

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



## **TESIS**

**TITULO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRÁFICO Y  
PEAJE VEHICULAR EN LA CIUDAD DE LIMA UTILIZANDO  
TECNOLOGIA RFID DE ULTRA ALTA FRECUENCIA"**

**PRESENTADO POR :**

- **CÁRDENAS RODRÍGUEZ , JUSTO CÉSAR**
- **MELENDEZ MENDOZA, LAUREANO**
- **RAFAILE SOLANO, WILMAN**

**ASESOR :**

- **MG. ING. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**CALLAO - PERÚ**

**Abril del 2018**



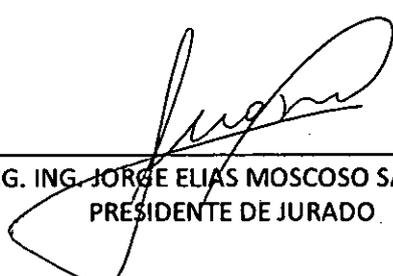
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO

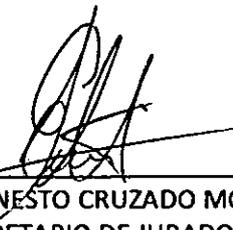
**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRÁFICO Y PEAJE VEHICULAR  
EN LA CIUDAD DE LIMA UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID DE ULTRA ALTA  
FRECUENCIA”**

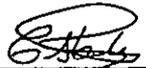
**AUTOR (ES):** CÁRDENAS RODRÍGUEZ, JUSTO CÉSAR  
MELENDEZ MENDOZA, LAUREANO  
RAFAILE SOLANO, WILMAN

**ASESOR:** MG. ING. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL

**CALIFICACIÓN:** 13 (TRECE)

  
\_\_\_\_\_  
MG. ING. JORGE ELÍAS MOSCOSO SANCHEZ  
PRESIDENTE DE JURADO

  
\_\_\_\_\_  
ING. LUIS ERNESTO CRUZADO MONTAÑEZ  
SECRETARIO DE JURADO

  
\_\_\_\_\_  
MG. ING. ABILIO BERNARDINO CUZCANO RIVAS  
VOCAL DE JURADO

CALLAO – PERU  
2018

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRÁFICO Y PEAJE  
VEHICULAR EN LA CIUDAD DE LIMA UTILIZANDO TECNOLOGIA  
RFID DE ULTRA ALTA FRECUENCIA”**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada a Dios.

A nuestros familiares por sus apoyos y consejos, principalmente a nuestros padres por ser pilares fundamentales en nuestra formación profesional y humana.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros maestros y amigos, por sus conocimientos y experiencias que nos  
ha ayudado a desarrollar esta tesis.  
A nuestros familiares por darnos el apoyo incondicional para poder culminar este  
objetivo.

## **RESUMEN**

La presente tesis titulada **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRAFICO VEHICULAR UTILIZANDO LA TECNOLOGIA RFID DE ULTRA ALTA FRECUENCIA”** nació de la necesidad de contar con equipos (hardware) y programas (software) de bajo costo y fácil implementación para hacer frente a la problemática del tráfico vehicular que crece día a día en nuestra capital y en el resto del país.

La tecnología RFID, aunque no es abiertamente conocida en nuestro país, se ha empleado a lo largo de los años en diversas áreas de interés, por lo cual está comprobada su efectividad en aplicaciones similares a la aquí planteada.

El sistema que propusimos nació de la necesidad crear un sistema de control de tráfico a un bajo costo, aprovechando las facilidades que la ultra alta frecuencia nos ofrece, y evitando obras de infraestructura adicionales.

El sistema incluían Servidor de Gestión que realizó las funciones de captación y análisis de información recibida por los lectores RFID en tiempo real, para así determinar rápidamente cuál de ellos tendría mayor prioridad para ceder el paso en cada intersección, y era de Alta Frecuencia ya que es en este espectro de radiofrecuencia, donde según los requerimientos correspondientes, se podemos llevar a cabo el control de tráfico vehicular de manera efectiva.

## **ABSTRACT**

This thesis entitled "**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TRAFFIC CONTROL SYSTEM USING ULTRA HIGH FREQUENCY RFID TECHNOLOGY**" was born of the need for equipment (hardware) and program (software) inexpensive and easily implemented to deal with the problem of traffic that grows daily in our capital and the rest of the country.

Although RFID technology isn't openly known in our country, it has been used in different areas over the years, thus its effectiveness is proven in similar applications to the one presented here.

The system that we proposed was born from the need to create a traffic control system at a low cost, and take advantage of the facilities that ultra-high frequency offers, and avoid additional infrastructure works.

The system included a Management Software, who performed the functions of receive and analyze information from all of the RFID readers in each intersection, in order to determine which of them has higher priority to give pass quickly, and it was ultra-high frequency because this radiofrequency range, allow us develop traffic control effectively, according related requirements.

# Contenido

<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Identificación Del Problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Formulación del problema.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Problema general .....	2
<b>1.3 Objetivos de la Investigación .....</b>	<b>2</b>
1.3.1 Objetivo General .....	2
1.3.2 Objetivos específicos .....	2
<b>1.4 Justificación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Importancia.....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Limitaciones y Facilidades.....</b>	<b>4</b>
1.6.1 Limitaciones .....	4
1.6.2 Facilidades .....	4
<b>2. FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Análisis de la problemática del tráfico vehicular.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Marco Teórico.....</b>	<b>7</b>
2.3.1 Tecnología RFID .....	7
<b>3. VARIABLE E HIPOTESIS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Variable de la Investigación.....</b>	<b>19</b>
3.1.1 Variables Dependientes .....	19
3.1.2 Variables independientes .....	19
<b>3.2 Operacionalización de variables: .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas .....</b>	<b>25</b>
3.3.1 Hipótesis general .....	25
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>

