se obtuvo un valor de probabilidad menor que 0,05, al inferirlo con el estadístico T Student se concluye que: la tarjeta NFC alcanza un tiempo promedio de 1,40 segundos, siendo la adecuada para su implementación en el prototipo en comparación con la tarjeta RFID.

### Palabras Claves:

<SISTEMA DE COBRO INTELIGENTE>, <WIRESHARK >, <NODEMCU ESP8266>, <RFID/NFC 13.56MHZ PN532>, <NFCRFID, NFC>, <FIREBASE>

## ABSTRACT

Nowadays, we live a scientific development that evolves rapidly; wireless technologies have been developed and are widely accepted in society due to their versatility and the lower value of installation; we find them in most high-end mobile phones, home appliances, computers, driver's licenses, ID's, amongst others. The following research had a goal to evaluate wireless technologies to implement an intelligent charging system for public cab transport of "La Cerámica" company in Riobamba. The focus of this study is quantitative. According to the objective and the degree of knowledge in the field, the scope of this research is explanatory, given that it does not provide only a description; instead, the reasons and causes that generate the occurrence of this phenomenon are explained. Due to the data source, this research is documentary and field kind as well, given that the data is collected at the scene of the events without manipulating any variable and its applied design. The analyzed population corresponds to 150 users, and its sample is 108 clients who use the services of the cab "La Cerámica" company in the city of Riobamba. The methods used were experimental and hypothetical-deductive. The technique used was the survey, the instrument was the questionnaire, which met the qualities of validity and reliability, the data collection of the cards was carried out in the five sectors of the city of Riobamba through probabilistic sampling with two types of cards. RFID and NFC using Wireshark software. To put together the prototype, the use of the RFID/NFC 13.56MHZ PN532 card reader module is proposed, connected to the ESP8266 Node MCU development card. This connects to the internet through a wireless network, allowing direct interaction with the Firebase database in real-time. For user visualization of data, an LCD was added, showing a friendly and easy-to-use interface. The results obtained affirm the proposed hypothesis. Given that a probability value of less than 0.05 was obtained, when inferred with the T Student statistic, it is concluded that: the NFC card reaches an average time of 1.40 seconds, being the appropriate one for its implementation on the prototype compared to the RFID card.

**Keywords:** <INTELLIGENT CHARGING SYSTEM>, <WIRESHARK>, <NODEMCU ESP8266>, <RFID/NFC 13.56MHZ PN532>, <NFCRFID, NFC>, <FIREBASE>



Formado electrónicamente por:  
HUGO HERNAN  
ROMERO ROJAS

Reviewed by:  
Mgs. Hugo Romero  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0603156258



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La introducción de las tecnologías de la información en los sistemas de transporte público hace que el sistema de cobro sea innovador a través del uso de tarjetas inteligentes, conocidas también como Smart Cards. El uso de esta tecnología es ideal al momento de analizar ciertos factores como: la rentabilidad y la eficiencia de cobro.

A nivel mundial, países como España y Estados Unidos, han implementado tecnologías NFC [1], con la finalidad de utilizar dispositivos móviles en el proceso de pago. En España utilizan las tarjetas T-Mobilitat que permite a los usuarios del transporte público movilizarse con mayor facilidad por Cataluña, este método incorpora sistemas avanzados (contactless, NFC), e incorpora tecnología inalámbrica que permite la personalización de servicios, el ensanchamiento del ecosistema de movilidad sostenible, generando capilaridad al sistema de transporte público e impulsándose frente a la movilidad en vehículo privado [2].

A nivel de Latinoamérica, en Santiago de Chile funciona un sistema de pago automatizado, ¡Tarjeta bip!, con la utilización de una tarjeta inteligente que permite al usuario ingresar al transporte público, generando un reporte de cada viaje. El valor de este método recae en el potencial y desarrollo de diversas aplicaciones para la mejora de los sistemas de transporte público [3]. En la ciudad de Curitiba (Brasil), se implementa el sistema de cobro automático que ha logrado un adecuado funcionamiento gracias al nivel de aceptación por parte de los usuarios [1]

En la ciudad de Riobamba, el cobro de transporte urbano se realiza mediante billetes y monedas. Este sistema ha sido considerado como de primera generación y tiene múltiples complicaciones, una de ellas es el tiempo que tarda el conductor de la unidad para el cobro del servicio; siendo deficiente, afectando a la calidad del servicio del transporte público [4].

Todo estudio aparece de una necesidad por comprender y desarrollar situaciones particulares que se convierten en dificultades y es indispensable solucionarlos de una forma adecuada, ante el inconveniente en el cobro de la tarifa de taxis, se motivó el interés por este tema a fin de contribuir con un sistema de cobro inteligente que modernice el transporte público.

Esta investigación buscó evaluar las tecnologías inalámbricas para implementar un sistema de cobro inteligentes en el transporte público de la ciudad de Riobamba, si bien satisface uno de los problemas de los usuarios del transporte público, deja la semilla para futuras

investigaciones que anhelan refutar el estudio en mayores poblaciones con el propósito de multiplicar los resultados alcanzados.

El trabajo de investigación se desarrolla en cinco capítulos: El primero trata sobre el planteamiento y la formulación del problema, justificación y los objetivos. El segundo se basa en un extenso marco teórico, con base a los antecedentes a nivel internacional y nacional. El tercero aborda la metodología y el diseño del prototipo. El cuarto contiene los resultados y su discusión. El quinto se termina con las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas que se utilizaron en la presente investigación.

## 1.2. Planteamiento del Problema

Actualmente con el apoyo de la tecnología de la información y comunicación (TIC), se convive una era de desarrollo científico que evoluciona apresuradamente. En los últimos años se ha fabricado tecnologías que facultan que las comunicaciones concuerden y proporcionen el intercambio de la información. Las tecnologías inalámbricas en sus diversas versiones evolucionan aceleradamente y tienen mayor aceptación en la vida de los diferentes usuarios por sus principales características como son: alta adaptabilidad, elasticidad y un menor valor en su instalación. Estas tecnologías inalámbricas las encontramos en la mayor parte de teléfonos móviles de alta gama, electrodomésticos, computadores, licencias de conducir, cédula de identidad entre otros.

Hoy en día las maneras de pagar son dos: la física (dinero en efectivo y cheques) y la electrónica (transferencias a través de dispositivos electrónicos o digitales, las tarjetas de crédito, tarjetas de débito y otras de similar especie). Las estrategias a nivel mundial se orientan a disminuir la utilización de efectivo y fomentar las formas de pago electrónico, porque prometen alta efectividad, seguridad, rastreo y menor costo en comparación con la forma de pago física [4].

El Sistema electrónico de Pago de Pasajes (SEPP), se fundamenta en usar un dispositivo electrónico (tarjeta de banda magnética, tarjeta inteligente sin contacto, dispositivo móvil) para la recaudación de tarifas de transporte público. Los SEPP incorporan recursos de hardware y software que dirige y administra el cobro de pasajes, sustituyendo la utilización de dinero (monedas y billetes), boletos de papel. El cobro se puede hacer en terminales de transporte público, a bordo de las unidades, a través de dispositivos de validación, barrera de vigilancia de ingreso, dispensadores automáticos [5]

Este tipo de tecnología ya es utilizado en varios países desarrollados.

Para el año 2050 la población mundial del sector urbano se incrementará en un 100%, 7 de cada 10 individuos vivirán en las ciudades y los recorridos en la ciudad serán satisfechos alrededor de un 75% [6].

El 2015, Latinoamérica obtuvo un promedio de automatización de 201 automóviles por cada 1000 habitantes [7].

En Ecuador durante 2019, los pagos electrónicos tuvieron gran aceptación por parte de los representantes financieros, se transfirieron electrónicamente alrededor de \$ 113.000 millones de dólares por medio del Sistema de Pagos Interbancarios (SPI), que es dirigido por el Banco Central del Ecuador [8]. En lo que respecta al sistema de cobro electrónico en el transporte público existen algunas ciudades que han implementado este sistema como Quito, Guayaquil, Cuenca, varias ciudades han realizado estudios para su implementación como Cañar, Loja entre otras.

En la ciudad de Riobamba el uso del dinero electrónico va teniendo gran acogida para el sistema de pago en algunos locales comerciales. El sistema de servicio de transporte de la ciudad se puede observar en el siguiente cuadro.

**Tabla 1-1:** Servicio de transporte del cantón Riobamba

<b>Transporte</b>	<b>Cooperativas</b>	<b>Unidades</b>
Urbano	6	177
Estudiantil	5	83
Taxis	43	2052
Interprovincial	34	601
Carga Pesada		26

Fuente: [9]

En el cantón Riobamba, la aplicación del sistema de cobro inteligente en el transporte aún no se implanta, considerando que aquí se presenta varios problemas de insatisfacción de los usuarios como: congestión vehicular, recorridos que tardan mayor tiempo, inseguridad, tiempo de espera para recibir el cambio por el cobro de la tarifa entre otros. Los problemas se dan por la carencia de estrategias y propósitos de movilización y transporte, por lo que los usuarios asumen las consecuencias por una organización que no permite la innovación de los sistemas de transportación [9]

### **1.3. Formulación del problema**

¿En qué medida el uso de la tecnología inalámbrica transforma un sistema de cobro inteligente en el transporte público de taxis de la ciudad de Riobamba?

## **1.4. Justificación**

El presente trabajo de investigación sobre la evaluación de tecnologías inalámbricas para implementar un sistema de cobro inteligente en el transporte público de la ciudad de Riobamba, surge de la necesidad de los usuarios por mejorar el sistema de cobro de la tarifa, que actualmente se lo realiza con un tipo de primera generación (billetes y monedas), lo que provoca una serie de problemas, uno de ellos el tiempo de transacción del cobro de la tarifa.

Por la expansión territorial de la ciudad de Riobamba, aparecen una serie de problemas sociales y el transporte público no es la excepción, con el avance de la tecnología se puede solucionar uno de los inconvenientes del transporte público, al implementar un sistema de cobro inteligente utilizando la tecnología inalámbrica NFC existente en la localidad, se moderniza el transporte público ofreciendo, comodidad, eficiencia, eficacia y reducción de tiempo en las transacciones de cobro de las tarifas de taxis.

La implementación del sistema de cobro inteligente en los taxis de la cooperativa “La Cerámica”, se lo realiza a través del prototipo de sistema de cobro inteligente elaborado por el autor que funciona con Smart Cards y se convertirá como base para futuros estudios con el propósito de modernizar el transporte público de la ciudad. Los beneficiarios directos son los usuarios y conductores de la cooperativa de taxis y los beneficiarios indirectos son los ciudadanos de Riobamba.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar las tecnologías inalámbricas e implementar un sistema de cobro inteligente para mejorar el sistema de transporte público en la ciudad de Riobamba.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Diagnosticar el sistema de cobro de los usuarios del transporte público de taxis de la ciudad de Riobamba.

Evaluar las tecnologías inalámbricas RFID y NFC para mejorar las necesidades de los usuarios del transporte público de taxis de la ciudad de Riobamba.

Diseñar un prototipo de cobro inteligente basado en tecnología inalámbrica que se adapte al sistema de transporte público de taxis en la ciudad de Riobamba.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Estado del arte

##### 2.1.1. A nivel internacional

El estudio de Espinoza [10], en su trabajo de investigación “control de rutas de transporte público basado en tecnología Open source hardware”, cuyo objetivo fue promover un modelo para la verificación de caminos del transporte público fundamentado en la tecnología Open source hardware para administrar el transporte colectivo y optimizar la importancia del servicio, concluye que: la regulación de los recorridos de una manera adecuada se hicieron con la colocación de una inspección permanente que utilizaban la tecnología RFID.

El estudio de Liébana [11], el caso de la empresa municipal de transporte (EMT). Tiene como objetivo analizar la influencia de posibles factores antecedentes de la intención de continuar el sistema de pago móvil NFC en dicho medio de transporte, que fue realizado en la ciudad de Málaga (España).

La empresa malagueña de transportes (EMT), empleando el modelo de mínimos cuadrados parciales en un modelo de ecuaciones estructurales, concluyen que la tecnología NFC amplía diversas probabilidades a los clientes de muchos servicios por sus particularidades específicas, el transporte es uno de ellos, la práctica mercantil de NFC en la ciudad de Málaga llevada por la empresa EMT tiene gran utilidad, con lo que se decide la relevancia del pago mediante tecnología NFC para convertirse en un modelo en el transporte público.

En el trabajo de investigación de Cueva [12] “optimización del proceso de recaudo del metropolitano utilizando el smartphone como medio de pago”, se plantean como objetivo demostrar la viabilidad del uso del smartphone como medio de pago de pasajes del servicio de transporte brindado por el metropolitano, a través de un estudio descriptivo concluyen que la utilización del smartphone NFC como forma de cancelación optimiza el proceso de recaudo, disminuyendo de 7,2 días a 4,8 días. Además, la utilización del smartphone NFC favorece al 40% de usuarios en la eliminación de filas, reduciendo a cinco minutos el ingreso al sistema.

Un estudio de Henao [13], en su trabajo de investigación “Análisis de viabilidad para implementar la tecnología NFC aplicada a medios de pago en sistemas de transporte masivo en Colombia” cuyo objetivo es analizar la correcta implementación de la tecnología NFC,

aplicada a medios de pagos en sistemas de transporte masivo realizado en la ciudad de Bogotá.

Con un diseño descriptivo correlacional concluye que, las estructuras del transporte deben transformarse y ejecutarse a través de tecnología sofisticada para modernizar la vida de los usuarios, con el establecimiento del pago con NFC no es necesario tener efectivo en el momento, realizar largas filas, ya que con un simple pulso en la pantalla del móvil puede obtener saldo y solo requiere confirmar la transacción.

### **2.1.2. A nivel Nacional**

El estudio de Amaguaña [14] con su título “Sistema informático de tarjetas inteligentes para automatización del cobro de pasajes en la Cooperativa “Unión Ambateña” dentro de la ciudad de Ambato”. Para cumplir su objetivo utilizaron una investigación bibliográfica y de campo, concluye que este sistema informático con base en tickets inteligentes para la automatización del cobro del pasaje en las unidades de transporte urbano, tuvo una aprobación considerable por los propietarios de cada unidad de transporte y por los usuarios, a través de una adecuada operación de los dispositivos lectores de tarjetas NFC instaladas en cada vehículo, comprobando cada cobro en el sistema web y en la app del dispositivo.

El estudio de Silvestre [15] su investigación “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”. Diseña un sistema de telecomunicaciones para puntos de chequeo de buses urbanos en el corredor vial 1, para alcanzar su objetivo realiza una investigación explicativa a través de un modelo de investigación cuantitativo.

Concluye que revisando los aspectos teóricos y técnicos de la tecnología RFID ésta tiene diversas utilidades que pueden solucionar los inconvenientes de supervisión y administración para solucionar los requerimientos de los pasajeros y simplificar la administración de las autoridades.

El estudio de Gurumendi [16], titulado “soluciones NFC para la compra de boletos de transporte público en la terminal terrestre de Babahoyo “, demuestran las soluciones NFC para adquirir boletos de transporte público en la terminal terrestre de Babahoyo. Para alcanzar sus objetivos realizaron una investigación exploratoria con un enfoque cuantitativo.

Concluyendo que la instauración de una forma de cancelación móvil beneficia el ecodesarrollo económico, incrementa el beneficio de los comercios, disminuye la contaminación ambiental y estrecha la inseguridad al no tener que llevar dinero en efectivo. Los clientes del terminal terrestre de Babahoyo manifiestan su ánimo por utilizar una tecnología digital con la implementación de la tecnología NFC para disminuir el tiempo de compra y venta en los ingresos.



Gomez, Herrera, Diaz [17], en su estudio “Enfoque para optimización y mejora de pagos móviles del sistema de transporte público mediante (NFC) por medio de Cloud Computing” se plantean como fin examinar la tecnología NFC considerando una iniciativa de desarrollo de un método de medios de pago electrónicos para el transporte en metro de Quito. Es una investigación de tipo exploratoria y concluyen que lo principal de utilizar tecnologías NFC es que posibilita al cliente el ingreso a negocios optimizando las capacidades de la tecnología moderna, la tecnología NFC brinda beneficios con relación a los códigos QR.