<b>4.1 Tipo de Investigación.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Diseño de la Investigación.....</b>	<b>26</b>
4.2.1 Diseño del Hardware .....	29
4.2.2 Diseño del Software .....	38
<b>4.3 Población y Muestra.....</b>	<b>44</b>
<b>4.4 Técnicas de instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>45</b>
<b>4.5 Procedimiento de recolección de datos .....</b>	<b>45</b>
<b>4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.....</b>	<b>46</b>
<b>4.7 Estudio de Mercado.....</b>	<b>49</b>
4.7.1 Análisis de la Competencia: .....	49
4.7.2 Estrategia .....	50
<b>4.8 Estudio Técnico.....</b>	<b>52</b>
4.8.1 Tamaño: .....	52
4.8.2 Proceso Técnico .....	53
4.8.3 Localización: .....	53
4.8.4 Obra Física .....	54
<b>4.9 Estudio Económico – Financiero.....</b>	<b>54</b>
4.9.1 Inversión.....	54
4.9.2 Análisis y Proyecciones Financieras .....	54
4.9.3 VAN y TIR .....	55
4.9.4 Relación Costo – Beneficio .....	56
<b>4.10 Estudio de la Organización Administrativa .....</b>	<b>58</b>
<b>5. RESULTADOS:.....</b>	<b>58</b>
<b>6. DISCUSION DE RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
<b>6.1 Constatación de la Hipótesis con los resultados.....</b>	<b>59</b>
<b>6.2 Constatación de resultados con otros estudios similares.....</b>	<b>59</b>
6.2.1 REGULADOR DE TRÁFICO URBANO - MFU3000: .....	59

<b>7. CONCLUSIONES:</b> .....	<b>61</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>63</b>
<b>9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>65</b>

## TABLA DE FIGURAS

DESCRIPCION	PAG.
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b>	
<b>FIGURA 1</b> LECTOR Y TAG RFID PARA COBRO DE PEAJE AUTOMATIZADO	5
<b>FIGURA 2</b> LECTOR Y TAG AUTOMATIZADO PARA CONTROL DE TRAFICO	5
<b>FIGURA 3</b> LECTOR RFID EN SEMÁFORO CONVENCIONAL	6
<b>FIGURA 4</b> DIAGRAMA BASICO DE CONEXIÓN RFID	8
<b>FIGURA 5</b> ETAPA DE REGULACION DE VOLTAJE TAG RFID	13
<b>FIGURA 6</b> LECTOR RFID	14
<b>FIGURA 7</b> TIPOS DE TAGS RFID	14
<b>FIGURA 8</b> READER CON UNA ANTENA INCORPORADA Y SIN ANTENA INCORPORADA	21
<b>FIGURA 9</b> HOLOGRAMA RFID 3D UPM Y HOLOGRAMA RFID SIMPLE	22
<b>FIGURA 10</b> ESQUEMA DE TRANSMISION DE DATOS DE UN SISTEMA RFID	23
<b>FIGURA 11</b> ESQUEMA DEL SISTEMA DE CONTROL DE TRAFICO VEHICULAR HACIENDO USO DE LA TECNOLOGIA RFID DE ULTRA ALTA FRECUENCIA	28
<b>FIGURA 12</b> ESQUEMA DEL SISTEMA DE COBRO DE PEAJES Y CONTROL DE TRAFICO	28
<b>FIGURA 13</b> SISTEMAS DE CONTROL DE TRAFICO Y COBRO DE PEAJE ELECTRONICO RFID	29
<b>FIGURA 14</b> TAG RFID ACTIVO DE ULTRA ALTA FRECUENCIA	30
<b>FIGURA 15</b> LECTOR RFID F3411	32
<b>FIGURA 16</b> SERVIDOR DE ALMACENAMIENTO NAS DE 12 BAHIAS TVS-1271U-RP-i7-32G – SERVIDOR	35
<b>FIGURA 17</b> ARDUINO USADO PARA EL COBRO DE PEAJE AUTOMATICO	37
<b>FIGURA 18</b> LOGO DE VISUAL STUDIO	39
<b>FIGURA 19</b> SISTEMA OPERATIVO WINDOWS 10	39
<b>FIGURA 20</b> ACCESO AL SOFTWARE DEL SISTEMA	40
<b>FIGURA 21</b> ICONO MICROSOFT ACCESS	41
<b>FIGURA 22</b> INTERFAZ MODULO DE REGISTRO VEHICULO/CONDUCTOR	43
<b>FIGURA 23</b>	44

INTERFAZ MODULO DE REGISTRO TARJETA RFID	
<b>FIGURA 24</b> LECTOR RFID F3411	52
<b>FIGURA 25</b> FLC DE NUESTRO PROYECTO EN INVERSION	56
<b>FIGURA 26</b> FORMULA PARA CALCULAR NUESTRO TIR	56
<b>FIGURA 27</b> ESQUEMA DE LA ORGANIZACION ADMINISTRATIVA	58
<b>FIGURA 28</b> IMAGEN Y FICHA TECNICA DEL MFU3000	61

### **CONTENIDOS DE GRAFICOS**

<b>GRAFICO 1</b> GRAFICO ESTADISTICO DE LA PREGUNTA 1	47
<b>GRAFICO 2</b> GRAFICO ESTADISTICO DE LA PREGUNTA 2	47
<b>GRAFICO 3</b> GRAFICO ESTADISTICO DE LA PREGUNTA 3	48
<b>GRAFICO 4</b> GRAFICO ESTADISTICO DE LA PREGUNTA 4	48
<b>GRAFICO 5</b> GRAFICO ESTADISTICO DE LA PREGUNTA 5	48