### 2.1.3. Implementación de sistemas de cobro electrónico

En algunos países se implantó varios sistemas de cobro como se muestra en la tabla 2.1

**Tabla 2-1:** Sistema Electrónico de Pago de Pasajes de Transporte Público Urbano

	<b>Ciudad de México, México</b>	<b>São Paulo, Brasil</b>	<b>Santiago de Chile, Chile</b>	<b>Montevideo, Uruguay</b>	<b>Londres, Inglaterra</b>	<b>Hong Kong, China</b>
<b>Nombre</b>	Tarjeta CDMX.	Billete Único	Tarjeta bip	Tarjeta STM.	Oyster	Tarjeta Octopus
<b>Año de implementación</b>	2006 - 2012	2004	2003 - 2007	2008	2003.	1997.
<b>Tecnología</b>	Tarjeta inteligente Full-Caplypso.	Tarjeta inteligente MIFARE	Tarjeta inteligente MIFARE Clásica 4K.	Tarjeta inteligente MIFARE Standard IC MF1.	Tarjeta MIFARE DESFire EV1.	Tarjeta inteligente, mini-tarjetas, llaveros y tarjetas SIM hacia teléfonos inteligentes, FeliCa.
<b>Interoperabilidad</b>	Metrobús (BRT), Metro, Tren Ligerero y Sistema de bicicletas públicas ECOBICI.	BRT, metro y autobuses metropolitanos.	Metro, autobuses y Trasantiago (BRT).	Red de autobuses	Autobuses, metro, trenes urbanos, teleférico, tranvía y ferry.	Regional y transfronteriza, se admite en autobuses, metro y ferry.
<b>Transbordos</b>	Transportes similares.	Cuatro viajes en el transcurso de 2 o 3 horas. Según el boleto.	Ofrece máximo 2 transportes por intervalo de 2 horas	Intervalo de 1 o 2 horas dependiendo del ejemplar de viaje y billete.	Dentro del propio método.	Al intercambiar de forma existe costo de descuento.
<b>Aspectos para destacar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Junta el sistema de bicicletas, aumentando la intermodalidad.</li> <li>Coexiste el Comité de Compensación (CC) en el que</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es una tarjeta que almacena créditos electrónicos monetarios y temporales para el pago de tarifas en el Servicio Público de Transporte de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es una tarjeta sin contacto, que puede ser utilizada por el usuario que la tenga en su poder, por lo tanto, no puede ser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las Tarjetas STM son requeridas para realizar viajes "multitramo" (de 1 hora o 2 horas), así como el pago de una tarifa más económica (esto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite acceder al metro (tube), DLR, tranvía, Thames Clippers, el Emirates Airline (teleférico) y la mayoría de los trenes de National</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>95% de la localidad de Hong Kong la maneja.</li> <li>Dispone de una doble bolsa que acumula dinero en dos monedas (yuanes y dólares</li> </ul>

	<p>intervienen empleados del Metro y Metrobús.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrobús rige y dirige un Fideicomiso Exclusivo que absorbe los capitales cobrados por el CC. El Metro fue el primer método en modelar un SEPP en 2006.</li> <li>• La tarjeta es personal e intransferible. Recuerda no doblarla, romperla, mojarla o maltratarla para garantizar su adecuado funcionamiento.</li> <li>• El transbordo debe de ser entre líneas, y cuenta con 2 horas a partir del 1er ingreso al sistema.</li> </ul>	<p>Pasajeros, administrado por SPTrans, y el Sistema Estatal de Transporte Público Metropolitano Metroferroviario (Metro y CPTM).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con él realizas hasta 4 embarques en diferentes buses, en un lapso de 3 horas. Infórmate de las tarifas y otras opciones para utilizar el Billete Sencillo.</li> <li>• Coexisten rebajas tarifadas para alumnos, adultos mayores y discapacitados.</li> </ul>	<p>bloqueada ante su pérdida o robo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obtiene por \$ 1.550 (sólo la tarjeta) en Centros bip, boleterías de Metro y comercios autorizados.</li> <li>• Su saldo se encuentra sujeto a caducidad, luego de 2 años de inactividad, lo que puede ser extendido por 1 año más.</li> <li>• La Tarjeta bip personificada admite anular la tarjeta y recobrar el dinero en caso de hurto.</li> <li>• En 2003 se efectuó la tarjeta Multivía en el metro, no admitía la interoperabilidad, ¡entonces se reemplazó el método existente por Tarjeta bip!</li> </ul>	<p>incluye gratuidades, boletos subsidiados o tarifas normales a precio menor).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatismo dual como cartera electrónica.</li> <li>• La administración de Montevideo es comprometida de la gestión, seguridad de los datos y el diseño de la técnica.</li> <li>• Admite el pospago, descontando de la tarjeta de crédito del consumidor.</li> <li>• Es más segura, ya que no es necesario contar con efectivo y en caso de extravío o hurto, al ser tarjetas nominadas, se pueden bloquear y no perder el importe cargado.</li> </ul>	<p>Rail pagando siempre la tarifa más económica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al detectar tanto el punto de inicio del trayecto como el punto final, la Oyster Card calcula automáticamente el precio del viaje permitiéndote optimizar los traslados en Londres y asegurarte de no pagar de más.</li> </ul>	<p>americanos) admitiendo desplazamientos a distintos sitios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registra el programa de entrada de los escolares a las academias.</li> <li>• Actualmente hay más de 17 millones de tarjetas Octopus, lo que la convierte en una de las tarjetas de transporte smartcard con tecnología de radiofrecuencia más vendida y utilizada del mundo.</li> <li>• La tarjeta Octopus no solo fue popular por su diseño fácil de usar, sino también por la seguridad que brinda al usuario.</li> </ul>
<b>Problemas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es importante que consideres que el saldo máximo en la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPtrans incautó o bloqueó más de 286.000 tarjetas, 180.000 por</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cual utilizando tecnología NFC sobreescribía el saldo de alguna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Errores en el banco de datos que contiene el nombre de los estudiantes</li> </ul>		

	<p>tarjeta es de 120.00 pesos en caso contrario quedará inválida.</p>	<p>recarga falsa, sin beneficio para las arcas públicas.</p>	<p>tarjeta con CLP 10.000, se enfrentó un serio problema la gran cantidad de tarjetas modificadas utilizando dinero.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detectando una tarjeta adulterada en la cual su saldo no sigue un flujo lógico en sus datos almacenados.</li> <li>• Esta pasa a formar parte de una lista negra de tarjetas modificadas, las cuales al primer intento de uso normal son bloqueadas para su posterior uso en el sistema.</li> </ul>	<p>o el registro erróneo de las tarjetas al salir de la IMM hacia los locales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuyas tarjetas no funcionan en el primer viaje, deben dirigirse al local donde efectuaron la recarga para corroborar que el trámite haya sido el correcto</li> </ul>		
						

Fuente: [5]

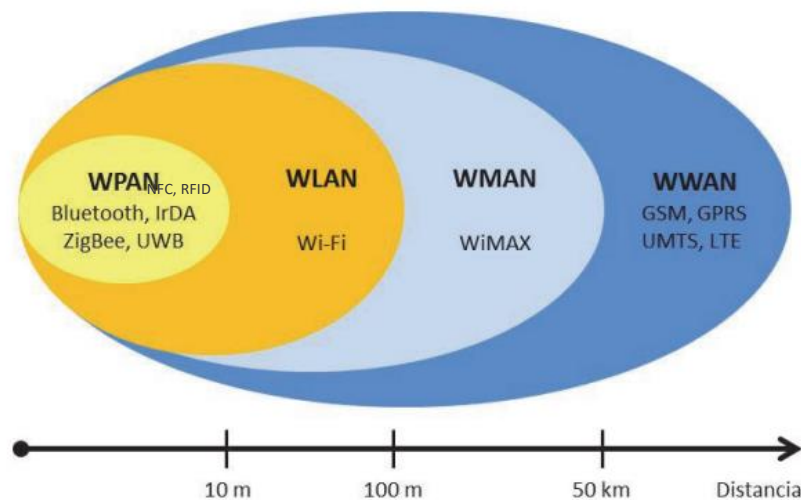
## 2.2. Redes inalámbricas

La comunicación y admisión se realiza mediante antenas. El emisor posee una única antena, pero hay casos en los que puede tener más de una, debido a que existen sistemas que utilizan tres o incluso cuatro antenas. Existen antenas para emisión, recepción o comúnmente antenas que actúan de ambas formas. Las redes inalámbricas principalmente se emplean para generar señales, telefonía móvil, webcam, automatización y en campos como: riego por goteo, voz IP, videovigilancia, entre otros [18].

### 2.2.1. Tipos de redes inalámbrica

Las redes inalámbricas se las puede ordenar en diferentes clases, las cuales varían de acuerdo con su amplitud y trayectoria entre las que tenemos [19]:

- **Wireless Personal-Area Networks (WPAN).** Es una red inalámbrica de área personal que abarcan longitudes de hasta 10 metros, se utilizan para que el cliente conecte su artefacto de utilidad individual a un sistema.
- **Wireless Local-Area Networks (WLAN).** Es la red inalámbrica de área local que alcanza longitudes de hasta 100 metros, se aplican bajo formalidades wifi o bluetooth, se emplean para crear redes de menor precio.
- **Wireless Metropolitan-Area Networks (WMAN).** Es una red inalámbrica de área metropolitana cuya cobertura comprende hasta 50 kilómetros. Estas redes se crean para una zona metropolitana, zona rural o campo universitario.
- **Wireless Wide-Area Networks (WWAN).** Es una red inalámbrica de área extensa de todas las redes inalámbricas descritas anteriormente, las operadoras de telefonía móvil emplean éstos sistemas para ofertar sus servicios y conexiones a sus clientes.

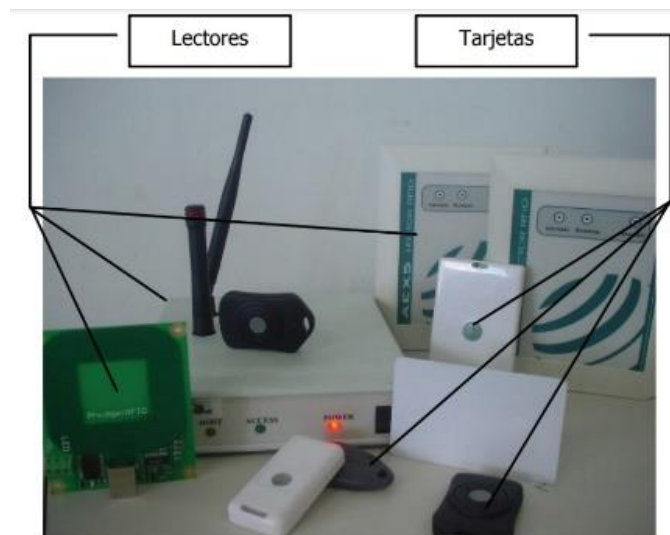


**Figura 2-1:** Clasificación de las redes inalámbricas

Fuente: [20]

## 2.3. Tecnología RFID

RFID podría considerarse como una nueva tecnología, pero surge en la Segunda Guerra Mundial con la finalidad de asemejar cosas. En los años 60 inicialmente se introdujo en el comercio. Existen dispositivos que portan lectores y antenas al mismo tiempo. Las etiquetas están impregnadas en cosas sencillas de rutina como: tarjetas, llaveros, etc [21].



**Figura 2-2:** Dispositivos de tecnología RFID

Fuente: [22]

Constan fundamentalmente de tres partes que se muestran en la figura 2-2 [21]:

- Lectores (Reader): representantes de cuantificar el flujo de datos entre etiquetas y Pc.
- Antenas: comprometidas en el envío y admisión de señales electromagnéticas.
- Etiquetas (tags): portador de un microchip que acumula datos y dispone de una micro antena.

### 2.3.1. Principio de funcionamiento

La tecnología RFID se basa en el lector que remite una sucesión de señales de onda a la etiqueta, mismas que son atraídas por la micro antena. Estas ondas encienden el microchip utilizando la micro antena, absorben la energía de las señales de onda para trasferir su identificador personal y los datos ahí existentes. Las categorías de las frecuencias de trabajo más utilizadas de lectores son: alta (13.56 MHz.), baja (125 KHz.) y frecuencia ultra alta (UHF). Con esta tecnología se captura implícitamente datos del ambiente y los servicios que se prometen son logrados de la misma forma [22].

### 2.3.2. Rangos de Frecuencia

El usuario y la etiqueta RFID necesita estar a una frecuencia de trabajo semejante para enlazarse satisfactoriamente. Existen distintas bandas de frecuencia (tabla 2-2) bajo las cuales operan los sistemas RFID [23].

**Tabla 2-2:** Frecuencias de operación de RFID

Rango de Frecuencia	Descripción	Rangos (metros)
125 y 134 KHz	LF (Baja Frecuencia)	Hasta 0,5
13,56 MHz	HF (Alta Frecuencia)	De 1 a 3
433 y 860-960 MHz	UHF (Ultra Alta Frecuencia)	De 3 a 10
2,45-5,8 GHz	Microondas	Más de 10

Fuente: [23]

### 2.3.3. Estándares

La intercomunicación de tags con lectores se ve perjudicada por estándares, estableciendo los registros de memoria, y los registros de conexión a estos por parte del consumidor. La administración de los estándares RFID, se rige a diferentes organizaciones [24]:

- ISO: Organization International for Standarization.
- IEC: International Commosion Electotechnical.
- ETSI: European Institute Telecommunications Standards.
- ITU: Communication Union International.
- FCC: Federal Communication Comission.
- EPC Global [24].

La norma ISO-1800- 6C (EPC Class 1 Generation 2 o EPC Gen2) actualmente dispone la tecnología RFID. El trabajo realizado por el tag se define como la Class, mientras que las características físicas y lógicas corresponden a la Generation. EPC es una compañía particular, que recomendó este reglamento a ISO y fue reconocida y admitida en 2006. Bajo la normativa vigente quedó abandonada la ISO-1800-6b para el uso de los tags [24].

### 2.3.4. Aspectos de seguridad, privacidad y confidencialidad

La implementación de sistemas RFID sobrelleva grandes beneficios, el déficit de este sistema se debe a que cualquier persona, haciendo uso de un escáner, puede revelar cualquier tipo de datos que portan dichas tarjetas. Por lo que los sistemas RFID deben defenderse en gran medida de [25]:

- Apreciaciones erróneas, con la finalidad de tener datos o alterar información de manera fraudulenta.

- Tarjetas alteradas en zonas restringidas, tratando de evadir la seguridad de los sistemas ingresando a sitios no permitidos u obteniendo servicios de pago sin previa cancelación.
- Lecturas o escaneos fraudulentos con la finalidad de duplicar información y clonar tarjetas falsas.

### **2.3.4.1. Aspectos de seguridad**

Un aspecto importante dentro de las nuevas tecnologías inalámbricas es la seguridad, a veces acogemos estas tecnologías sin tomar en cuenta que tan segura es, pensamos en las computadoras (virus), en la web (posibles ataques a través de internet), etc. RFID es una tecnología conveniente, si no brinda una buena seguridad tendrá complicaciones en el momento de brindar el servicio, puede darse el robo de información personal y confidencial. Esta tecnología se está empleando considerablemente en aplicaciones sin tomar en cuenta la seguridad [25].

Según Adi Shamir (profesor del Instituto Weizmann) es admisible monitorear el nivel de las tarjetas RFID a través de un osciloscopio y una antena direccional. Esto genera patrones que servirán para decidir si la clave es o no aceptada por el módulo RFID. Empleando este fundamento y complementándolo con un dispositivo móvil se pueden ver afectados los datos que se transfieren vía RFID. A modo de prueba, un conjunto de personas de Free University (Holanda) crearon virus para RFID, y lograron realizar un software malicioso (malware) que se retenía en una tarjeta RFID, pasaba al módulo lector y finalmente llegaba al sistema de exploración [25].

Para evitar un intruso en el sistema RFID de forma sencilla se debe impedir la interconexión entre el módulo lector y la tarjeta. Se puede recubrir con metales u otro tipo de materiales sólidos. Hay otras maneras de ataques más refinados que tienen por objetivo las comunicaciones de radiofrecuencia, entre los cuales podemos clasificar: Inserción, Spoofing, Replay y Denegación de servicio [25].

- Inserción: en honor a su nombre en esta intrusión, se insertan mandos del sistema donde se espera una serie de datos. Por ejemplo, digitar comandos SQL en una base de información o donde se debería colocar códigos EPC [25].
- Spoofin: proporciona datos erróneos que simulan ser válidos y son aceptados por el sistema[25].
- Replay: en este ataque, se obstaculiza la señal RFID y se clonan los datos en transferencia. Luego retornan al sistema y son validados por el módulo lector [25].
- Denegación de servicio (DOS): Colapsa el sistema acumulando más información de que la que es capaz de manipular. Se genera RF jamming (interferencia) en la que se bloquea la transmisión RF produciendo un ruido muy potente [25]



Como es de esperarse los datos de la tarjeta también pueden ser objeto de ataque. Por ejemplo, si la información contuviera precios de productos, el intruso obtendría un descuento a conveniencia. En 2004 fue creado RF Dump (hecho en Java y compatible con Windows, Linux, etc), empleando un módulo RFID y enlazado al puerto de la computadora, interpretaba la información de la tarjeta y los resumía en un archivo .xls. El intruso cambiaba la información y la reescribía en la tarjeta.

#### **2.3.4.2. Medidas de seguridad para las etiquetas**

Una manera sencilla de eludir la sobreescritura de los datos en las tarjetas es emplear tarjetas de sólo lectura, o no digitar la información directamente en la tarjeta, más bien generar un código único para dichas tarjetas, y mover el resto de los datos a una base de información en el sistema backend, que cuente con un resguardo de información superior al de la tarjeta. Se emplea el método de autenticación para impedir la neutralización no autorizada de tarjetas. Se recomienda utilizar el cifrado de datos cuando la información contenida en la tarjeta sea de carácter frágil o delicado [25].

#### **2.3.4.3. Medidas de seguridad para el lector**

Es imprescindible emplear procesos de autenticación y verificación de datos para hacer efectiva la intercomunicación entre el módulo lector y la tarjeta, de esta forma se puede evadir la intrusión y roba de datos mediante lectores no autorizados. Las soluciones son similares a las que se utilizan en los típicos sistemas computarizados [25]:

- La utilización de estructuras cifradas y procesos fiables, especialmente al nivel de middleware, con métodos típicos de cifrado como es el caso de DES (Data Encryption Standard).
- Buffers para evasión de intrusos de prohibición de servicio.
- Observación de guías de sucesos, con la finalidad de encontrar eventos ilegales.
- Realizar la comprobación de fuente, para los intrusos que reemplazan las direcciones TCP/IP.
- Utilizar la protección para el DNS.

#### **2.3.5. Ventajas**

El uso de los sistemas con tecnología RFID autoriza que todos los elementos participantes tengan un artículo perfectamente ubicado y controlado. Esto es conocido como supply chain visibility, puesto que hace evidente todo el proceso en la cadena de suministro de dicho artículo. Entre las principales ventajas obtenidas podemos mencionar [26]:

- Incremento de la eficacia en el proceso de distribución, con toma de lecturas más ligeras y exactas. Incremento de la velocidad del manejo de los materiales y consigo la disminución de costos. Además, optimización en el tiempo de organización de pedidos gracias a la facilidad en la identificación de mercancía.
- Modernización en predicciones, así como en la planificación comercial.
- Reconocimiento de la posición de elementos específicos.
- Disminución de errores en los datos de los artículos.
- Percatarse del traslado interno de artículos.
- Desechar la función improductiva de registro de información.
- Aumento de control de calidad en los artículos.
- Optimización en la reutilización de artículos.
- Aminorar robos.
- POS (Point of Sale) automatizados. Permite facturación de ítems sin identificarlos visual o únicamente.

### **2.3.6. Aplicaciones de la tecnología RFID**

La propiedad fundamental de la tecnología RFID es la facultad de reconocer, hallar, vigilar a individuos o cosas sin que haya una percepción inmediata a través del protocolo y lector. Existen muchas aplicaciones de esta tecnología en los distintos campos del conocimiento, entre los que tenemos: el transporte urbano [26].

#### **2.3.6.1. Transporte urbano**

La tecnología RFID optimiza el prestigio del servicio a los beneficiarios del transporte urbano, en dos elementos que son [26]:

- Precisión de tiempos de llegada

Permite obtener un informe de la ubicación de un bus en particular y en composición con un GPS, se puede determinar el tiempo de expectativa ya que cada bus lleva una tarjeta RFID que lo reconocerá y en cada parada se colocará una antena que localizará la información de esa tarjeta. Además, a través de este medio se puede aprovechar los datos para controlar y optimizar la administración de los recorridos de buses [26]

- Medio de pago

Es una tarjeta inteligente que transfiere datos electrónicos y que al operar con una tarjeta RFID, los dispositivos la leen solo con una aproximación adecuada sin la obligación de insertarla.

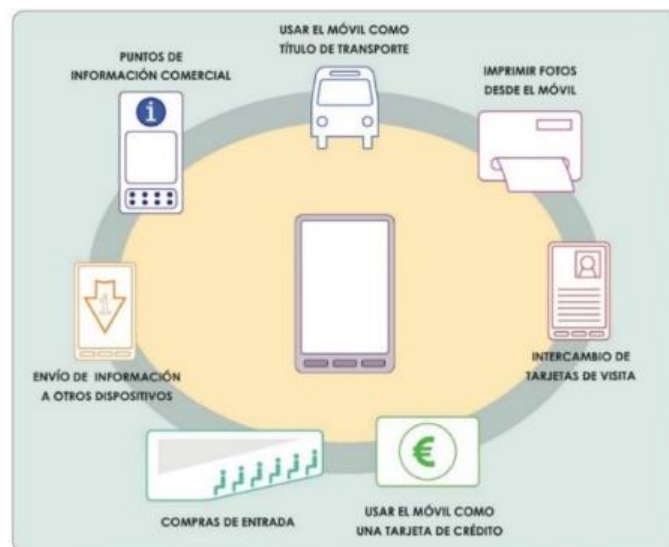
Los clientes de la tecnología RFID tienen los siguientes beneficios:

- Velocidad: disminuye el tiempo del trayecto porque su ingreso al medio de transporte es de manera acelerada.
- Pago y reconocimiento en conjunto: los datos aparecen en la misma tarjeta.
- Confort: el cliente puede hacer muchas recargas.
- Dificultoso de destruir: es una tarjeta fuerte de plástico compleja de destruir.
- Facultad de varios precios según la utilidad.
- La tarjeta funciona en áreas desfavorables, con suciedad, filtraciones y escasa visión [26].

La tecnología RFID tuvo una gran aceptación en España debido a que la empresa Tussam tramitaba el uso de los buses y tranvías urbanos en la localidad de Sevilla. Los usuarios de transporte público se favorecieron de los beneficios del Bonobús que integraba la tecnología RFID. Se observa a los clientes de Tussam ingresar al bus y marcar sin necesidad de extraer sus tarjetas de sus billeteras. Adicionalmente se tiene la oportunidad de comprar tarjetas identificativas tales como: tarjetas para universitarios o tarjetas para adultos mayores. [26].

## 2.4. Tecnología NFC

La tecnología NFC es una innovación inalámbrica de poco alcance y alta frecuencia que admite el cambio de información entre dos artefactos cercanos, comparados como un emisor y receptor de datos como se muestra en la figura 2-3. Estos terminales técnicamente son denominados como Iniciator (produce la transmisión) y Target (recepta la transmisión). NFC trabaja en frecuencia no certificada de 13,56 MHz en un mínimo trecho de lectura hasta de 20cm. Se fundamenta en inducción electromagnética en el que dos tarjetas inductivas próximas comparten energía intercambiando información a cortos trechos [27].



**Figura 2-3:** Tecnología NFC

Fuente: [28]

NFC delimita dos modos de trabajo:

- Modo activo: el Initiator y Target crean alternadamente su propio campo magnético RF (Radio Frecuencia). Los campos RF se desactivan mientras se produce la transferencia de información. Los dos terminales necesariamente deben disponer de una alimentación energética propia [27].
- Modo pasivo: el Initiator produce el campo RF, mientras que el Target modula dicho campo que no requiere una alimentación de energía autónoma, operando como si fuera un transponder. Este modo es relevante en terminales como teléfonos móviles, PDAs que trabajan con acumulador o batería y requieren un óptimo uso energético. NFC se adapta al ahorro energético de los terminales guardando dicha energía para otros procesos [27].

RFID clasifica la innovación NFC utilizada en diversos estudios en contextos reales, ésta tecnología tolera tasas inestables de transacción asegurando la eficacia interna con el fundamento preestablecido. Presenta tasas de transmisión de información de 106, 212 y 424 Kbps, ofrece tasas de transferencia de datos de 106, 212 y 424 Kbps, esperando magnitudes superiores [27].

#### **2.4.1. Seguridad en NFC**

La seguridad de NFC se fundamenta por un corto radio de transferencia de datos. Generando que la tecnología NFC sea segura en la transferencia de datos. La siguiente lista presenta amenazas que afectan el sistema y algunas soluciones para respaldarlas [27]:

- Lecturas secretas (eavesdropping): Hay delincuentes que utilizan dispositivos con tecnología inalámbrica para captar señales ajenas. Una solución viable para este tipo de atentado es plantear un medio fiable de transmisión para la intercomunicación de información [27].
- Corrupción de datos: radica en el intercambio de información y comandos por otros absolutamente diferentes al esperado. Para impedir esta invasión se tiene que examinar la zona RF en exploración mecanismos sospechosos [27].
- Modificación de datos: consiste en conservar la información aceptable, pero errónea. Esto se evita empleando formas de programación de información o una zona fiable, o navegando la zona RF [27].
- Inserción de datos: En el intercambio de información entre terminales se introducen mensajes, ésta tarea solo se completa si se genera un post inicio a la respuesta del dispositivo original. Por tal razón, se debe iniciar la transferencia de la respuesta inmediatamente, plantear un medio fiable de transmisión y verificar la procedencia de la información receptada [27].
- Ataque “Hombre en el medio” (Man-in-the-middle): Su probabilidad de ocurrencia en tecnología NFC es escasa. Plantea series de requisitos arduos de alcanzar en un ambiente real. Para impedirlo se emplea la comunicación activo-pasivo y examinar la zona RF en exploración mecanismos sospechosos [27].

## 2.4.2. Tipos de tarjetas NFC

Existen cuatro tipos de tarjetas creados por NFC Forum que todo terminal NFC debe manejar [25]:

- Tipo 1: basado en ISO 14443 A. Propuesto por Innovision Research & Technology (Topaz™)10. Con una capacidad de hasta 1 Kb y velocidad de transferencia de 106 Kbps. Tarjetas sumamente económicas [25].
- Tipo 2: se basa en ISO 14443 A. Y es proporcionado por NXP Semiconductors11 (MIFARE Ultralight)12. Tiene una capacidad de almacenamiento de 0,5 Kb y velocidad similar al tipo 1. Tarjetas muy económicas [25].
- Tipo 3: se basa en FeliCa13 (derivada de ISO 18092). Propuesto por Sony, con almacenamiento hasta 2 Kb y una velocidad de 212 Kbps. Costo significativo, pero indicado para usos más complejos [25].
- Tipo 4: Basado en ISO 14443 A/B. Diferentes son los productores que suministran éste tipo de tarjetas. Almacenamiento de hasta 64 Kb y velocidad en el intervalo de 106 Kbps a 424 Kbps [25].

## 2.4.3. Aplicaciones de la tecnología NFC

La tecnología NFC actualmente tiene prestigio y está en desarrollo, por lo que sus aplicaciones son incalculables, entre ellas tenemos en el transporte [29].

- Transportes. En el campo del transporte, la tecnología NFC se utiliza en diversas áreas, generando un beneficio a los usuarios.
- Utilidades que conceden hospedaje, como la asignación de ticket y designación de transporte en los smartphones, beneficiando su verificación desde el dispositivo y los otros componentes de ingreso.
- Contribuciones para detectar nuestra ubicación y sugerir los óptimos caminos para nuestra circulación, en los diversos medios de transporte existentes.

## 2.4.4. Ventajas de la tecnología NFC

Con el paso del tiempo y el continuo avance de la tecnología, el metal y billetes de moneda fiduciaria van desapareciendo, debido al uso de los pagos móviles y al uso de la tecnología NFC para las transacciones financieras acorde a las solicitudes del usuario. Esta tecnología trae ventajas como: permitir transacciones rápidas y seguras entre emisor y receptor, en este caso se refiere a pagos en transporte público, donde el tiempo de conexión NFC entre los dos dispositivos es de solo 0,1 segundos, y todo se hace automáticamente, por esa comodidad y rapidez, tecnología tiene gran importancia [30].

## 2.5. Evaluación de las tecnologías inalámbricas RFID y NFC

La evaluación de las tecnologías RFID y NFC, se la realizó mediante la tabla 2-3 Comparativa de los Diferentes Indicadores, después de una revisión bibliográfica de varios autores como [31], [32].

**Tabla 2-3:** Comparación entre tecnologías inalámbricas

	<b>NFC</b>	<b>RFID</b>
<b>Definición</b>	Sus siglas se refieren al vocablo comunicación de campo cercano debido a su alta tasa de transferencia.	Por sus siglas identificación o comunicación por radio frecuencia, se basa en un sistema de acumulación y recuperación de información a través de tarjetas, etiquetas y tags compatibles con RFID.
Estándar	ISO/IEC 7816, ISO/IEC 14443	ISO/IEC 14443, ISO/IEC 15693, ISO/IEC 18000
Particularidades y características	Conexión directa y fiable entre dispositivos con NFC. Los elementos establecen una conexión únicamente cuando los transmisores NFC están pegados y alineados. Protección relativamente alta por la distancia o alcance de comunicación de los dispositivos.	La tarjeta solo lectura: contiene un código singular de identificación y establecido en el momento de su manufactura. La tarjeta lectura y escritura: permite la edición de los datos a conveniencia del lector. La tarjeta anticolidión: admite que el lector escanee muchas tarjetas de manera simultánea, siempre que las mismas se encuentren dentro del rango de cobertura.
Tasa de transferencia	424-848 Kbps	106-424 Kbps
Frecuencia de funcionamiento	13,56 MHz	Tipo A 125kHz Tipo B 125kHz – 134,2 kHz
Cantidad de dispositivos que pueden interactuar	2	2
Tiempo de inicialización	< 0,1 ms	< 0,1 ms
Alcance	< 10 cm	< 3 m
Seguridad	Alta pero dependiente de cercanía entre dispositivos	Vulnerable
Costo de equipos	Mediano	Bajo
Objetivo	Minimizar la correlación entre mecanismos electrónicos	Rastreo de objetos y monitoreo de acceso
Comunicación	Dos vías	Una vía
Experiencia de conexión	Con un toque simplemente	Sin configuración alguna

Escaneo simultáneo de tarjetas	No	Si
Ventajas	<p>Sin lugar a duda la conexión instantánea de alta velocidad constituye la principal ventaja de ésta tecnología. Esto recompensa la corta distancia de comunicación que posee.</p> <p>Mayor seguridad en el proceso de comunicación.</p> <p>Tasa de transferencia de información significativamente alta.</p> <p>Automatización en sus diferentes aplicaciones, y áreas del conocimiento.</p> <p>Esta tecnología se encuentra en auge de estudio y recibe gran aceptación en diferentes campos.</p>	<p>Bases de datos de gran capacidad de almacenamiento.</p> <p>Seguimiento específico para cada elemento.</p> <p>Gran exactitud y confiabilidad en las apreciaciones.</p> <p>Tecnología con vida prolongada.</p> <p>Escaneo de información a distancias considerables.</p>
Desventajas	<p>Como método de pago, la mayoría de los comercios a nivel nacional no disponen tecnología NFC.</p>	<p>Tecnología sumamente costosa para las diferentes disciplinas con relación a otros sistemas que cumplen con las mismas expectativas del usuario.</p> <p>Resulta complicado escanear etiquetas impregnadas en elementos líquidos o metálicos.</p>
Aplicaciones	<p>Transferencia de tarjetas individuales electrónicas aproximando dos dispositivos móviles.</p> <p>Las tarjetas de identificación posibilitan reconocer a un usuario en especial.</p> <p>La tarjeta de recogida o permutación permite extraer datos de un producto o servicio determinado.</p>	<p>Revisión de listas en establecimientos.</p> <p>Para logística y gestión de inventarios.</p> <p>Tarjetas RFID en la industria alimentaria, hospitalaria, en bibliotecas, regulación de accesos y permisos.</p> <p>Tarjetas RFID para tiendas y centros comerciales.</p>

Fuente: El autor

## 2.6. Sistema de cobro inteligente

Un sistema de cobro inteligente es un grupo de dispositivos que se utilizan en diversos aspectos financieros que facilitan los cobros en línea o en negocios de manera presencial. Es un sistema de herramientas, procedimientos y formas de transferencia de dinero interbancario para realizar pagos o adquirir diversos productos o servicios, como alquiler, cuotas escolares, pagos mensuales de automóviles, cuotas de acondicionamiento físico, entre otros [33].

La tecnología inalámbrica está desplegándose como un nuevo canal de pago debido a su alta eficiencia, ya que su velocidad de pago y seguridad demuestran ser una herramienta fácil para los usuarios. Esta tecnología inalámbrica se presenta de varias maneras [33]:

- La recarga de una tarjeta directamente en el teléfono.
- La billetera en la tarjeta, y la misma billetera que es manejada por la compañía administradora de fondos.
- Las transacciones directamente en la cuenta de su operador de telefonía móvil.

### **2.6.1. Objetivos del sistema de cobro**

El sistema de cobro inteligente pretende varios objetivos de los cuales se puede resaltar [1]:

- Conceder un holgado y veloz ingreso de los pasajeros al servicio de transporte sin incrementar el tiempo y los valores de operación.
- Perfeccionar la inspección de la venta de pasajes y la administración de la compañía de transporte, por medio de la gestión de la información grabada en el sistema.
- Proporcionar alta seguridad al proceso de cobro de pasajes.
- Facilitar la incorporación de cobros entre las operadoras de tránsito o los diversos medios.

## **2.7. Introducción de tecnologías inalámbricas en sistemas de cobro inteligente**

La facilidad de cobro mediante la tecnología NFC brinda comodidad al usuario. Para las transacciones existes micro pagos de hasta 20 dólares que se efectúan sin necesidad de utilizar una clave de seguridad. Es recomendable añadir un código secreto para compras de montos superiores [34], éste método propone los siguientes requisitos:

- Seguridad: la aplicación de transporte que soporta el medio de almacenamiento debe garantizar el más alto nivel de seguridad, lo que significa total compatibilidad con los elementos de seguridad existentes en Riobamba, garantizando así la imposibilidad de clonar o manipular el contenido.
- Compatible: se debe garantizar su uso en cualquier medio de transporte con tecnología sin contacto; que actualmente utilice el transporte público en la ciudad de Riobamba.
- Adaptativa: debe permitir soluciones comerciales y ser válida para todo tipo de cargas de trabajo y validaciones.

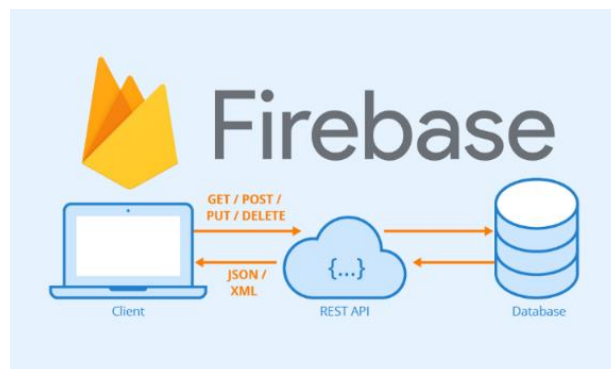


La tecnología NFC aumenta la capacidad de los terminales móviles para interactuar con el ambiente. Si la comunicación mediante datos móviles posibilita el pleno ingreso al mundo en línea (Facebook, e-mail, navegación, etcétera.), esta tecnología abre la probabilidad de reconectarnos con el planeta, permitiéndose hacer pagos presenciales o virtuales con tarjeta [35].

La norma ISO 14443 A y B define que la transacción se genera por medio del protocolo de intercomunicación compatible con tecnología inalámbrica, para la aplicación de tarjetas inteligentes sin contacto en el transporte público. Las inversiones económicas hechas para la utilización de los tickets inteligentes son altas en relación con los grupos de control, forma de pago y sistema de administración. NFC optimiza dichas inversiones haciendo más fácil la entrada y maneras de pago del servicio para los consumidores [35].

## 2.8. Bases de datos en tiempo Real Firebase

### 2.8.1. Firebase



**Figura 2-4:** Firebase

Fuente: [36]

Es una serie de instrumentos dirigidos a la elaboración de apps de alto rendimiento, expansión de los usuarios y aumento de su patrimonio. Se detalla la organización como una sala de software que facilitará el progreso del programa, como se indica en la figura 2-4. Firebase tolera planificar aplicaciones acordes con sistema Android, iOS, Java Script, Node JS, Python, C++, Unity [37].

### 2.8.2. Realtime Database

Basado en tiempo real se logra almacenar información en la aplicación Firebase, dado que admite refrescar la información en los elementos de forma automatizada. La información es compilada con extensión JSON y es posible incorporar normas para autorizar requests con token o solamente URL [37].

### 2.8.3. Authentication

Las aplicaciones distinguen a los beneficiarios, para que la app almacene los datos en la nube de forma segura y ofrezca una práctica única en todos los dispositivos, necesita conocer la identidad de los usuarios Firebase. Authentication suministra trabajos backend, SDK de uso manejable y repositorios de IU generadas con anterioridad para reconocer a los clientes en la app. La autenticación se realiza a través de clave de acceso, número telefónico, proveedores como Google, Facebook y Twitter. Se completa reducidamente en servicios de Firebase y emplea las directrices de la industria OAuth 2.0 y OpenID Connect, anexándose fácilmente con el backend [37].