### **CONTENIDO DE TABLAS**

<b>TABLA 1</b> APLICACIONES RFID SEGÚN RANGO DE FRECUENCIAS	16
<b>TABLA 2</b> ESTANDARES ISO PARA LA TECNOLOGIA RFID	17
<b>TABLA 3</b> ESTANDARES EPC GLOBAL PARA LA TECNOLOGIA RFID	18
<b>TABLA 4</b> OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES	25
<b>TABLA 5</b> ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TAG SELECCIONADO	31
<b>TABLA 6</b> ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL LECTOR SELECCIONADO	33
<b>TABLA 7</b> ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA CPU SELECCIONADA	36
<b>TABLA 8</b> ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL ARDUINO	38
<b>TABLA 9</b> MODELO DE ENCUESTA	45
<b>TABLA 10</b> RESULTADOS DE LA ENCUESTA	46
<b>TABLA 11</b> GASTOS DE UN PEAJE MANUAL EN LIMA-PERU	50
<b>TABLA 12</b> GASTOS DE UN PEAJE AUTOMATICO USANDO LA TECNOLOGIA RFID	51
<b>TABLA 13</b> DIMENSIONES DEL LECTOR RFID F3411	52
<b>TABLA 14</b> TABLA DE VALORES PARA EL VAN Y EL TIR	55

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Identificación Del Problema

- **El tráfico vehicular**

Lima contiene casi el 70% del parque automotor en circulación de la nación , lo que provoca que las autopistas y avenidas se encuentran abarrotadas en horas punta a tal magnitud que un ciudadano limeño puede pasar en promedio 17.520 horas de su vida, o lo que es lo mismo, 2 años atrapado en el tráfico de la ciudad .

No es casualidad entonces que una de las mayores causas de estrés del ciudadano limeño sea el tráfico vehicular, un problema que se agrava cada día más a pesar de la creación de nuevas vías, ampliaciones, nuevo servicio de transporte público, mayor cantidad de policías de tránsito u otras alternativas. Por ello, a través del presente proyecto se propone la utilización de la tecnología, específicamente RFID de Ultra Alta frecuencia, para optimizar la fluidez del tráfico e impactar así de forma positiva en la vida cotidiana del ciudadano.

---

(1) INEI – Parque Automotor en Circulación a Nivel Nacional – Tabla comparativa – Diciembre 2012 -

<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/transport-and-communications>

[2] RPP Noticias - Estadísticas de Tráfico Lima 2015 - Artículo

Informativo - 11 Noviembre 2015 <http://rpp.pe/lima/actualidad/cuantas-horas-al-dia-pierdes-debido-al-traffic-noticia-912690>

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

El tráfico vehicular en la ciudad de Lima hace perder gran cantidad de tiempo a sus habitantes lo que está afectando su calidad de vida.

El problema directo asociado a los peajes en Lima es el recaudo en forma manual el cual genera para la concesión gastos operativos al requerir personal y papelería las 24 horas todos los días y lo peor generan un atasco empeorando el tráfico en perjuicio de millones de personas que se dirigen a sus labores en horas punta.

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un sistema de control de tráfico vehicular y cobro de peajes automático utilizando tecnología RFID de Alta Frecuencia para la fluidez en horas punta y así mejorar la calidad de vida del ciudadano limeño.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Realizar un sistema de control vehicular al menor coste posible, integrando un lector RFID a los semáforos convencionales de cada intersección, para la lectura de etiquetas RFID adheridas a todo tipo de vehículos, y analizadas mediante un sistema de gestión de fácil manipulación, garantizando así mayor fluidez vehicular en horas punta.

## **1.4 Justificación**

El despliegue de un sistema de control de tráfico a bajo costo permitirá mayor fluidez vehicular en horas punta, lo que se traduce en ahorro de tiempo para los conductores y menor estrés.

La constante evolución de la tecnología RFID, hace que actualmente existan equipos de alta precisión, seguridad y efectividad, exactamente lo que necesitamos para desarrollar un proyecto de este tipo y garantizar óptimos resultados.

Socialmente se justifica, toda vez que el desarrollo de este sistema impactará de manera positiva en la calidad de vida de todos los ciudadanos.

Para tales fines se dispone una solución alternativa frente al uso de semáforos convencionales con temporizador, ya que éstos no resultan efectivos para el control vehicular. Proponemos como una opción viable el presente proyecto de investigación haciendo uso de las herramientas que la tecnología nos permite en la actualidad y a un costo razonable. Actualmente se requieren de herramientas más óptimas para mejorar el tráfico vehicular y la tecnología RFID nos ofrece multitud de bondades propicias para poner un freno a esta problemática y a un costo razonable.

## **1.5 Importancia**

La importancia se tomaría teniendo en cuenta puntos como:

- El crecimiento exponencial de tráfico vehicular que se detecta actualmente en nuestro país, y donde el estado no ha desarrollado soluciones eficaces.
- La posibilidad de contar con un sistema preciso y efectivo, sin necesidad de realizar obras civiles adicionales como ampliaciones, adaptaciones o construcciones viales adicionales.
- Contar con vías despejadas o fluidas, impacta positivamente en la calidad de vida del ciudadano, y facilita el desarrollo económico de la nación.

## **1.6 Limitaciones y Facilidades**

### **1.6.1 Limitaciones**

- Se toma como zona donde se realizara la implementación del sistema a la ciudad de Lima pero con proyección al interior del país.
- La limitación de contar con tiempos y presupuestos ajustados.

### **1.6.2 Facilidades**

- Actualmente la municipalidad y ciudadanía esta presta a poder ser partícipe de cualquier proyecto que involucre mejoría del tráfico vehicular en cualquiera de los ámbitos.
- Contamos con el equipo y los materiales para el diseño de nuestro sistema ya que son de uso comercial y costo reducido.

## **2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Desde hace varios años, se ha implementado la tecnología RFID para control vehicular alrededor del mundo, obteniendo resultados positivos en términos de tiempos de espera y fluidez del tráfico.

En Latinoamérica, países como Chile y Argentina cuentan con sistemas RFID de cobro de peaje electrónico en muchas de sus autopistas, lo que ha disminuido en más de un 25% los atascos.

En Lima, se cuenta una red de semáforos temporizados. Sin embargo, a pesar de que la tecnología se ha aplicado en el control de otras áreas, hoy día no existen sistemas RFID para control de tráfico vehicular.

Ahora para detallar los antecedentes mostraremos los casos de las algunas ciudades del mundo:

- **Caso\_1 Aarhus, Dinamarca**

En esta ciudad conocida por la gran cantidad de ciclistas cotidianos, se instalaron lectores RFID en semáforos existentes y una pequeña etiqueta en las bicicletas para que el semáforo tenga preferencia y al presenciar a un ciclista pueda colocarse rápidamente en verde para permitir su paso.



**FIGURA 1:** Lector y Tag RFID para cobro peaje automatizado

- **Caso\_2 Santiago de Chile, Chile**

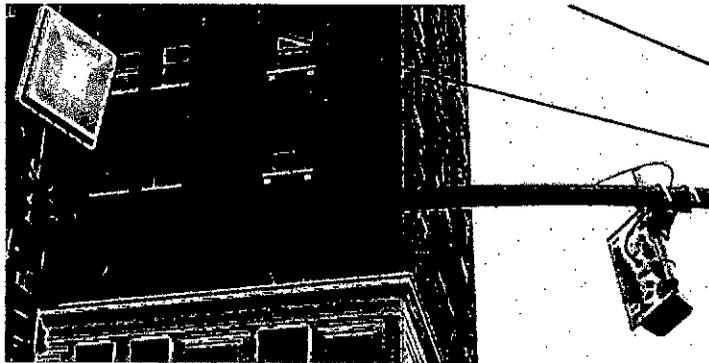
La Autopista Central en Santiago de Chile fue la primera autopista urbana en América Latina bajo régimen de concesión en operar sin detener los vehículos dentro del área central comercial de la ciudad, gracias al uso de cobro electrónico. El lector RFID es colocado en el peaje y es capaz de detectar la etiqueta RFID adosada al parabrisas del vehículo a más de 30mts de distancia a una velocidad de 200Km/h.



**FIGURA 2:** Lector y Tag automatizado para control de trafico

- **Caso\_3 Londres, Inglaterra**

En diferentes zonas de Londres se ha expandido la utilización de la tecnología RFID para control vehicular. Aprovechando la red de semáforos existentes se instalan lectores RFID para determinar la cantidad de vehículos en una vía particular, y así determinar por cuanto tiempo es necesario dar paso o no a un grupo de vehículos determinado.



**FIGURA 3:** Lector RFID en semáforo convencional

## **2.2 Análisis de la problemática del tráfico vehicular**

Lima es una ciudad en pleno desarrollo económico, con un crecimiento importante a nivel industrial, residencial y de población. A pesar de ser ello una ventaja, es indudable que se traduce en un enorme crecimiento del tráfico vehicular aunado a atascos, accidentes y violación de las numerosas leyes de tránsito, trayendo consigo un efecto adverso sobre la economía del país y pérdidas humanas.

Los semáforos con temporizadores existentes juegan un papel importante en la gestión del tráfico, sin embargo en muchas ocasiones los vehículos en una vía con Luz roja tienen que esperar un tiempo determinado aun sabiendo que en aquella vía

con luz verde hay menos o ningún vehículo presente, lo que demuestra la poca efectividad de los semáforos haciendo perder tiempo valioso al ciudadano.

Lo ideal es contar con semáforos que operen según el volumen de tráfico en cada intersección. En función de ello, se han implementado en algunos países sensores para cuantificar dicho volumen pero estos sistemas tienen dos limitaciones relevantes: la primera es que no tienen la habilidad de diferenciar y dar prioridad a vehículos de emergencia (ambulancias, policías, bomberos, entre otros) sobre vehículos de uso común, y la segunda es que requieren de línea de vista entre el sensor y el vehículo.

Un sistema basado en tecnología RFID, al ser instalado en diversas intersecciones de las carreteras sería capaz de contabilizar la densidad de vehículos, dar prioridad a los vehículos de emergencia, realizar el cobro de peajes o deudas del mismo y así ser una solución efectiva para el problema actual del tráfico.

## **2.3 Marco Teórico**

### **2.3.1 Tecnología RFID**

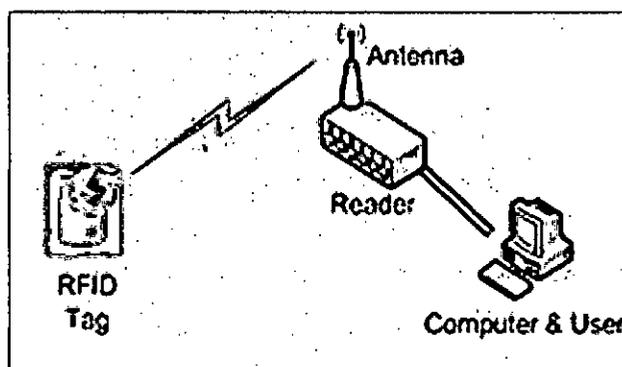
#### **2.3.1.1 Introducción**

La tecnología RFID o de Identificación por Radio Frecuencia, permite la identificación de objetos de forma inalámbrica, con la característica diferenciadora respecto a otras tecnologías, de que no necesita línea de visión directa entre el lector y el objeto a identificar. Esta identificación se realiza gracias a la adhesión de un transpondedor (tag) al objeto, el cual contiene ciertos datos de interés que son transmitidos cuando el lector lo solicite.

Ciertas bondades técnicas como la velocidad, alcance y precisión de lectura ha decantado a la industria por su utilización en la cadena productiva, por la notoria mejoría en los procesos productivos, reducción de costes y logística.

Sin embargo, a pesar de que la aplicación común de esta tecnología es dentro de la cadena de producción, existen amplias aplicaciones e implementaciones en distintos sectores tales como: control de acceso, pago electrónico, identificación o rastreo, autenticidad de productos o documentos, entre otras.