### 2.9. Módulos de desarrollo Mode MCU ESP8266

NodeMCU V3 NodeMCU una placa o tarjeta Wifi designada ESP8266 y compatible con IDE Arduino, también se indican las características como se presenta en la figura 2-5 [37]:



**Figura 2-5:** MCU ESP8266

Fuente: [37]

Se implementa en cualquier esquema IoT. Se coloca cerca del ESP8266 y muestra sus pines en las secciones laterales. Incorpora un regulador de voltaje y un puerto USB de programación. El lenguaje de programación que maneja es LUA o IDE de Arduino [37].

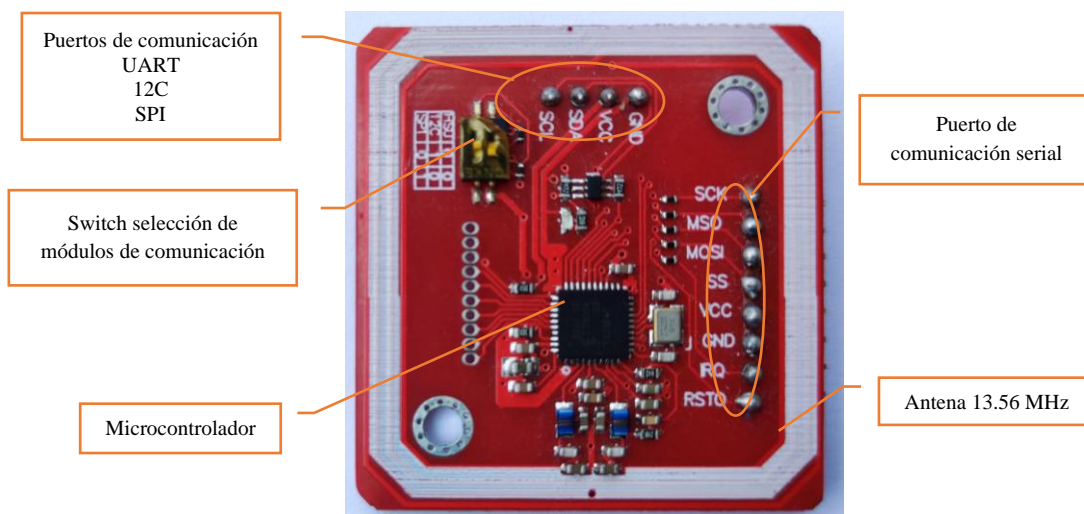
Utiliza una amplia comunidad e información que permite vincular terminal al exterior a través de Wifi. El sistema operativo se instala directamente, puesto que utiliza un adaptador USB CH340 sin embargo en ciertas ocasiones requiere la instalación del driver requerido [37].

Características:

- Procesador: ESP8266, velocidad de 80MHz (3.3V) (ESP 12E)
- Memoria de 4MB y FLASH (32 MB)
- WiFi 802.11

- Regulador integrado 3.3V de 500mA
- USB-Serial adaptor CH340G
- Auto-reset función
- 9 pines de entrada y salida con I2C y SPI
- Entrada analógica de 1.0V max
- RESET interruptor
- Alimentación externa de 20V max

## 2.10. Módulo NFC PN532 – 13.56Mhz 3



**Figura 2-6:** Módulo lector RFID-NFC basado en el sensor PN532

Fuente: El autor

SunFounder PN532 NFC RFID Module, en la figura 2-6 se muestra las partes del módulo de transferencia integrado de conexión de campo próximo a 13,56 MHz. Mediante el switch de mando integrado es posible variar los modos I2C, SPI y UART. Para elección de usuario el cambiador de nivel integrado maneja una tensión de trabajo específico (3,3 o 5) V. Permitiendo medidas y escritura RFID y convenientemente la aplicación de dispositivos Android con tecnología NFC [38].

Características:

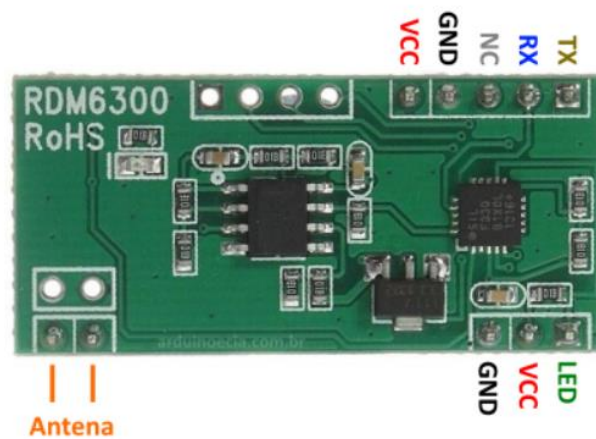
- Maneja I2C, SPI y HSU (UART alta velocidad).
- Trabaja en modo NFC y lector/escritor RFID
- El regulador de tensión integrado de 3,3 V provee una tensión de trabajo específico (3,3 o 5) V a conveniencia del usuario.
- Distancia máxima de 3 cm para la transferencia.
- Orificios de acoplamiento de 3 mm, favorable manipulación.

## 2.11. Módulo Lector RFID RDM6300 125 kHz

El módulo RDM6300 es un módulo de lectura de tarjetas RFID que dispone de una frecuencia de 125KHz y dispone de una interfaz serie (UART) para la comunicación, facilitando su uso y conexión con otros microcontroladores que disponen de dicha interfaz de comunicación [39].

Características [40]:

- Antena exterior
- Distancia de lectura máxima 50 mm.
- 100 ms de decodificación
- Soporta tarjetas de lectura única, escrituras relacionadas con EM4100
- Diseño de bordes pequeños
- Interfaz UART



**Figura 2-7:** Módulo Lector RFID RDM6300 125KHz

Fuente: [39]

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

La “metodología” es el estudio del método, abarca la justificación y discusión de su lógica interior, el análisis de los diversos procedimientos concretos que se emplean en las investigaciones y la discusión acerca de sus características y cualidades [41]. El objetivo del presente proyecto de investigación es evaluar las tecnologías inalámbricas y relacionarlas con el sistema de cobro inteligente en cada proceso de pago.

#### 3.1. Tipo de Investigación

##### 3.1.1. Enfoque de la investigación

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo, es decir, de carácter objetivo, pues se encarga de recopilar, procesar y analizar información de diversos elementos contables, cuantificables y medir a través de una muestra de estudio. Los resultados exponen clasificaciones de información y descripciones de la realidad para experimentar la inferencia causal donde se explica por qué las cosas suceden o no de una forma específica [42].

##### 3.1.2. Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación por el objetivo y el grado de conocimiento en el campo es de tipo explicativo, porque no solo se realiza una descripción, sino que se explican las razones y causas que generan la ocurrencia de dicho fenómeno. Por la fuente de datos esta investigación es documental ya que se busca, analiza e interpreta datos primarios y secundarios en fuentes documentales y también de campo porque los datos se recogen en el lugar de los hechos sin manipular ninguna variable.

##### 3.1.3. Diseño de la investigación

La investigación es aplicada, pues busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo [42]. Conocida también como práctica o empírica, su función principal nos ayuda a aplicar los conocimientos obtenidos en el transcurso de la carrera y canalizarlos en la práctica de la investigación, juntamente con la teoría se obtienen resultados concretos y precisos.

## **3.2. Métodos y Técnicas de la investigación**

### **3.2.1. Método experimental**

El investigador trabaja con dos variables, controlando el aumento o disminución de estas variables y su efecto en el comportamiento observado. Un experimento es generar un cambio en el valor de una variable independiente y observar su efecto en otra variable dependiente. Esto se ejecuta bajo parámetros altamente controlados, indicando de qué forma o por qué razón se obtiene una situación particular [43]. En la investigación se utiliza el método experimental porque permite plantear una hipótesis cualitativa, que posteriormente se analizará mediante el planteamiento de dos variables para la demostración de dicha hipótesis, este proceso se realizará en un ambiente real.

#### **3.2.1.1. Método hipotético deductivo**

Es aquel método que define un problema a partir de la observación. A través de la inducción el problema se consigna a una teoría y la hipótesis se elabora del estudio del marco lógico, que mediante el razonamiento deductivo se valida empíricamente.

#### **3.2.1.2. Experimentos confirmatorios**

A través de esta experimentación se debe comprobar una tesis originalmente planteada. Esto se realiza con la prueba de la hipótesis establecida inicialmente y siguiendo los métodos y protocolos establecidos para la experimentación [42].

### **3.2.2. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos son métodos que permiten recopilar y medir información a partir de múltiples fuentes con el objetivo de obtener un panorama íntegro, que permita evaluar los resultados y predecir futuras tendencias [44]. Para la recolección de los datos se utilizó como técnica: la encuesta y como instrumento: un cuestionario de diez ítems, dirigido a los usuarios del transporte público, de taxis de la Cooperativa “La Cerámica”. La validez y la confiabilidad del instrumento se la realizó con una prueba piloto a veinte usuarios de servicio de transporte de taxis, su cálculo se obtuvo mediante el software SPSS.

El coeficiente de fiabilidad se obtuvo a través de Alfa de Cronbach utilizado para los ítems del instrumento, obteniendo un resultado 0,854, que refleja una confiabilidad aceptable, porque se encuentra en el rango 0,7 a 0,9. Es decir la consistencia interna del instrumento es

aceptable y procede su aplicación. Wireshark es el analizador de protocolo de red más importante y ampliamente utilizado del mundo. Le permite ver lo que sucede en su red a un nivel microscópico y es el estándar en muchas empresas comerciales y sin fines de lucro, agencias gubernamentales e instituciones educativas.

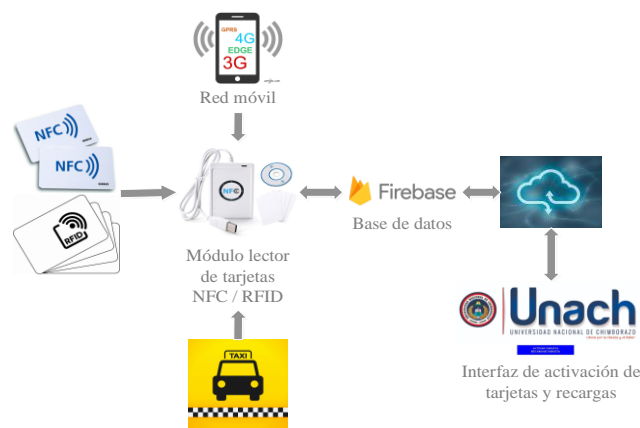
El desarrollo de Wireshark prospera gracias a las contribuciones voluntarias de expertos en redes de todo el mundo y es la continuación de un proyecto iniciado por Gerald Combs en 1998. Wireshark tiene un rico conjunto de características que incluye lo siguiente[45]:

- Inspección profunda de cientos de protocolos, y se agregan más todo el tiempo
- Captura en vivo y análisis fuera de línea
- Navegador de paquetes estándar de tres paneles
- Los datos de red capturados se pueden explorar a través de una GUI o a través de la utilidad TShark en modo TTY
- Los filtros de visualización más potentes de la industria
- Se pueden aplicar reglas de colores a la lista de paquetes para un análisis rápido e intuitivo

Para el análisis de los tiempos de transacción de ambos grupos de tarjetas se realizó mediante el software Wireshark. Los datos se tomaron utilizando el móvil como dispositivo de conexión que conecta a la red Wifi. Por otra parte, para la red móvil de teléfono se habilitó un punto de acceso para la computadora con el software de monitoreo, posteriormente en la computadora se activó otro punto de acceso de internet específicamente para el dispositivo de cobro. Una vez acoplada estas secuencias de conexión se comenzó a obtener datos de transacciones en tiempo real.

### 3.3. Escenarios de prueba

Para determinar la tecnología inalámbrica más eficiente se plantea el siguiente escenario de pruebas indicado en la Figura 3-1.



**Figura 3-1:** Escenario de pruebas

Fuente: El autor

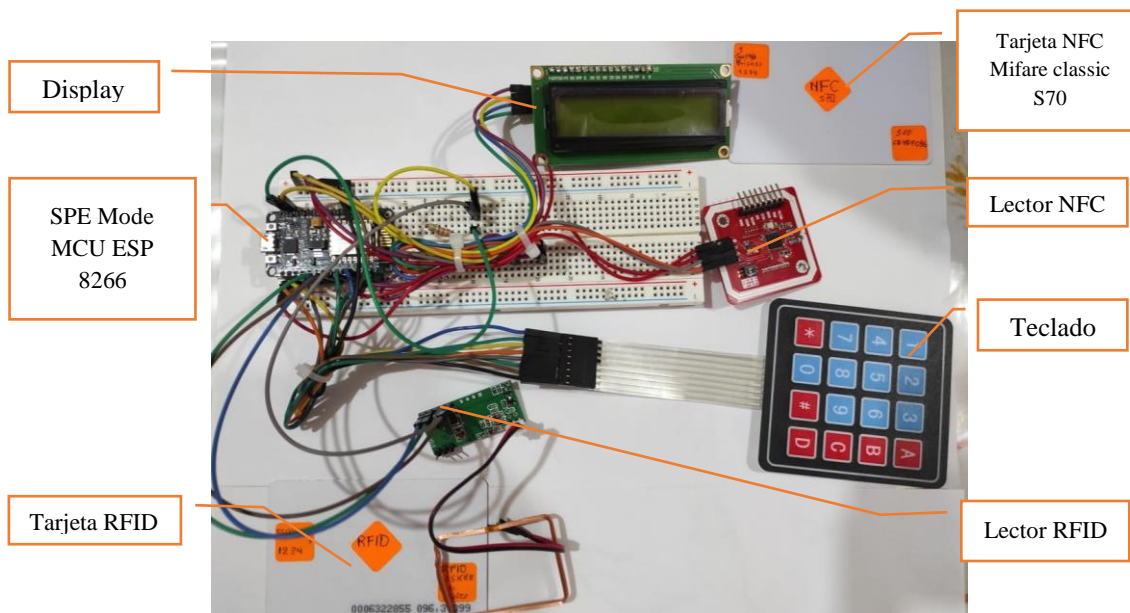
## Etapa I - Diseño del dispositivo para cobro inteligente

Para ensamblar el prototipo se utiliza el módulo lector de tarjetas RFID/NFC 13.56MHZ PN532 y el lector RFID RDM 6300 conectado a la tarjeta de desarrollo NodeMCU ESP8266, éste se conecta a internet mediante una tecnología inalámbrica y permite la interacción directa con la base de datos Firebase en tiempo real, para la visualización de datos por parte del usuario se añadió un display LCD dando como resultado una interfaz amigable y fácil de usar.

Para el cobro de tarifas se incorpora un teclado en el cual los usuarios digitan el valor de la tarifa a descontar, cabe destacar que ésta fase se realiza mediante emulación, ya que las políticas de restricciones y limitaciones para manipular los taxímetros en la ciudad de Riobamba.

Inicia desde una multa por alterar la programación de los mismos sin el consentimiento de la empresa que está a cargo del mantenimiento de los taxímetros, la misma que se llama Sumitrac, es por eso que no se consideró la extracción y vinculación del dato de la tarifa directamente del taxímetro hacia el módulo del sistema de cobro.

La alimentación se toma de un puerto usb encontrado usualmente en cualquier automóvil, en la última fase de esta etapa se estructura la programación que requiere el módulo NodeMCU ESP8266 para establecer el cobro de la tarifa de la carrera, al mismo tiempo el dispositivo compara los datos con la base de datos en tiempo real, datos como número de id de la tarjeta que realiza la transacción, contraseña de verificación e id del dispositivo que está efectuando el cobro.



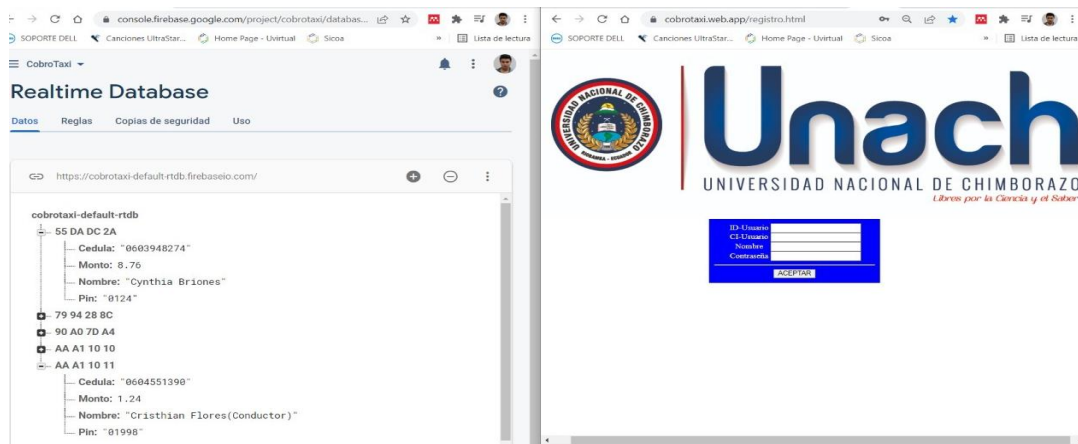
**Figura 3-2:** Dispositivo de cobro inteligente

Fuente: El autor



**ETAPA II** - Diseño de la base de datos, página web de activación, recarga de tarjetas y consulta de saldos en las tarjetas.

La base de datos es creada en la plataforma Firebase, ésta realiza la programación y configuración de autenticación, Firebase modela un entorno para almacenamiento y modificación de datos en tiempo real, permitiendo acceder a esta base de datos mediante una página web y luego manipularla en escritura y lectura. La página web se realiza en lenguaje HTML que tiene una interfaz básica y fácil para el manejo de los digitadores quienes se encargaran de la activación y recargas de las tarjetas.