Por su abanico de bondades, aplicables prácticamente a todos los sectores económicos, se prevé que la tecnología RFID se difunda a tal magnitud que sea la más utilizada para identificación automática de objetos, personas, animales, entre otros.



**FIGURA 4:** Diagrama básico de conexión RFID

### 2.3.1.2 Definición

Un sistema RFID o de Identificación por Radio Frecuencia, tiene como objetivo principal la identificación de objetos a largas distancias, vía radio y sin necesidad de línea de vista entre transmisor y receptor. Básicamente se compone de un lector con una o más antenas, etiquetas de identificación (tags) y un software que realiza la gestión de toda la información recogida por los lectores del sistema.

Esta tecnología viene a ser la evolución de los sistemas de código de barra, con la diferencia que su aplicación es más versátil.

### 2.3.1.3 Principios Básicos

Para comprender esta tecnología es necesario conocer todos los preceptos físicos que se encuentran involucrados y hacen posible su funcionamiento.

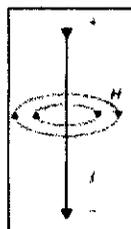
#### 2.3.1.3.1 Campo Magnético

##### 2.3.1.3.1.1 Fuerza de campo magnético (H)

La Fuerza de Campo Magnético (H) es resultado del movimiento de cargas eléctricas dentro de un conductor. La magnitud del campo magnético está dada por el módulo del vector H y dadas las condiciones y materiales empleados en los sistemas con RFID, Kuchling dedujo la siguiente fórmula:

$$\sum I = \oint H \cdot ds$$

Considerando que el conductor es lineal, como se muestra en la Figura la ecuación que define el módulo de la fuerza del campo queda de la siguiente forma:



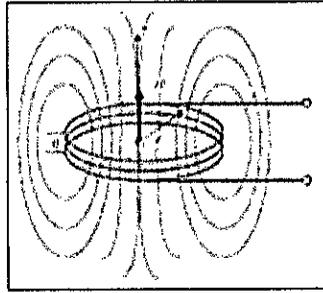
El diagrama muestra un conductor vertical con una corriente I que fluye hacia abajo. El campo magnético H se representa por líneas de campo que forman un círculo horizontal alrededor del conductor, con flechas que indican la dirección del campo. A la derecha del diagrama se encuentra la fórmula  $H = \frac{1}{2\pi r}$  y el texto "r: distancia al conductor".

$$H = \frac{1}{2\pi r} \quad r: \text{distancia al conductor}$$

##### 2.3.1.3.1.2 Dirección del campo magnético en conductores en forma de espiral (bobinas)

Las bobinas son usadas en las antenas para generar el campo magnético requerido para escribir o leer los tags en un sistema RFID. Este direccionamiento, se puede

apreciar en la siguiente figura:



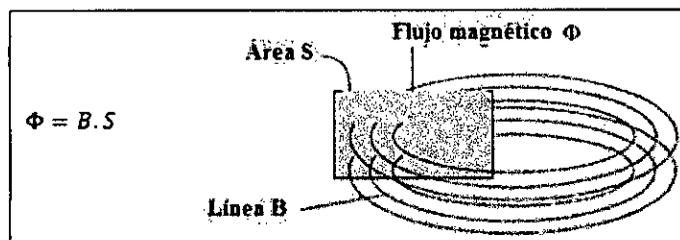
Para definir la variación del campo electromagnético a lo largo del eje X, es necesario aplicar la siguiente ecuación, mediante la cual se deduce que antenas más pequeñas generan una fuerza de campo dentro de las espiras, pero al alejarse de las mismas, dicha fuerza disminuye rápidamente. Por lo tanto si se utilizan antenas más grandes, se pueden alcanzar distancias más mayores para la lectura.

$$H = \frac{I.N.R^2}{2\sqrt{(R^2+x^2)^3}}$$

I: corriente que fluye por el conductor  
 R: radio "r" de la espira (conductor)  
 N: cantidad de espiras  
 x: distancia del centro de la espira (eje x)

### 2.3.1.3.1.3 Flujo magnético y densidad de flujo magnético

El flujo magnético ( $\phi$ ) se define como la cantidad de magnetismo en un área determinada (densidad), como se aprecia en la Figura.



La densidad de flujo magnético (B), es proporcional a la fuerza del campo magnético. Se define por la siguiente ecuación:

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu H$$

$\mu$ : Constante de permeabilidad magnética

### 2.3.1.3.1.4 Inductancia de un conductor espiral (bobina)

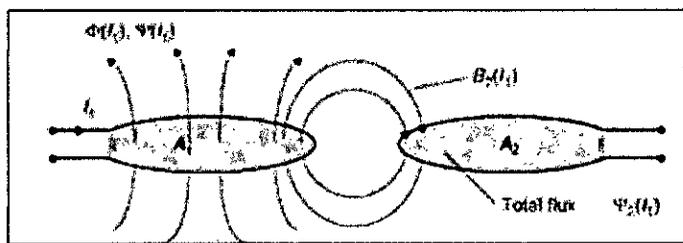
La inductancia (L) es la propiedad por la cual se genera una fuerza que se opone a los cambios de corriente que pasan por el conductor. En una bobina, esta propiedad está dada por la siguiente ecuación:

$L = N^2 \mu_0 R \ln \left( \frac{2R}{d} \right)$	<p><math>\mu_0</math>: Constante de permeabilidad magnética en el vacío</p> <p>R: radio de la espira conductora</p> <p>d: diámetro del conductor</p>
---	--

### 2.3.1.3.1.5 Inductancia mutua

Se basa en el principio de que en la proximidad de dos bobinas existe un acople magnético entre ambas, es decir, se podrá generar una fuerza magnética en una bobina generada por otra que esté acoplada con esta. Bajo esta premisa se basan las lecturas y escrituras de los sistemas RFID. La inductancia mutua está definida por la siguiente ecuación:

$M_{12} = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot R_1^2 \cdot N_2 \cdot R_2^2 \cdot \pi}{2 \cdot \sqrt{(R_1^2 + x^2)^3}}$	<p><math>\mu_0</math>: Constante de permeabilidad magnética en el vacío</p> <p>R: radios de las espiras conductoras</p> <p>N: cantidad de espiras conductoras</p> <p>x: distancia del centro de la espira (eje x)</p>
---	---



### 2.3.1.3.1.6 Coeficiente de acople K

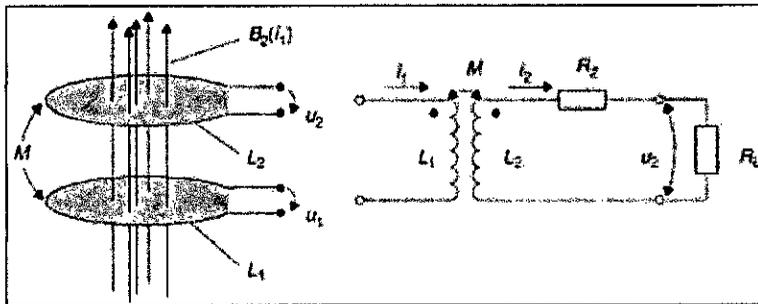
Esta constante mide el grado de acople que existe entre dos bobinas que se encuentran próximas. El coeficiente varía entre 0 y 1, siendo 0 el desacople total y

1 el acople total entre dos conductores en forma de espiral. La siguiente ecuación describe el acople entre las dos antenas (Reader y Tag):

$$k(x) \approx \frac{r_{Transp}^2 \cdot r_{Reader}^2}{\sqrt{r_{Transp} \cdot r_{Reader}} \cdot (\sqrt{x^2 + r_{Transp}^2})^3}$$

### 2.3.1.3.1.7 Ley de Faraday

El principio de esta ley es que todo cambio en el flujo magnético genera una fuerza de campo eléctrico como reacción. En los sistemas RFID se ve representado según la figura, donde L2 se refiere a la antena del Tag y R2 su resistencia correspondiente. Por otro lado RL, representa la carga generada por el consumo de datos. Mientras exista variación en el tiempo del flujo magnético por la espiral L1, se producirá un voltaje inducido (acople) en el conductor L2, lo que generará un paso de corriente i2 por el circuito anexo.



### 2.3.1.3.1.8 Fuente de alimentación del transponder (Tag)

Los transponders o tags se clasifican en activos o pasivos, de acuerdo a su fuente de alimentación. Los transponder pasivos, no poseen batería propia y necesitan ser alimentados por el voltaje inducido del otro circuito (correspondiente al lector RFID). Los activos, por su parte, tienen su propia fuente de alimentación, en este caso una batería, de manera que el voltaje inducido por el acople del circuito anexo

actúa simplemente como un voltaje de activación, el cual será reconocido y activará el sistema.

Los tags, tanto activos como pasivos poseen una etapa para regular el voltaje inducido en él antes de pasar al chip. A continuación en la figura 2.6 se muestra un ejemplo regulador en un transponder RFID:

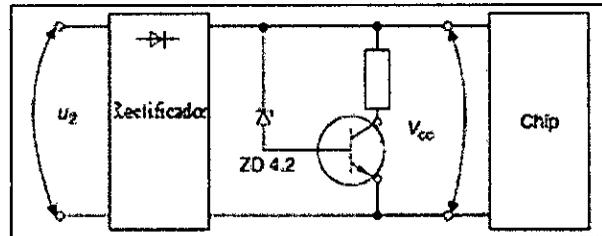


FIGURA 5: Etapa de regulación de voltaje Tag RFID

#### 2.3.1.4 Componentes de un sistema RFID

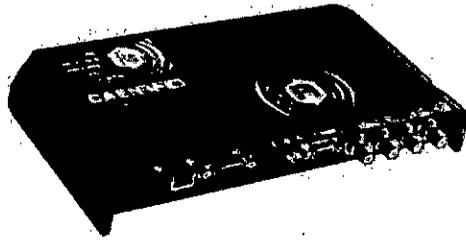
Como cualquier otro sistema, los sistemas RFID se encuentran conformados por un conjunto de componentes o elementos que desarrollan tareas específicas y hacen posible su funcionamiento.

##### 2.3.1.4.1 Lector RFID

Un lector RFID es un equipo capaz de transmitir y recibir simultáneamente información (señales de radio) para comunicarse con el tag o transponder siempre y cuando ambos operen en el mismo rango del espectro electromagnético, descartando señales provenientes de otros dispositivos inalámbricos que pudiesen causar interferencias.

Internamente un lector posee *amplificadores* para amplificar la señal de salida, *mezcladores* que convierten la señal de una de frecuencia a otra sin modificar la información original, *osciladores* que generan las señales sinusoidales que van a ser enganchadas por *sintetizadores* (circuitos PLL), *filtros* para procesar solo las

señales de radio determinadas, conversores para convertir las señales analógicas a digitales y viceversa, y un *procesador* para gestionar toda la información recibida.



**FIGURA 6:** Lector RFID

#### 2.3.1.4.2 Transponedor o Tags

Es un dispositivo que se instala en el objeto a identificar, en el cual se registra toda la información correspondiente dentro de su memoria no volátil, para que esta sea leída, interpretada o escrita por el lector RFID. Existen dos tipos de tag RFID, los pasivos y los activos. Los tags pasivos son los que se alimentan desde la señal transmitida por el lector, mientras que los activos, tienen su propia fuente de energía.

Al activarse el tag, parte de la energía irradiada por la antena del Lector es irradiada de vuelta hacia él, pero esta vez conteniendo la información de respuesta provista por el tag.

Un tag RFID está compuesto por un *circuito integrado* (con que hace las funciones de procesador y memoria, una *capsula de protección* que contiene a la *antena impresa*, todos estos embutidos y con la posibilidad de ser colocados en cualquier superficie, comúnmente plásticas.