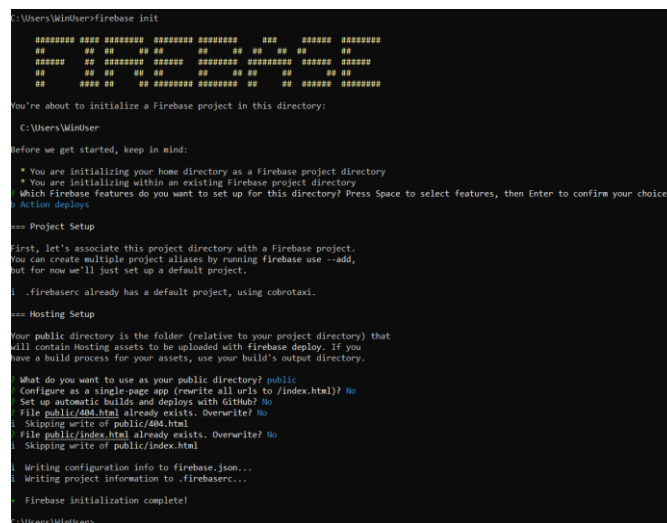


**Figura 3-3:** Diseño de la base de datos

Fuente: El autor

### ETAPA III – Vinculación del dispositivo de cobro con la base de datos

En esta etapa se vincula el dispositivo de cobro inteligente con la base de datos generada en firebase con anterioridad, para ello es necesario que en la misma programación se inserten credenciales de la base de datos y a su vez la vinculación de la página web con la base de datos.



**Figura 3-4:** Vinculación del dispositivo y base de datos

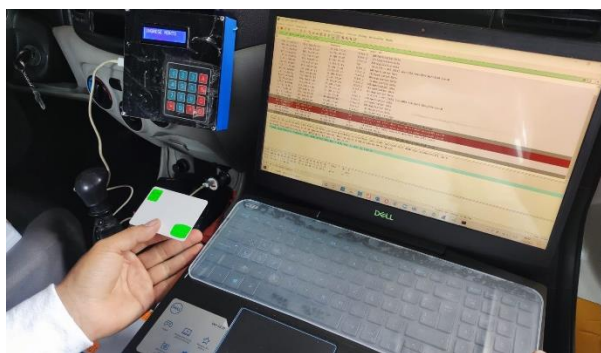
Fuente: El autor

Para iniciar se instaló el programa node, mediante el cual se instaló las herramientas de firebase, además, todos los archivos de la página web fueron guardados en la carpeta public, en documentos de la computadora anfitriona, mediante el comando firebase deploy se enlaza la página web con el hosting de firebase y se obtiene el dominio de la página web.

## **ETAPA IV – Pruebas**

### **Determinación de sectores y puntos de ubicación para la recolección de datos**

Para la evaluación de las tecnologías inalámbricas del sistema de cobro inteligente que se implementará en la ciudad de Riobamba, se observó que la ciudad cuenta con 5 parroquias urbanas, se escogió un punto de acceso wifi gratuito y uno móvil por cada parroquia. Se recolectaron cuatro tomas de datos con un parámetro (tiempo de transacción) por cada punto. Ver el anexo C y D.



**Figura 3-5:** Recolección de datos

Fuente: El autor

### **Evaluación de las tecnologías inalámbricas RFID y NFC**

Para la evaluación y elección de la tecnología inalámbrica se realizó tomas de datos tanto con tarjetas RFID y NFC, el experimento generó datos como tiempo de cada una de las transacciones de pago con cada uno de los grupos de tarjetas destinadas para la evaluación, las primeras mediciones se las realizó con las tarjetas Mifare Clasic RFID 1k y para el segundo grupo de mediciones se utiliza tarjetas Mifare Clasic NFC 4K.

### **Ubicación del módulo de cobro dentro de la unidad de transporte**

El conductor y el usuario de la unidad de transporte interactúan obligatoriamente con el módulo de cobro, éste tiene que ubicarse de forma precisa y segura, tomando en cuenta la disponibilidad de espacio dentro del vehículo y el alcance para los participantes.

El módulo de cobro constantemente se ubicó en el tablero del vehículo, además se podrá desplazar libremente dentro del vehículo, para tener mayor facilidad de contacto entre conductor-módulo-usuario, es decir, el conductor ingresará el valor a cobrar,

inmediatamente se trasladará al usuario para que ingrese la contraseña y acerque la tarjeta NFC. La ubicación del dispositivo se puede visualizar en la figura 3-6.

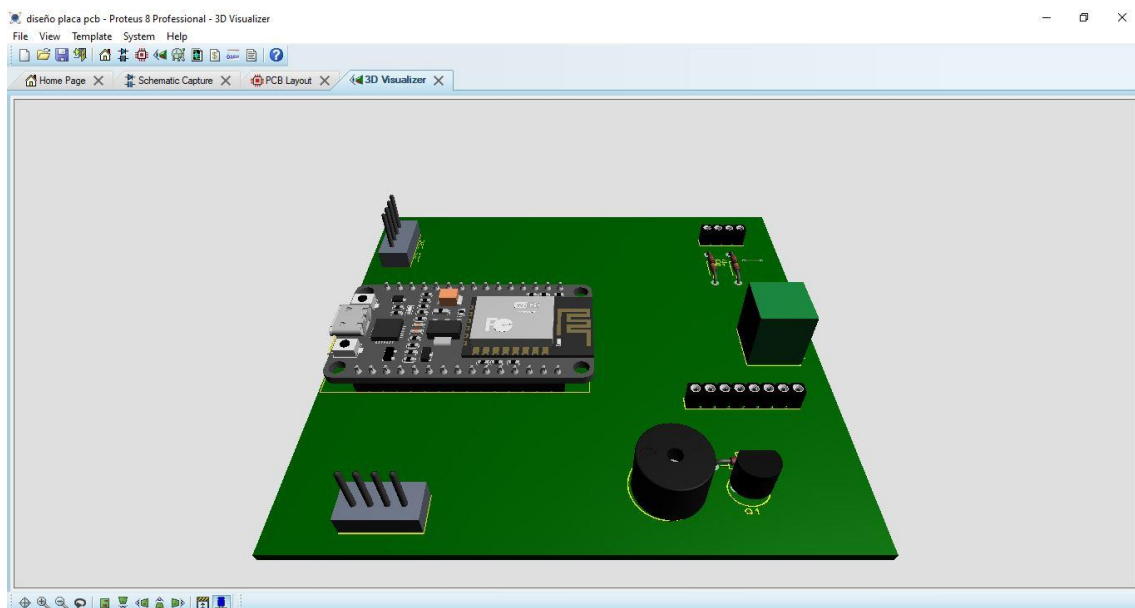


**Figura 3-6:** Ubicación del módulo en el taxi

Fuente: El autor

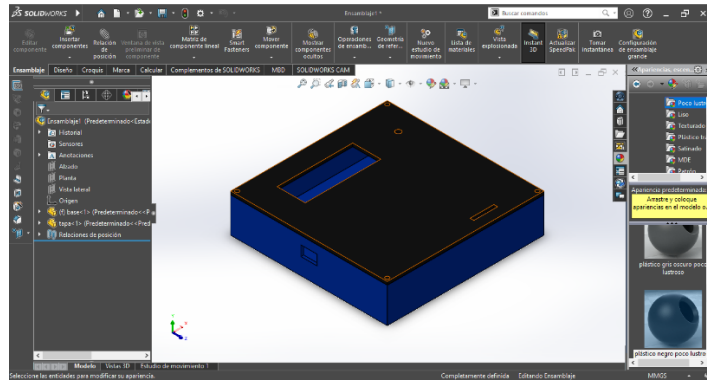
## ETAPA V – Diseño final del prototipo

Para el diseño final del prototipo se ensamblaron todos los componentes en una placa pcb elaborada en el software de simulación Proteus como se muestra en la figura 3-7, tomando en cuenta la ubicación específica para cada componente y la realización del diseño de la carcasa en el software SolidWorks encapsulando estéticamente el módulo de cobro inteligente como se muestra en la figura 3-8.



**Figura 3-7:** Diseño de placa PCB

Fuente: El autor



**Figura 3-8:** Diseño de encapsulado del prototipo

Fuente: El autor

### 3.4. Población de estudio y tamaño de muestra

#### 3.4.1. Población

La población se establece a partir de los tiempos de transacción que se van a evaluar con el sistema de cobro inteligente dentro del servicio de taxis en la ciudad de Riobamba, esta población se rige a los servicios que puede ofrecer la cooperativa de taxis “La Cerámica”.

En esta compañía existe una flota vehicular de cien unidades, en el cual los clientes fijos al día son de ciento cincuenta usuarios los cuales serán la población de estudio.

#### 3.4.2. Muestra

La muestra se establece como la agrupación finita del tiempo de transacción que los usuarios tardan en utilizar las tarjetas con tecnología inalámbrica dentro del sistema de cobro, se la estableció muestra de 20 usuarios con tarjetas mifare RFID-1k y 20 usuarios con tarjetas mifare NFC-4k.

##### 3.4.2.1. Cálculo de la muestra para encuestas

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 * N * p * q}{(N - 1) * e^2 + Z_{\alpha/2}^2 * p * q}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra para una población finita

$Z_{\alpha/2}$  = Nivel de confianza, refleja el margen de confianza (95%)

$N$  = Tamaño población, número de habitantes

$p$  = Probabilidad a favor (50%)

q = Probabilidad en contra (50%)

e = Error de estimación (5%)

$$n = \frac{(1,96)^2 * 150 * 0,5 * 0,5}{(150 - 1) * (0,05)^2 + (1,96)^2 * 0,5 * 0,5}$$

n=108,08 usuarios  
n≈108 usuarios

### 3.4.2.2. Cálculo de la muestra para la obtención de datos

Tamaño de la muestra para una población infinita.

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{e} \right)^2$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra para una población infinita

$Z_{(\alpha/2)}$  = Valor crítico

e = Error de estimación máximo aceptado

$\sigma$  = Desviación estándar

**Tabla 2-4:** Nivel de confianza

Nivel de confianza	$\alpha$	Valor crítico, $Z_{\alpha/2}$
90%	0,10	1,645
95%	0,05	1,96
99%	0,01	2,575

Fuente: [46]

- Estimación de la desviación estándar de las mediciones de prueba realizadas.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

Donde:

$\sigma$  = Desviación estándar

x = Valor tiempo

$\bar{x}$  = Media

n = Número de datos

### 3.4.2.3.test de normalidad

```
> DATOS=c(4.34, 4.84548, 4.46, 4.96, 4.79, 4.57, 4.88, 4.39, 4.51, 4.14)
> shapiro.test(DATOS)

shapiro-wilk normality test

data:  DATOS
w = 0.94964, p-value = 0.6642
```

**Figura 3-9:** Test de normalidad de los datos  
Fuente: El autor

### 3.4.2.4.Cálculo del promedio

$$\bar{x} = \frac{11,81}{10}$$

$$\bar{x} = 1,181$$

### 3.4.2.5.Cálculo de la desviación estándar mediante mediciones de prueba

El cálculo de la desviación estándar se emplea para una muestra, lo que requiere de los cálculos previos de la media, mostrados en la tabla 2-5.

**Tabla 2-5:** Mediciones de prueba

Mediciones de prueba		
Nº	Tiempo	$(x - \bar{x})^2$
1	1,27	0,01
2	1,28	0,01
3	1,39	0,00
4	1,26	0,02
5	1,04	0,12
6	1,15	0,06
7	1,06	0,11
8	1,09	0,09
9	1,10	0,08
10	1,17	0,05
	$\bar{x}$	1,18
	$\sum (x-\bar{x})^2$	0,55

Fuente: El autor

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,55}{10-1}}$$

$$\sigma = 0,11$$

### 3.4.2.6. Determinación de la muestra

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{e} \right)^2$$
$$n = \left( \frac{1,96 * 0,11}{0,05} \right)^2$$
$$n = 19,71$$
$$n \approx 20 \text{ lecturas}$$

## 3.5. Hipótesis y variables

### 3.5.1. Hipótesis General

Una tecnología inalámbrica optimiza el tiempo de transacción en el sistema de cobro inteligente del servicio de transporte público de taxis de la ciudad de Riobamba.

### 3.5.2. Variable dependiente

Sistema de cobro inteligente.

### 3.5.3. Variable independiente

Tecnologías inalámbricas.

## 3.6. Operacionalización de variables

**Tabla 3-1:** Operacionalización de variables

Variable		Concepto	Indicadores	Instrumento
Independiente	Tecnologías inalámbricas	La tecnología inalámbrica se define como la red que permite la intercomunicación entre dispositivos mediante un medio inalámbrico (Aire), intercambiando algún tipo de información para generar un servicio como lo es un proceso de pago.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempo de transacción</li></ul>	Computadora Wireshark

<b>Dependiente</b>	Sistema de cobro inteligente	El sistema de cobro inteligente es el conjunto de dispositivos que trabajando colectivamente permiten llevar a cabo un proceso de pago.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjeta RFID</li> <li>• Tarjeta NFC mifare classic</li> </ul>	Módulo de cobro
--------------------	------------------------------	---	--	-----------------

Fuente: El autor

### 3.7. Métodos de análisis

El estadístico T student sirve para comparar las medias de dos variables independientes, la dependencia o relación entre dos variables a través de una situación hipotética y datos como es el caso de esta investigación. Además, sirve para probar hipótesis enfocadas a distribuciones de frecuencias y contrastar la frecuencia observada con la frecuencia esperada en función con la hipótesis nula (variables independientes).

### 3.8. Recolección de datos

#### 3.8.1. Base de datos RFID y NFC

En la tabla 3-2 se muestra los datos obtenidos mediante el software Wireshark de los tiempos de transacción, utilizando tarjetas RFID y NFC con distintas redes de conexión como Wifi y Red móvil.

**Tabla 3-2:** Tabulación de datos RFID

Nº	RFID (S)		NFC (S)	
	Red Wifi	Red Móvil	Red Wifi	Red Móvil
1	52,42	32,27	1,79	1,27
2	45,41	26,49	1,52	1,17
3	22,08	23,00	2,54	1,67
4	46,68	29,74	4,09	1,54
5	63,43	26,11	4,54	1,11
6	59,95	29,84	2,83	1,06
7	26,21	23,02	4,68	1,55
8	32,46	20,77	1,08	1,77
9	27,66	30,22	4,65	1,10
10	52,75	26,62	1,38	1,64
11	34,95	23,96	2,52	1,39
12	31,89	20,87	0,83	1,80
13	36,01	22,83	1,58	1,86
14	33,70	32,56	4,54	1,82
15	33,28	23,40	1,15	1,46
16	35,47	20,30	3,05	0,90
17	29,90	35,71	5,60	1,05
18	37,14	34,73	2,85	1,51
19	28,45	24,07	3,37	1,04
20	48,21	18,39	1,79	1,38

Fuente: El autor



**Tabla 4-1:** Pruebas de normalidad

TEGNOLOGIA		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RED MOVIL	NFC	0,161	20	0,187	0,929	20	<b>0,148</b>
	RFID	0,167	20	0,148	0,947	20	<b>0,319</b>

Fuente: El autor

### 3.9. Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se utiliza la estadística descriptiva en la elaboración de tablas, gráficos para obtener las medidas de tendencia central y medidas de dispersión también se utilizó la estadística inferencial para comprobar la hipótesis planteada todo esto con ayuda del software IBM SPS Statistic y WISHARK.

## CAPÍTULO IV

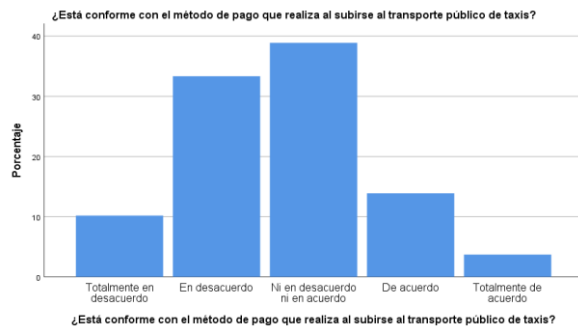
### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis e interpretación de datos

##### 4.1.1. Encuesta

###### Pregunta 1

El 38,9% de los encuestados están ni en desacuerdo ni en acuerdo con el método de pago que realiza al subirse al transporte público de taxis, mientras que el 33,3% están en desacuerdo.

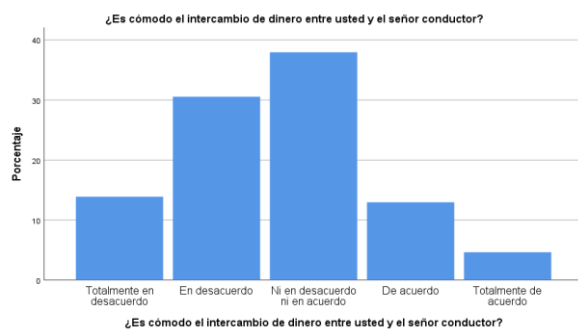


**Figura 4-1:** Histograma 1

Fuente: El autor

###### Pregunta 2

El 38% de los encuestados mencionan que están ni en desacuerdo, ni en acuerdo si es cómodo el intercambio de dinero entre usted y el señor conductor, mientras que el 30,6 en desacuerdo.

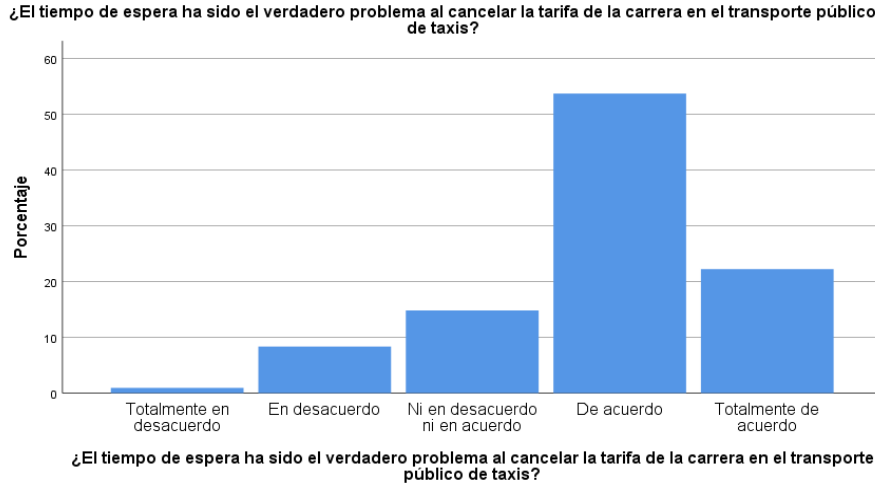


**Figura 4-2:** Histograma 2

Fuente: El autor

### Pregunta 3

A través de la encuesta realizada se observa que el 53,7% están de acuerdo con el tiempo de espera ha sido el verdadero problema al cancelar la tarifa de la carrera en el transporte público de taxis, afirmando con el 22,2% que están totalmente de acuerdo con dicho problema.

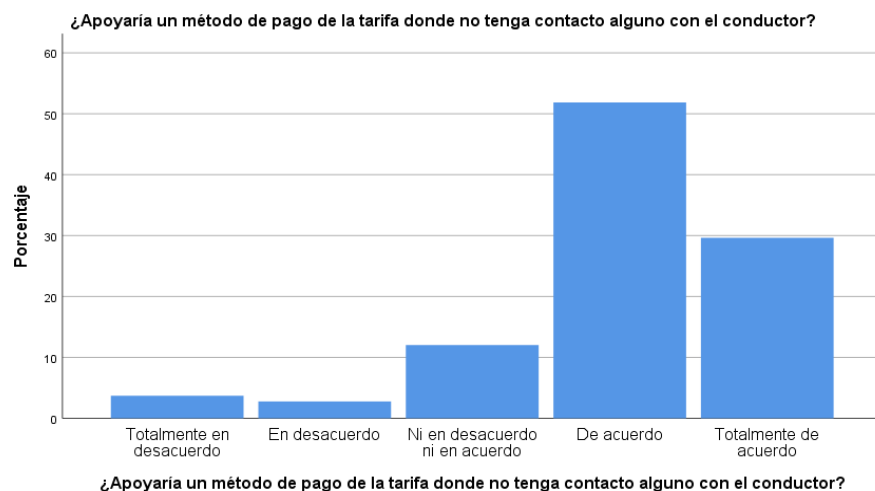


**Figura 4-3:** Histograma 3

Fuente: El autor

### Pregunta 4

El 29,6% de los encuestados están totalmente de acuerdo que apoyaría un método de pago de la tarifa donde no tenga contacto alguno con el conductor, además del 51,9% que también están de acuerdo con la propuesta.

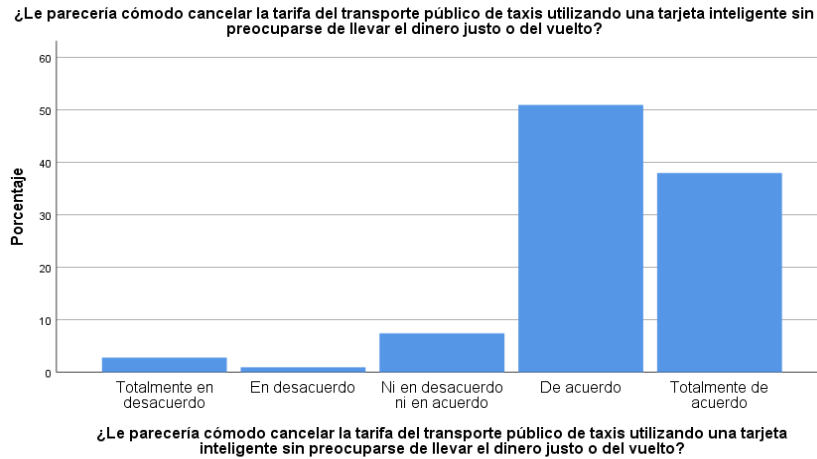


**Figura 4-4:** Histograma 4

Fuente: El autor

## Pregunta 5

El 50,9% de los encuestados están de acuerdo que les parece cómodo cancelar la tarifa del transporte público de taxis utilizando una tarjeta inteligente sin preocuparse de llevar el dinero justo o del vuelto, mientras que 2,8% están totalmente en desacuerdo.

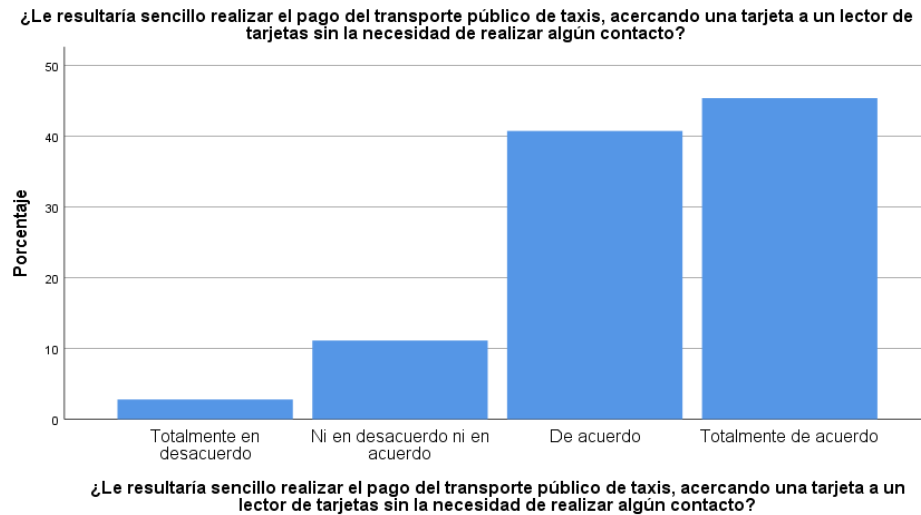


**Figura 4-5:** Histograma 5

Fuente: El autor

## Pregunta 6

El 45,4% de los encuestados menciona que están de totalmente acuerdo, además del 40,7% están de acuerdo con que fuera sencillo realizar el pago del transporte público de taxis, acercando una tarjeta a un lector de tarjetas sin la necesidad de realizar algún contacto, mientras que el 2,8% están totalmente en desacuerdo.

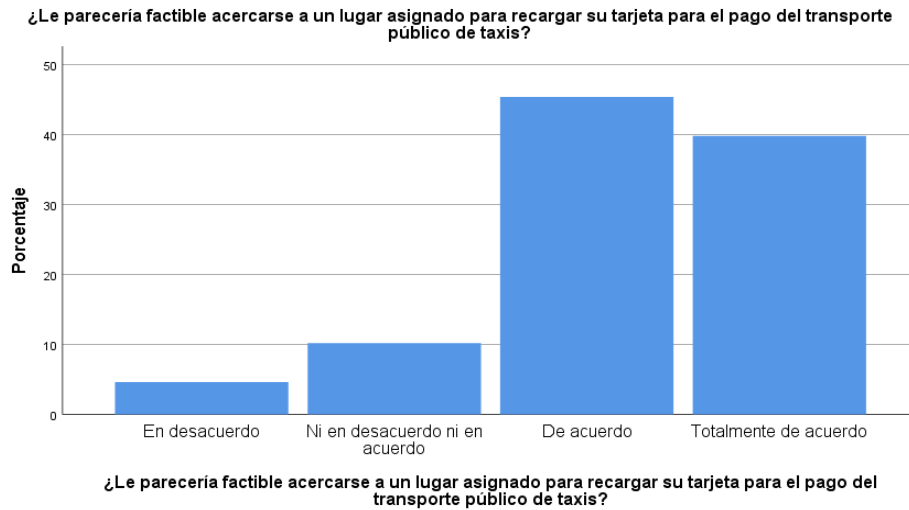


**Figura 4-6:** Histograma 6

Fuente: El autor

## Pregunta 7

El 45,4 de los encuestados están en de acuerdo con que es factible acercarse a un lugar asignado para recargar su tarjeta para el pago del transporte público de taxis, mientras que el 4,6% están en desacuerdo.

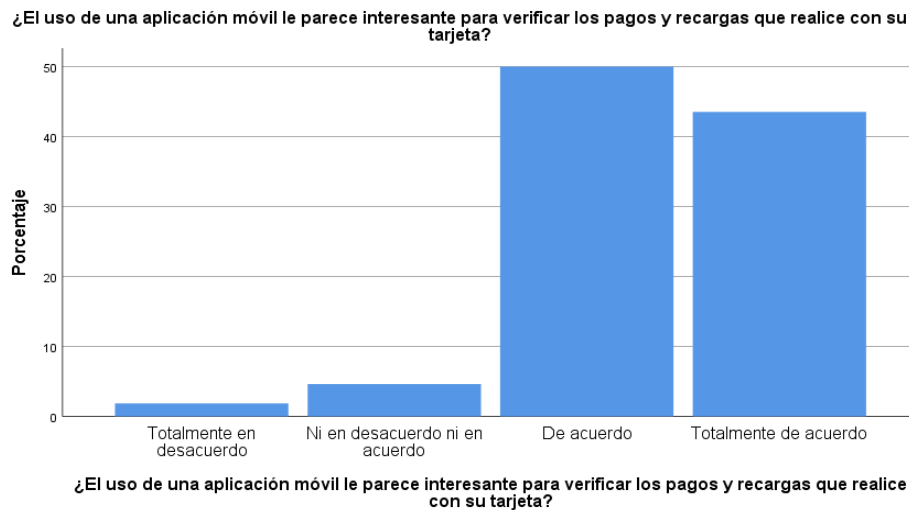


**Figura 4-7:** Histograma 7

Fuente: El autor

## Pregunta 8

El 50% de los usuarios menciona que están de acuerdo con el uso de una aplicación móvil le parece interesante para verificar los pagos y recargas que realice con su tarjeta, mientras que el 1,9% están en desacuerdo.

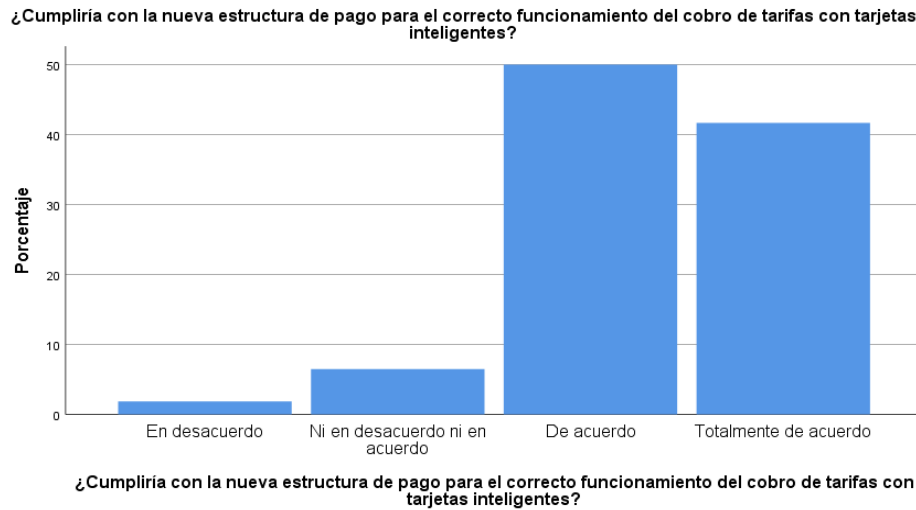


**Figura 4-8:** Histograma 8

Fuente: El autor

## Preguntas 9

El 50% de los usuarios están de acuerdo que cumpliría con la nueva estructura de pago para el correcto funcionamiento del cobro de tarifas con tarjetas inteligentes, mientras que el 1,9% están en desacuerdo.

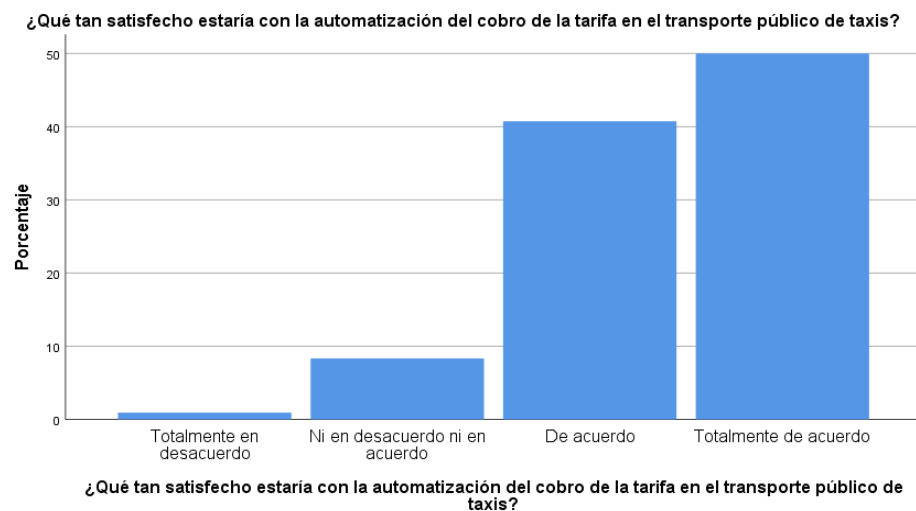


**Figura 4-9:** Histograma 9

Fuente: El autor

## Preguntas 10

El 50% de los usuarios están de acuerdo que estaría satisfechos con la automatización del cobro de la tarifa en el transporte público de taxis, mientras que el 0,9% están en desacuerdo.



**Figura 4-10:** Histograma 10

Fuente: El autor

### 4.1.1.1. Resumen de tabulación de datos

**Tabla 3-3:** Tabulación de datos de la encuesta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>¿Está conforme con el método de pago que realiza al subirse al transporte público de taxis?</b>	Totalmente en desacuerdo	11	10,2	10,2	10,2
	En desacuerdo	36	33,3	33,3	43,5
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	42	38,9	38,9	82,4
	De acuerdo	15	13,9	13,9	96,3
	Totalmente de acuerdo	4	3,7	3,7	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
<b>¿Es cómodo el intercambio de dinero entre usted y el señor conductor?</b>	Totalmente en desacuerdo	15	13,9	13,9	13,9
	En desacuerdo	33	30,6	30,6	44,4
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	41	38,0	38,0	82,4
	De acuerdo	14	13,0	13,0	95,4
	Totalmente de acuerdo	5	4,6	4,6	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
<b>¿El tiempo de espera ha sido el verdadero problema al cancelar la tarifa de la carrera en el transporte público de taxis?</b>	Totalmente en desacuerdo	1	0,9	0,9	0,9
	En desacuerdo	9	8,3	8,3	9,3
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	16	14,8	14,8	24,1
	De acuerdo	58	53,7	53,7	77,8
	Totalmente de acuerdo	24	22,2	22,2	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
<b>¿Apoyaría un método de pago de la tarifa donde no tenga contacto alguno con el conductor?</b>	Totalmente en desacuerdo	4	3,7	3,7	3,7
	En desacuerdo	3	2,8	2,8	6,5
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	13	12,0	12,0	18,5
	De acuerdo	56	51,9	51,9	70,4
	Totalmente de acuerdo	32	29,6	29,6	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
<b>¿Le parecería cómodo cancelar la tarifa del transporte público de taxis utilizando una tarjeta inteligente sin preocuparse de llevar el dinero justo o del vuelto?</b>	Totalmente en desacuerdo	3	2,8	2,8	2,8
	En desacuerdo	1	0,9	0,9	3,7
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	8	7,4	7,4	11,1
	De acuerdo	55	50,9	50,9	62,0
	Totalmente de acuerdo	41	38,0	38,0	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
<b>¿Le resultaría sencillo realizar el pago del transporte público de taxis, acercando una tarjeta a un lector de tarjetas sin la necesidad de realizar algún contacto?</b>	Totalmente en desacuerdo	3	2,8	2,8	2,8
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	12	11,1	11,1	13,9
	De acuerdo	44	40,7	40,7	54,6
	Totalmente de acuerdo	49	45,4	45,4	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
<b>¿Le parecería factible acercarse a un lugar asignado para recargar su tarjeta para el pago del transporte público de taxis?</b>	En desacuerdo	5	4,6	4,6	4,6
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	11	10,2	10,2	14,8
	De acuerdo	49	45,4	45,4	60,2
	Totalmente de acuerdo	43	39,8	39,8	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
	Totalmente en desacuerdo	2	1,9	1,9	1,9

¿El uso de una aplicación móvil le parece interesante para verificar los pagos y recargas que realice con su tarjeta?	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	5	4,6	4,6	6,5
	De acuerdo	54	50,0	50,0	56,5
	Totalmente de acuerdo	47	43,5	43,5	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
¿Cumpliría con la nueva estructura de pago para el correcto funcionamiento del cobro de tarifas con tarjetas inteligentes?	En desacuerdo	2	1,9	1,9	1,9
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	7	6,5	6,5	8,3
	De acuerdo	54	50,0	50,0	58,3
	Totalmente de acuerdo	45	41,7	41,7	100,0
	Total	108	100,0	100,0	
¿Qué tan satisfecho estaría con la automatización del cobro de la tarifa en el transporte público de taxis?	Totalmente en desacuerdo	1	0,9	0,9	0,9
	Ni en desacuerdo ni en acuerdo	9	8,3	8,3	9,3
	De acuerdo	44	40,7	40,7	50,0
	Totalmente de acuerdo	54	50,0	50,0	100,0
	Total	108	100,0	100,0	

Fuente: El autor

#### 4.1.2. Estadística descriptiva de tarjetas RFID y NFC

Tabla 4-2: Evaluación de tarjetas RFID y NFC

		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mín	Máx
						Límite inferior	Límite superior		
NFC	Red Wifi	20	2,82	1,45	0,32	2,14	3,49	0,83	5,60
	Red Móvil	20	1,40	0,30	0,07	1,26	1,55	0,90	1,86
	Total	40	2,11	1,26	0,20	1,71	2,51	0,83	5,60
RFID	Red Wifi	20	38,90	11,60	2,59	33,47	44,33	22,08	63,43
	Red Móvil	20	26,25	5,05	1,13	23,88	28,61	18,39	35,71
	Total	40	32,5738	10,91360	1,72559	29,0834	36,0641	18,39	63,43

Fuente: El autor

Mediante la tabla 4-2, se realiza la estadística descriptiva permitiendo obtener, para las tarjetas RFID con red móvil una media de 26,25 menor a la red wifi, de igual forma con las tarjetas NFC con red móvil le corresponde una media de 1,40 siendo esta la menor. Por lo tanto, entre las tarjetas RFID y NFC, se aclara que la tarjeta NFC presenta un menor tiempo de transacción, demostrado ser la mejor tarjeta entre estas dos.

#### 4.1.3. Comprobación de la hipótesis

Una tecnología inalámbrica optimiza el tiempo de transacción en el sistema de cobro inteligente del servicio de transporte público de taxis de la ciudad de Riobamba.