**FIGURA 7:** Tipos de Tags RFID

#### **2.3.1.4.3 Antenas**

Tanto los lectores como los tags poseen por lo menos una antena, con la finalidad de poder transmitir y recibir las señales que intercambian ambos dispositivos RFID.

La selección de una antena adecuada dependerá de los requerimientos o exigencias de cada aplicación, siempre considerando parámetros como la ganancia, polarización, impedancia, entre otras.

En los lectores, la conexión con la antena generalmente se efectúa con un cable coaxial, por protección y garantía de transmisión. En los tags, la antena se encuentra impresa en una capa del embutido por lo que las conexiones se hacen dentro del mismo impreso.

#### **2.3.1.4.4 Frecuencias de funcionamiento**

La frecuencia de operación del sistema RFID influye en la propagación del campo electromagnético, sobre la transmisión de datos, y en el tipo de acoplamiento, distancia máxima de lectura, velocidad de transmisión, entre otras determinando así su utilización en aplicaciones específicas. La tecnología RFID opera en el rango de Baja, Alta y Ultra Alta Frecuencia.

La Baja Frecuencia de 30-300KHz es adecuada para aplicaciones que requieren lectura de pequeñas cantidades de datos a baja velocidad a una distancia máxima de 0.5mts. Pueden existir problemas de sintonización de la antena cuando las etiquetas se encuentran adheridas a una superficie metálica. Es ampliamente utilizada para identificación de animales, aplicaciones de seguridad para automóviles (encendido del vehículo a través de llavero RFID) y vigilancia electrónica de artículos.

La Alta Frecuencia de 3-30MHz también corresponde para aplicaciones que exigen lectura de pocos datos a baja velocidad a distancias inferiores a un metro, la diferencia es que puede penetrar metales, madera, líquidos u otros. Es utilizado para tarjetas inteligentes y sistemas de control de acceso por aproximación.

La Ultra Alta Frecuencia 300MHz-3GHz es ideal para aplicaciones que requieren lectura masiva de datos a altas velocidades, por ejemplo gracias a un protocolo de anticolidión es posible efectuar lecturas de 1500 tags por segundo.

Otra característica importante, es que las ondas de radio a esta frecuencia son capaces de refractarse fácilmente en torno a materiales sólidos, y por lo tanto no se requiere línea de vista entre tag y lector para su comunicación. Es extensamente utilizado para control y seguimiento de grandes cantidades de activos e inventario, control de tráfico vehicular, o cualquier otra área donde sea requerida la lectura de grandes volúmenes de tags en periodos cortos de tiempo.

En la siguiente tabla se puede apreciar las aplicaciones según el rango de frecuencia de funcionamiento:

Aplicaciones RFID según rango de frecuencias	
Rango de Frecuencia	Aplicaciones
LF o Baja Frecuencia: 30-300KHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de Acceso.</li> <li>- Identificación de Animales</li> <li>- Control antirrobo de vehículos</li> </ul>
HF o Alta Frecuencia: 3MHz-30MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de Acceso</li> <li>- Control de documentación</li> <li>- Pago en medios de transporte</li> <li>- Control de equipaje de aviones</li> </ul>
UHF o Ultra Alta Frecuencia: 300MHz-3GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadenas de suministro</li> <li>- Trazabilidad de objetos de valor</li> <li>- Control anti-falsificación</li> <li>- Automatización y control de inventarios</li> <li>- Pago de peajes en autopistas</li> <li>- Control de tráfico vehicular (semáforos)</li> </ul>

**TABLA 1:** Aplicaciones RFID según rango de frecuencias

### 2.3.1.4.5 Estándares

Diversos organismos están relacionados con la regularización de la tecnología RFID, para velar por su correcto funcionamiento y debida aplicación.

#### 2.3.1.4.5.1 ISO

La ISO (International Organization for Standardization) define los estándares a nivel comercial e industrial en todo el mundo, y por su parte la IEC (International Electrotechnical Comisión) se encarga de la estandarización en el área de la electrónica y las tecnologías. En conjunto definen los estándares ISO/IEC, detallados a continuación:

ISO/IEC para RFID	
11784 11785	Estructura del código de identificación por radiofrecuencia para animales.
14223	Interfaz entre el lector y tag RFID basado en la compatibilidad según la norma ISO 11784
10536 14443 15693	Características físicas, interfaz, inicialización, protocolos anti-colisión y transmisión.
10374	Determina los requisitos de usuario para la identificación automática. Codificación de datos, criterios de rendimiento y seguridad.
15961 1962 15963	Técnicas de identificación automática y adquisición de datos para gestión de objetos. Protocolo de datos, reglas de codificación de datos e identificación única.
18001-18006	Interfaz en las frecuencias de 135KHz, 13.56MHz, Banda UHF, 2.45GHz.
18046	Métodos de prueba de rendimiento de tags y lectores.
18047	Test de conformidad de los dispositivos.

**TABLA 2:** Estándares ISO para la tecnología RFID

### 2.3.1.4.5.2 EPC Global

EPC Global es una organización para la innovación y desarrollo de estándares para el EPC (Código Electrónico de Productos) y así apoyar el uso de la tecnología RFID. En la siguiente tabla se definen los diferentes estándares EPC

ESTANDAR EPC GLOBAL			
Tags EPC/RFID	Identificación	Datos Tag (TDS)	Especifica la información almacenada en el Tag, incluyendo su EPC.
		Transferencia Datos (TDT)	Contiene detalles de la estructura y elementos requeridos en los lectores RFID.
	Interfaz	Ultra Alta Frecuencia UHF	Define los requerimientos físicos y lógicos para los sistemas RFID que operan en la banda UHF.
		Alta Frecuencia HF	Define los requerimientos físicos y lógicos para los sistemas RFID que operan en la banda HF.
	Software	Protocolo Lectura Bajo Nivel	Protocolo de lenguaje común entre software y lector. Compatible con diferentes fabricantes.
		Gestión	Define el protocolo utilizado por el software de Gestión para monitorear el estado de los lectores RFID.
		Eventos por Niveles	Especifica una interfaz a través de la cual el usuario puede obtener la información capturada de forma precisa.