#### 4.1.4. Planteamiento de hipótesis

$H_0$ : El tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica NFC no es diferente al tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica RFID

$H_1$ : El tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica NFC es diferente al tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica RFID

#### 4.1.5. Nivel de significación

$\alpha = 0,05$

#### 4.1.6. Criterio

$P\_valor < 0,05$ ;  $H_0$  se rechaza y se acepta  $H_1$

#### 4.1.7. Cálculos

**Tabla 4-3:** Prueba de muestras independientes

		Prueba t para la igualdad de medias						
		t	gl	Sig. bilateral	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
RED MOVIL	Se asumen varianzas iguales	-19,926	38	<b>1,03E-21</b>	-23,42968	1,17583	-25,8100	-21,0493
	No se asumen varianzas iguales	-19,926	22,103	1,30E-15	-23,42968	1,17583	-25,8675	-20,9918

Fuente: El autor

#### 4.1.8. Decisión

Como  $P\_valor$  es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que es “El tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica NFC es diferente al tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica RFID”

## 4.2. Discusión

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa que establece el tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica NFC es diferente al tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica RFID; Los resultados obtenidos tiene relación con Pérez [1], ya que mencionan que el sistema de cobro a través del uso de tarjetas inteligentes son ideales con mayor rentabilidad y eficiencia de cobro, menor tiempo de transacción usando tecnología NFC, en países como España y Estados Unidos han implementado tecnologías NFC, con la finalidad de utilizar dispositivos móviles al proceso de pago. Como menciona Villalante [2], en España utilizan las tarjetas T-Mobilitat que permite a los usuarios del transporte público se muevan fácilmente por Cataluña, este método incorpora sistemas avanzados NFC, del mismo modo afirma Pérez [1], en Madrid con el sistema de cobro mediante tecnología inalámbrica se redujo el tiempo de aborados, mejorando los servicios del transporte público. Mientras que Toledo [3], menciona que en Santiago de Chile se ejecuta un método de pago automatizado llamado Tarjeta bip, a través de la utilización de tickets inteligentes que permite al cliente utilizar el transporte público

Carpio [47], menciona que en Ecuador en las ciudades de Cuenca y Guayaquil cuentan con método funcional y exitoso de cobro mediante tarjetas en las unidades de transporte público, por lo tanto, el sistema de cobro del transporte urbano se realiza mediante billetes y monedas. Este sistema ha sido considerado como de primera generación y tiene múltiples complicaciones, una de ellas es el tiempo que se demora el conductor de la unidad en realizar el cobro del servicio, siendo deficiente, afectando a la calidad del servicio de transporte público.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Siendo la hipótesis general: Una tecnología inalámbrica optimiza el tiempo de transacción en el sistema de cobro inteligente del servicio de transporte público de taxis de la ciudad de Riobamba, la que se infiere con el estadístico T student con un nivel de significación del 5%, se obtiene un valor de probabilidad (P\_valor) menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, se ha confirmado que el tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica NFC es diferente al tiempo de transacción de la tecnología inalámbrica RFID
- La encuesta a los usuarios de la cooperativa de taxis “La Cerámica”, de la ciudad de Riobamba, presenta que un alto porcentaje está dispuesto a realizar pagos con algún tipo de tarjeta inteligente, sin la necesidad de realizar algún contacto.
- En la evaluación de las tecnologías inalámbricas, mediante una prueba de tiempos de transacción con el uso de la red móvil, la tarjeta NFC alcanza un tiempo promedio de 1,40 segundos, siendo la adecuada para su implementación en el prototipo en comparación con la tarjeta RFID,
- La creación del dispositivo de cobro inteligente satisface algunas necesidades generadas por parte de los usuarios como es, reducir el tiempo de transacción, facilidad para los usuarios de no utilizar monedas o billetes y hacer el pago de forma automática.

## 5.2. Recomendaciones

- Se propone que el dispositivo de cobro inteligente, se implemente en la cooperativa de taxis “La cerámica”, utilice la de la tecnología inalámbrica NFC con su respectiva tarjeta, porque el tiempo de transacción se reduce durante el proceso.
- Se sugiere que, para satisfacer otros problemas de los usuarios de la transportación pública, la encuesta contenga algunos indicadores para así modernizar el transporte público en nuestra ciudad.
- Se plantea que, para la evaluación de tecnologías inalámbricas, se utilice varios parámetros técnicos, se incremente el tamaño de la muestra y la toma de datos se haga tres veces al día considerando las horas pico.
- Se sugiere que el dispositivo de cobro inteligente sea la base para futuras investigaciones, que utilicen tecnologías inalámbricas con el propósito de satisfacer las necesidades de los usuarios e innovar la transportación pública.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gabriel. Pérez, *Sistemas de cobro electrónico de pasajes en el transporte público*. Naciones Unidas, 2002. Accessed: Feb. 19, 2022. [Online]. Available: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6401/S026444\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6401/S026444_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [2] M. Villalante, “Reflexions per a una estratègia de mobilitat com a servei a Barcelona [MaaS],” 2017.
- [3] Á. Toledo, “ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS IMPACTOS EN LA DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO PRODUCTO DE UNA NUEVA LÍNEA DE METRO UTILIZANDO DATOS MASIVOS,” 2020. Accessed: Mar. 09, 2022. [Online]. Available: [http://152.74.17.92/bitstream/11594/457/1/Tesis\\_Analisis\\_espacial\\_de-los\\_impactos.pdf](http://152.74.17.92/bitstream/11594/457/1/Tesis_Analisis_espacial_de-los_impactos.pdf)
- [4] C. A. Arango-Arango, F. Arias-Rodríguez, N. Rodríguez-Niño, N. F. Suárez-Ariza, and H. M. Zárate-Solano, “Efectivo y pagos electrónicos,” *Revista Ensayos Sobre Política Económica*; No. 93, febrero 2020. Pág.: 1-76, 2020.
- [5] A. Crotte, C. Arvizu, and J. Garduño, “Sistema Electrónico de Pago de Pasajes (SEPP) de Transporte Público,” 2018. Accessed: Feb. 23, 2022. [Online]. Available: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Sistema-Electronico-de-Pago-de-Pasajes-SEPP-de-Transporte-Publico-Urbano.pdf>
- [6] Banco Mundial, “Desarrollo sostenible, resiliencia y crecimiento económico,” 2022. <https://www.bancomundial.org/es/home> (accessed Apr. 09, 2022).
- [7] BID, “TRANSPORTE EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE,” 2021. <https://www.iadb.org/es/temas/transporte/transportation> (accessed Apr. 06, 2022).
- [8] J. Rubio, B. Pérez, D. Acosta, and J. Arroyo, “Preferencias en el uso de pagos electrónicos en el Ecuador,” *Cuestiones Económicas*, vol. 31, no. 1, p. Jeniffer-Rubio, 2021.
- [9] G. A. D. Riobamba, “Plan Estratégico de Desarrollo Cantonal Riobamba 2020,” *Riobamba. Ecuador*, 2020.
- [10] E. Espinoza, “CONTROL DE RUTAS DEL TRANSPORTE PUBLICO BASADO EN TECNOLOGIA OPEN SOURCE HARDWARE,” 2019.
- [11] F. Liébana, S. Molinillo, and Ruiz Miguel, “Cómo influye el contexto omnicanal en el comportamiento del consumidor. Una aplicación al sector de la moda.,” 2018, pp. 117–141. Accessed: Mar. 29, 2022. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Paula-Rodriguez-Torrico/publication/328612727\\_Como\\_influye\\_el\\_contexto\\_omnicanal\\_en\\_el\\_comportamiento\\_del\\_consumidor\\_Una\\_aplicacion\\_al\\_sector\\_de\\_la\\_moda/links/5c05114d458515ae54422cf3/Como-influye-el-contexto-omnicanal-en-el-comportamiento-del-consumidor-Una-aplicacion-al-sector-de-la-moda.pdf#page=245](https://www.researchgate.net/profile/Paula-Rodriguez-Torrico/publication/328612727_Como_influye_el_contexto_omnicanal_en_el_comportamiento_del_consumidor_Una_aplicacion_al_sector_de_la_moda/links/5c05114d458515ae54422cf3/Como-influye-el-contexto-omnicanal-en-el-comportamiento-del-consumidor-Una-aplicacion-al-sector-de-la-moda.pdf#page=245)
- [12] B. E. Cueva Sáenz and E. R. Carranza Rojas, “Optimización del proceso de recaudo del Metropolitano utilizando el smartphone como medio de pago,” 2017.
- [13] L. T. Henao Gámez, “Análisis de viabilidad para implementar la tecnología NFC aplicada a medios de pago en sistemas de transporte masivo, en Colombia,” 2014.
- [14] B. Amaguaña, “SISTEMA INFORMÁTICO BASADO EN TARJETAS INTELIGENTES PARA AUTOMATIZAR EL COBRO DE PASAJES, DEL COOPERATIVA DE TRANSPORTE URBANO ‘UNIÓN AMBATEÑA’ EN LA CIUDAD DE AMBATO.,” 2021.

- [15] J. A. Silvestre Yagual, "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," Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2020.
- [16] A. V. Gurumendi, N. K. E. Cruz, J. R. Anzules, and W. L. Uchubanda, "NFC Solutions for Purchasing Public Transport Tickets at Babahoyo Terrestrial Terminal," *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, vol. 3, no. 1, pp. 50–55, 2018.
- [17] E. R. Gómez Torres, N. Herrera Herrera, and M. P. Díaz, "Un enfoque para la optimización de pagos móviles para el sistema de transporte utilizando (NFC) a través de Cloud Computing," *Enfoque UTE*, vol. 8, pp. 31–45, 2017.
- [18] J. Andreu, *Redes inalámbricas (Servicios en red)*. Editex, 2011.
- [19] J. Salazar Soler, *Redes inalámbricas*. European Virtual Learning Platform for Electrical and Information Engineering, 2016. Accessed: Mar. 27, 2022. [Online]. Available: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [20] J. Salazar Soler, *Redes inalámbricas*. European Virtual Learning Platform for Electrical and Information Engineering, 2016. Accessed: Mar. 27, 2022. [Online]. Available: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [21] A. E. M. Moreno and E. B. Loaiza, "PRÁCTICA DE LOGÍSTICA INVERSA USANDO EL LABORATORIO MÓVIL DE LOGÍSTICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA," Pereira, Sep. 2017. Accessed: Feb. 19, 2022. [Online]. Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5441/C2.302.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [22] S. Díaz, G. Chavira, R. Hervás, and J. Bravo, "Adaptabilidad de las tecnologías RFID y NFC a un contexto educativo: Una experiencia en trabajo cooperativo.," *IEEE-RITA*, vol. 4, pp. 17–24, Jan. 2009.
- [23] G. Bricio Rivera and M. Chisag Montiel, "PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PAGO DE PASAJEROS EN EL TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL UTILIZANDO TECNOLOGÍA NFC," GUAYAQUIL, 2019.
- [24] M. Peña, "Software de control de un lector RFID," 2019. Accessed: Feb. 25, 2022. [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/175663/TFG.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [25] J. I. Portillo García, A. B. Bermejo Nieto, and A. M. Bernardos Barbolla, *Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) aplicaciones en el ámbito de la salud*. Fundación Madri+d para el Conocimiento, 2008.
- [26] C. Espejo Repiso, "Estudio de las aplicaciones de la tecnología RFID y su grado de implantación.," 2018.
- [27] M. F. Carignano, "NFC (Near Field Communication)," Córdoba, 2017. Accessed: Feb. 19, 2022. [Online]. Available: [https://rdu.iua.edu.ar/bitstream/123456789/462/1/TFI\\_ESE\\_Maria\\_Fernanda\\_Carignano.pdf](https://rdu.iua.edu.ar/bitstream/123456789/462/1/TFI_ESE_Maria_Fernanda_Carignano.pdf)
- [28] A. R. Fernández, "LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NFC EN EL TRANSPORTE PÚBLICO – Revista Vial," Dec. 03, 2013.

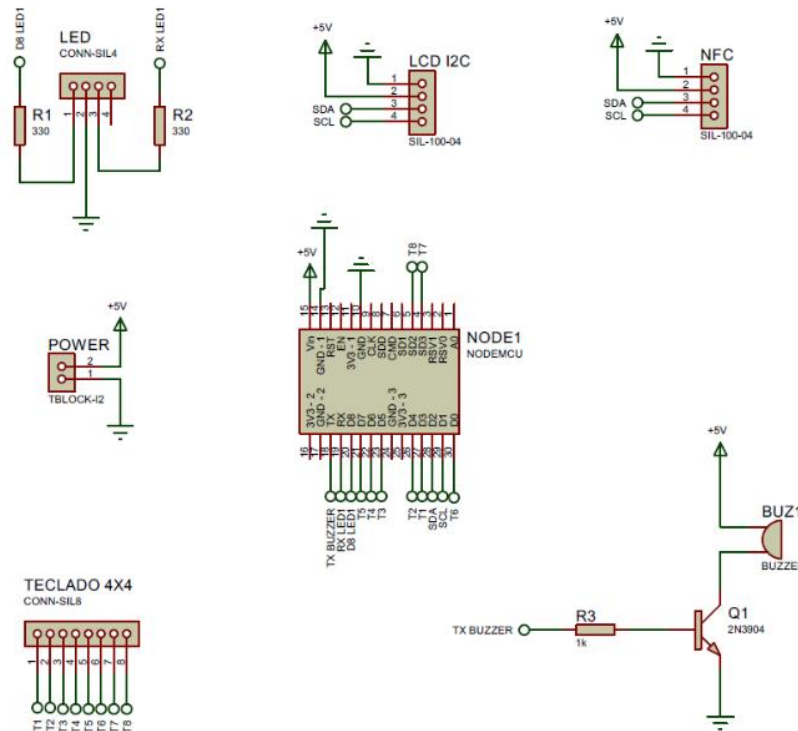
- <https://revistavial.com/libro-blanco-sobre-la-aplicacion-de-la-tecnologia-nfc-en-el-transporte-publico/> (accessed Feb. 20, 2022).
- [29] E. Raya López, “Tecnología NFC,” 2021.
- [30] J. Peñafiel, “PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR,” 2016.
- [31] S. Oviedo Sierra, C. Lozano Triana, W. Chico, and C. Lopez, “Arquitectura de red interconexión (NFC, RFID, Infrarrojo Y Bluetooth) - CORPORACIÓN UNIFICADA - StuDocu,” Sep. 2020. <https://www.studocu.com/co/document/corporacion-unificada-nacional-de-educacion-superior/redes-inalambricas/arquitectura-de-red-interconexion-nfc-rfid-infrarrojo-y-bluetooth/17992251> (accessed Apr. 06, 2022).
- [32] S. R. Jiménez, R. M. Poma, A. A. Anchatuña, P. N. Moya, and M. Cueva, “Estudio del sistema NFC de nueva generación y sus posibles aplicaciones en el Ecuador,” *Ciencia Sociales y Económicas*, vol. 2, no. 2, pp. 14–38, 2018.
- [33] J. Peñafiel, “Análisis de comunicaciones y seguridades en la implementación del cobro de servicios de transporte público mediante tecnología NFC basada en la plataforma dedinero electrónico del Ecuador,” 2016.
- [34] J. J. Nombela, “PAGAR CON EL MÓVIL NFC,” 2013.
- [35] A. López and A. Recio, “Sistema de acceso NFC para el transporte público de Madrid • ESMARTCITY,” *Alberto López González, Responsable servicio NFC, Telefónica Móviles España. Andrés Recio, Subdirección de Tecnología y Sistemas de Información, Empresa Municipal de Transporte de Madrid (EMT).*, May 29, 2015. <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/i-congreso-ciudades-inteligentes-sistema-nfc> (accessed Feb. 26, 2022).
- [36] ICHI PRO, “Tutorial de Firebase Cloud Functions: Creación de una API REST,” Nov. 19, 2020. <https://ichi.pro/es/tutorial-de-firebase-cloud-functions-creacion-de-una-api-rest-154740445388672> (accessed Feb. 20, 2022).
- [37] J. D. Chimarro Amaguaña, “Sistema integrado para la operación de un brazo robótico teleoperado en tiempo real mediante la plataforma Firebase con el uso de dispositivos móviles,” Quito, 2020. Accessed: Feb. 19, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2395/1/UISRAEL-EC-MASTER-TELEM-378.242-2020-004.pdf>
- [38] Sunfounder, “PN532 NFC RFID Module - Wiki,” 2017. [http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=PN532\\_NFC\\_RFID\\_Module](http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=PN532_NFC_RFID_Module) (accessed Feb. 19, 2022).
- [39] Arduino e Cia, “Módulo Leitor RFID RDM6300 com Arduino,” May 18, 2017. <https://www.arduinoecia.com.br/leitor-rfid-rdm6300-125khz-arduino/> (accessed Apr. 06, 2022).
- [40] TodoMicro, “Modulo RDM6300 lector RFID 125khz,” 2020. <https://www.todomicro.com.ar/investigacion-desarrollo-y-prototipado/762-modulo-rdm6300-lector-rfid-125khz.html> (accessed Apr. 06, 2022).
- [41] E. Esther and G. Echenique, *Metodología de la Investigación*. 2017. [Online]. Available: <http://www.continental.edu.pe/>
- [42] C. Muñoz, *Como elaborar y asesorar una investigacion de TESIS*. PEARSON EDUCACIÓN, 2011.
- [43] E. Especial Profesor *et al.*, “MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE ENFOQUE EXPERIMENTAL Asignatura: Métodos de investigación en Curso: 3º Educación Especial.”
- [44] I. Sordo, “Recolección de datos: métodos, técnicas e instrumentos,” Dec. 02, 2021. <https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos> (accessed Feb. 28, 2022).
- [45] G. Peines, “Wireshark · About,” 2022. <https://www.wireshark.org/about.html#authors> (accessed Apr. 07, 2022).

- [46] Mario. Triola, L. Esther. Pineda Ayala, and Roberto. Hernández Ramírez, *Estadística*. Pearson Educación, 2009.
- [47] K. L. Carpio Coronel, “LA TRANSPORTACIÓN URBANA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EL SISTEMA DE COBRO ELECTRÓNICO DE PASAJES COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO. PERIODO 2012 – 2016,” Guayaquil, 2018. Accessed: Feb. 17, 2022. [Online]. Available:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28336/1/3.%20Monograf%c3%ada%20Karla%20Carpio%20Coronel-Titulac%c3%adon.pdf>

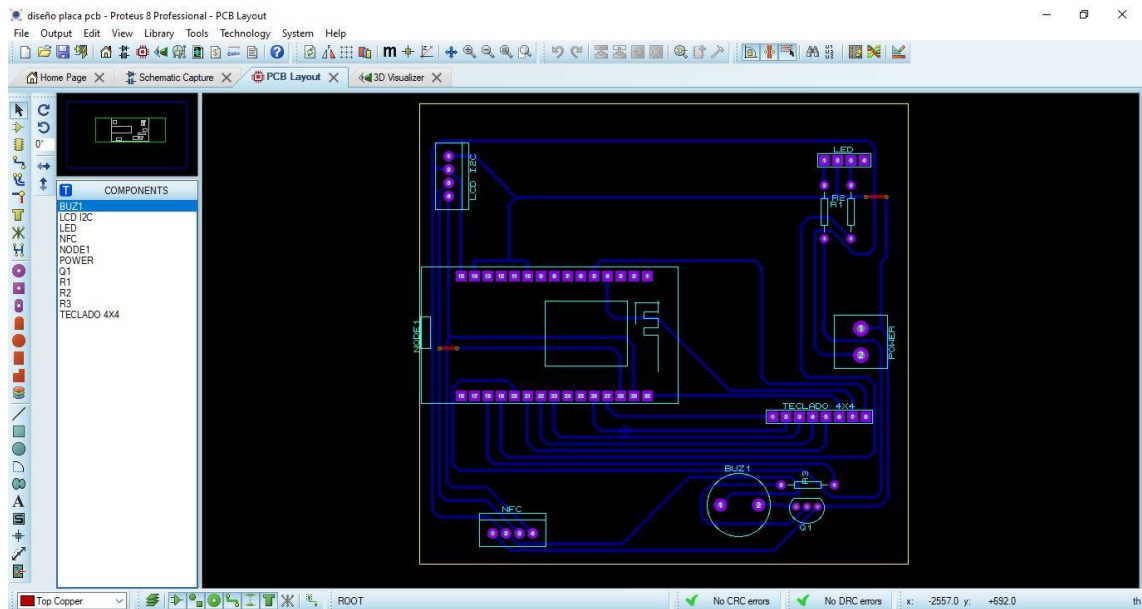


## 7. ANEXOS

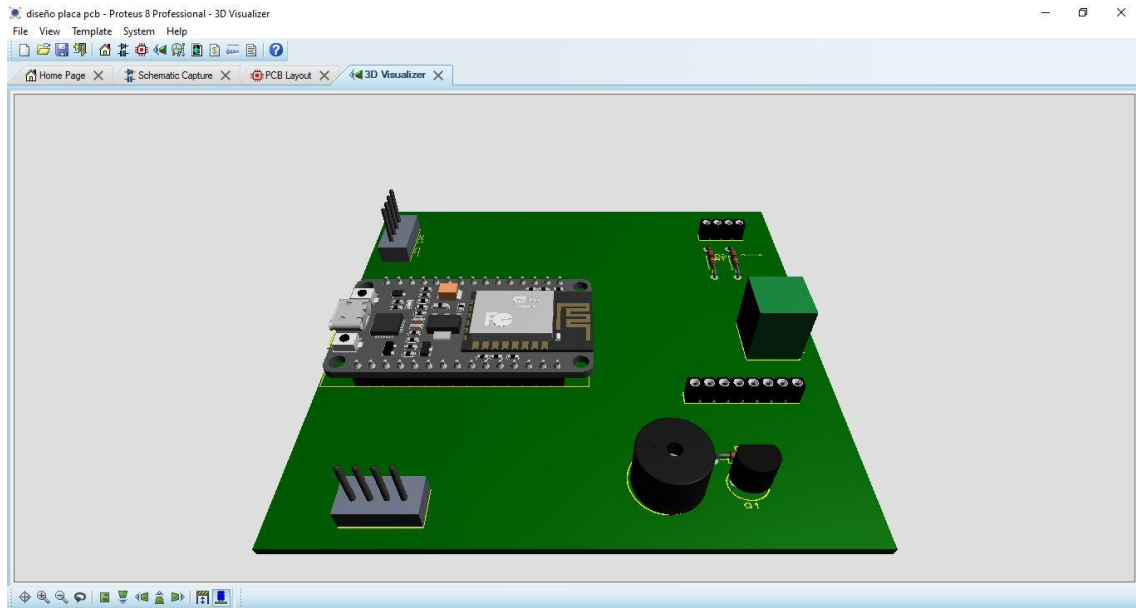
### ANEXO A. DISEÑO DE PROTOTIPO



Anexo A.1. Diseño del circuito en el programa Proteus

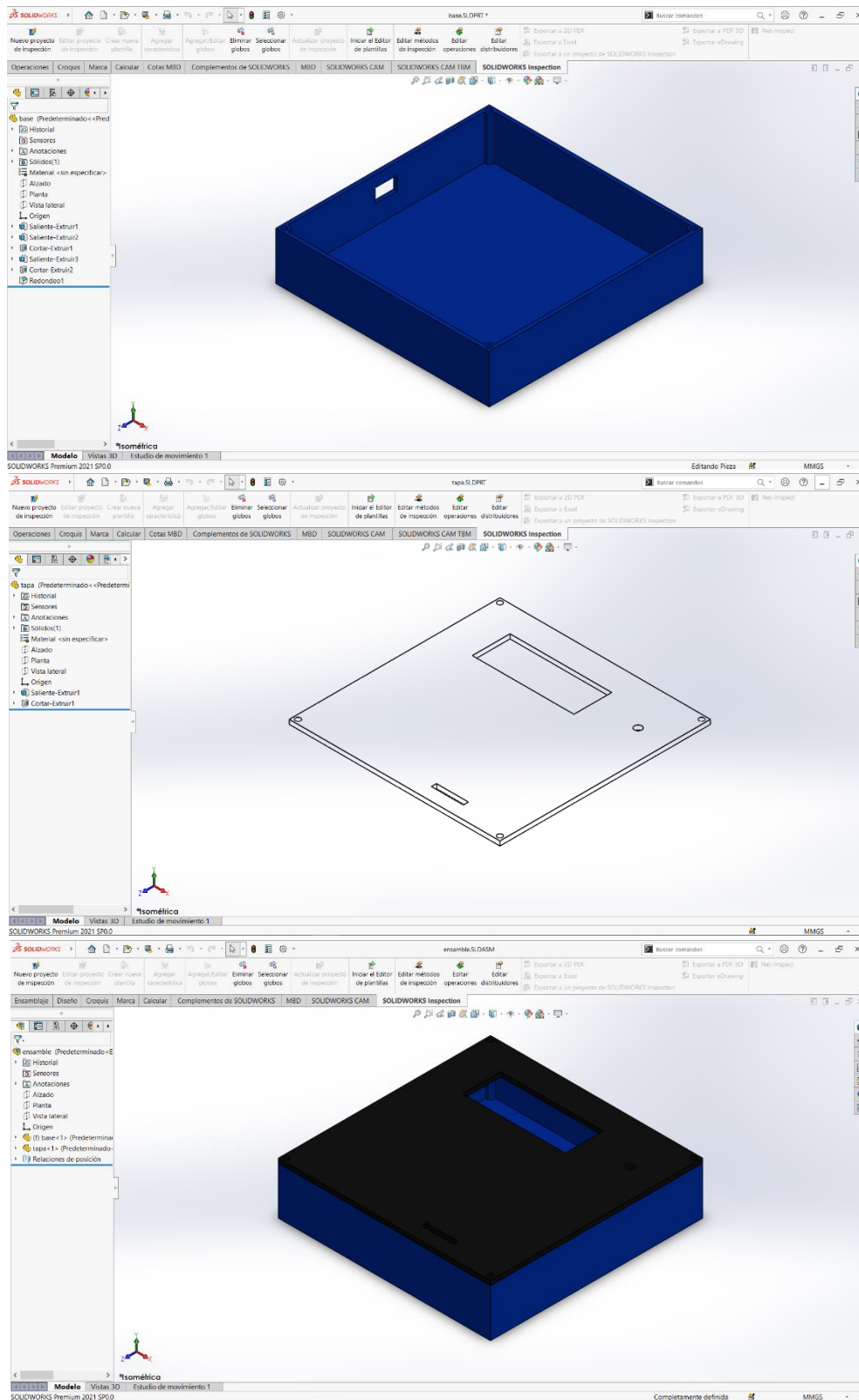


Anexo A.2. Ruteo de pistas en el programa Proteus



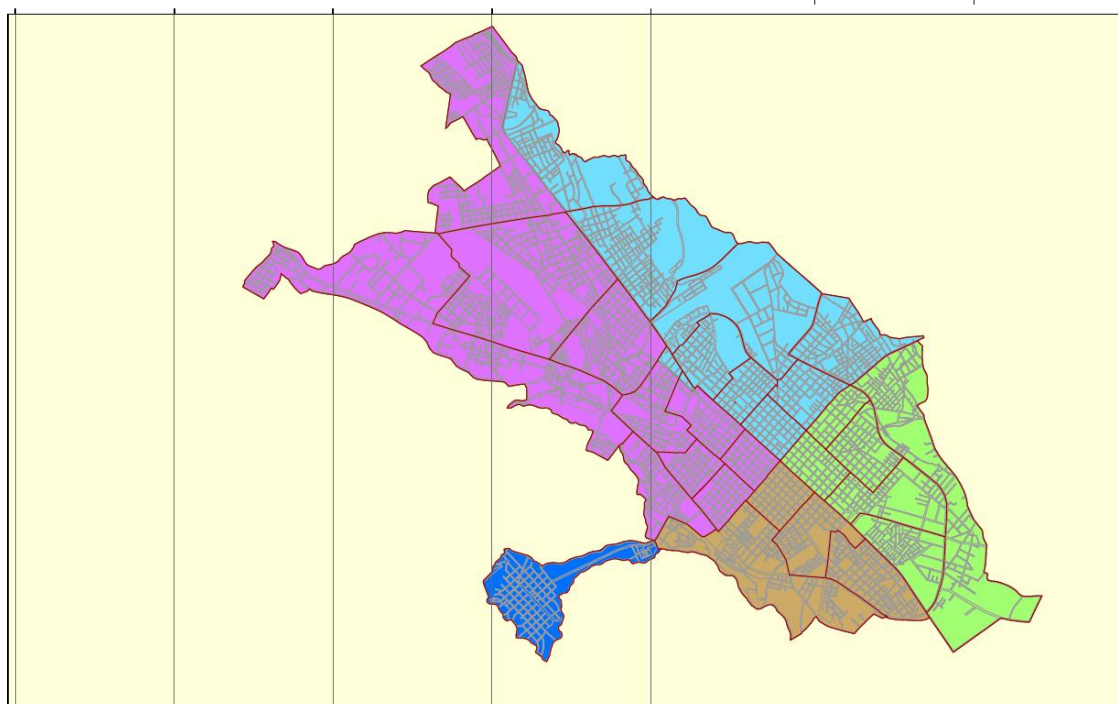
Anexo A.2. Diseño en 3D del circuito en el programa Proteus

## ANEXO B. ENCAPSULADO DEL PROTOTIPO



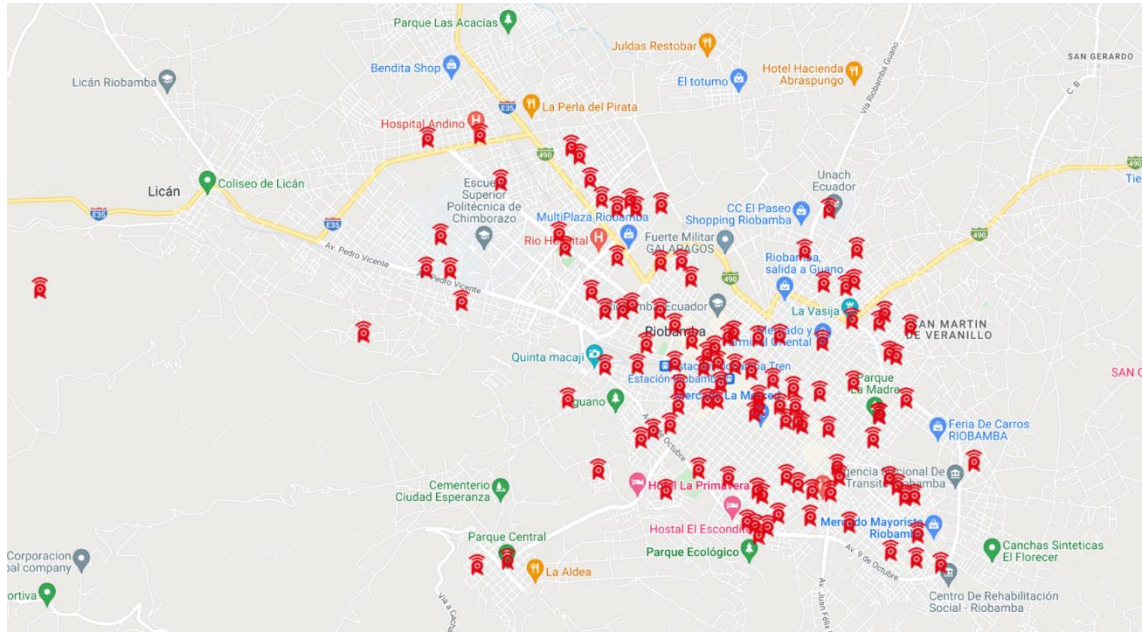
Anexo B.1. Diseño en 3D de la carcasa del prototipo en el programa SolidWord

## ANEXO C. MALLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA POR PARROQUIAS



Anexo C.1. Mallado por parroquias de la ciudad de Riobamba

## ANEXO D. PUNTOS WIFI GRATUITOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA



Anexo D.1. Punto Wifi de la ciudad de Riobamba

**ANEXO E. TOMA DE DATOS EN LA UNIDAD DE TRANSPORTE**



Anexo E.1. Toma de datos en cada parroquia de la ciudad de Riobamba

## ANEXO F.

## LINKS DE ACCESO A LA PÁGINA WEB DE ACTIVACIÓN

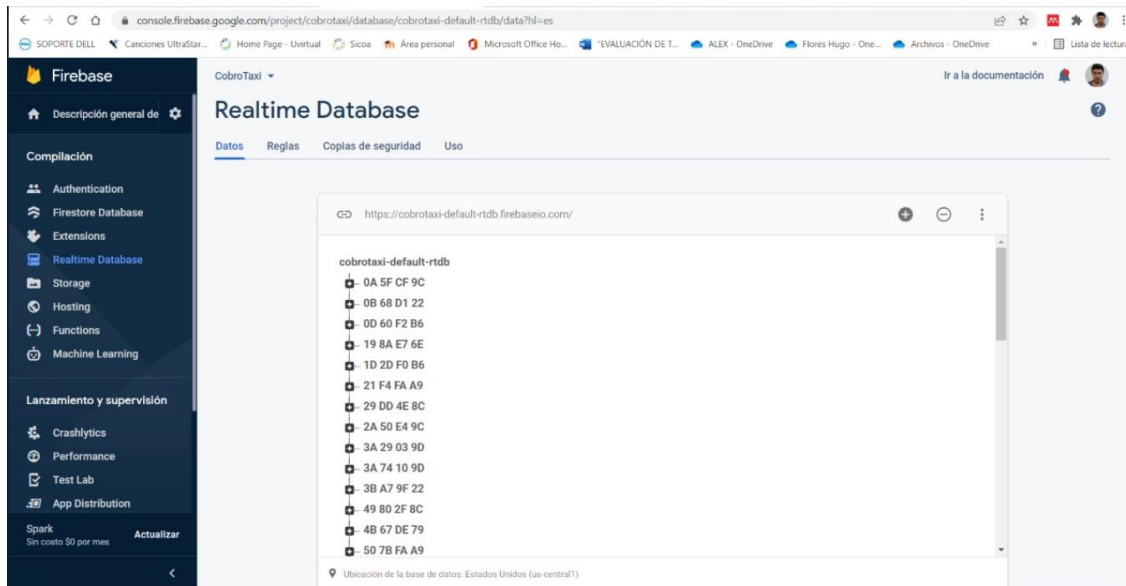


Anexo F.1. Pagina Web de autenticación de usuario y contraseña.

<https://cobrotaxi.web.app/>



Anexo F.2. Pagina Web de recarga y activación de las tarjetas



Anexo F.3. Base de datos que contiene datos de usuarios y conductores  
<https://cobrotaxi-default-rtdb.firebaseio.com/>



## ANEXO G. CODIFICACIÓN DE VINCULACIÓN DEL DISPOSITIVO DE COBRO CON LA BASE DE DATOS

```
C:\Users\WinUser>firebase init
```

You're about to initialize a Firebase project in this directory:

```
C:\Users\WinUser
```

Before we get started, keep in mind:

- \* You are initializing your home directory as a Firebase project directory

- \* You are initializing within an existing Firebase project directory

? Are you ready to proceed? Yes

? Which Firebase features do you want to set up for this directory? Press Space to select features, then enter to confirm your choices. Hosting: Configure files for Firebase Hosting and (optionally) set up GitHub

b Action deploys

=== Project Setup

First, let's associate this project directory with a Firebase project.

You can create multiple project aliases by running `firebase use --add`, but for now, we'll just set up a default project.

i .firebaserc already has a default project, using cobrotaxi.

=== Hosting Setup

Your public directory is the folder (relative to your project directory) that will contain Hosting assets to be uploaded with `firebase deploy`. If you have a build process for your assets, use your build's output directory.

? What do you want to use as your public directory? n

? Configure as a single-page app (rewrite all urls to /index.html)? No

? Set up automatic builds and deploys with GitHub? No

+ Wrote n/404.html

+ Wrote n/index.html

i Writing configuration info to `firebase.json`...

i Writing project information to `.firebaserc`...

+ Firebase initialization complete

Update available 9.22.0 → 10.2.2

To update to the latest version using npm, run `npm install -g firebase-tools`

For other CLI management options, visit the CLI documentation (<https://firebase.google.com/docs/cli#update-cli>)

```
C:\Users\WinUser>firebase deploy
```