**TABLA 3:** Estándares EPC Global para la tecnología RFID

### **3. VARIABLE E HIPOTESIS**

#### **3.1 Variable de la Investigación**

##### **3.1.1 Variables Dependientes**

###### **3.1.1.1 Fluidez del tráfico vehicular**

Se expresa como la cantidad de tiempo necesario para llegar de un punto a otro haciendo uso del automóvil. Gracias al uso del sistema RDIF se lograra reducir considerablemente el tiempo de viaje mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos.

##### **3.1.2 Variables independientes**

###### **3.1.2.1 Lector RFID**

EL Reader RFID es el encargado de transmitir y recibir datos al mismo tiempo para comunicarse con el tag. Características que debe tener:

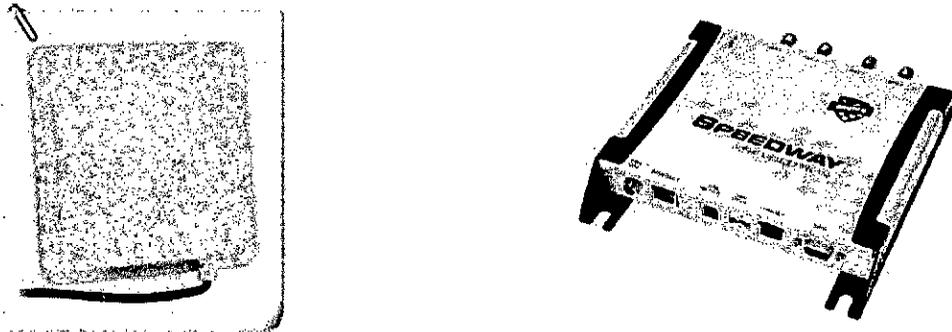
- **Precisión:** el transmisor debe modular la señal con precisión (portadora a un frecuencia precisa).
- **Eficiencia:** la señal de salida no debe poseer distorsión, para así ahorrar consumo de voltaje DC.
- **Flexibilidad:** cuando el transmisor este inactivo se debe apagar para ahorrar energía y evitar la creación de señales interferentes.
- **Sensibilidad:** un lector debe tener la capacidad de recibir e interpretar señales bastante pequeñas y hasta con ruido.
- **Selectividad:** el lector debe diferenciar cuales son las señales provenientes de los tags, ya que hoy en día existen muchas señales potencialmente interferentes (celulares, equipos inalámbricos).

**Algunos componentes que un Reader RFID debe poseer son:**

- **Amplificadores:** son los que se encargan de magnificar la amplitud de las señales de salida del lector. Estos dispositivos deben cuidar los siguientes parámetros: ganancia, potencia, ancho de banda y distorsión.
- **Mezcladores (mixer):** son los encargados de convertir la señal de una banda (frecuencia) a otra, sin alterar la información que esta contenga. Estos elementos deben cuidar especialmente las pérdidas de potencia de señal por conversión y la inclusión de ruido. Además, deben tener sumo cuidado con la adición de frecuencias no deseadas en la salida.
- **Osciladores:** son los que generan señales sinusoidales a una respectiva frecuencia. A esta instancia aparece el concepto de ruido de fase, con el cual se debe tener especial cuidado.
- **Sintetizadores:** son los encargados de asegurar el enganche de las frecuencias generadas por el oscilador. Para este caso se usan circuitos como PLL (phase-locked loop) o un sintetizador "N-fractional", siendo este último extremadamente preciso.
- **Filtros:** son los encargados de discriminar entre algunas frecuencias y otras para solo dejar pasar las frecuencias adecuadas en la salida. Dentro de un lector existen dos tipos de estos filtros: los de RF y los de banda base.
- **Convertor AD y DA:** los conversores AD son los encargados de pasar una señal de un estado analógico a digital para su posterior procesamiento y modulación dentro del lector. Los conversores DA ejecutan el proceso opuesto.

- Procesador y DSP: son los encargados de realizar el procesamiento de la información digital.

En el caso del proyecto que se presenta en este documento, el lector RFID usado es uno UHF, es decir, que modula las señales de salida a aproximadamente 902-918 MHz.



**FIGURA 8:** Reader con una antena incorporada (Izquierda) y sin antena incorporada (Derecha)

### 3.1.2.2 Tag

Es el dispositivo del sistema que permite identificar objetos, ya que contiene información dentro de su memoria no volátil, la cual puede ser leída, interpretada o escrita por el lector RFID. Existen dos tipos de tag RFID, los pasivos y los activos.

Los tags pasivos son los que necesitan energizarse desde la señal transmitida desde el lector, mientras que los activos, tienen su propia fuente de energía (por lo que emiten su propio campo) y solo necesitan de la señal transmitida por el lector para activar el umbral de su funcionamiento.

Al activarse el tag, este responde usando una modulación conocida como “backscatter”, es decir parte de la energía irradiada por la antena del reader es

irradiada de vuelta hacia él, pero esta vez conteniendo la información de respuesta provista por el tag.

El diseño de un tag RFID, se basa en dos principios básicos los cuales son: un costo bajo y bajo consumo de energía. De este modo se asegura por un lado, la parte comercial ya que estos tags deben ser producidos en cantidades industriales, y por otro lado se asegura su eficiencia en la transmisión de la señal y larga duración de baterías (tags activos).

Un tag RFID es la combinación de varios elementos. En primer lugar un circuito integrado que hace las funciones de procesador y memoria (también se considera una etapa de rectificación y filtro de la señal recibida), una capa que contiene a la antena impresa, entre otras capas. Los componentes antes mencionados unidos forman un inlay y estos pueden ser colocados en cualquier superficie (usualmente plásticas). En la Figura 9.

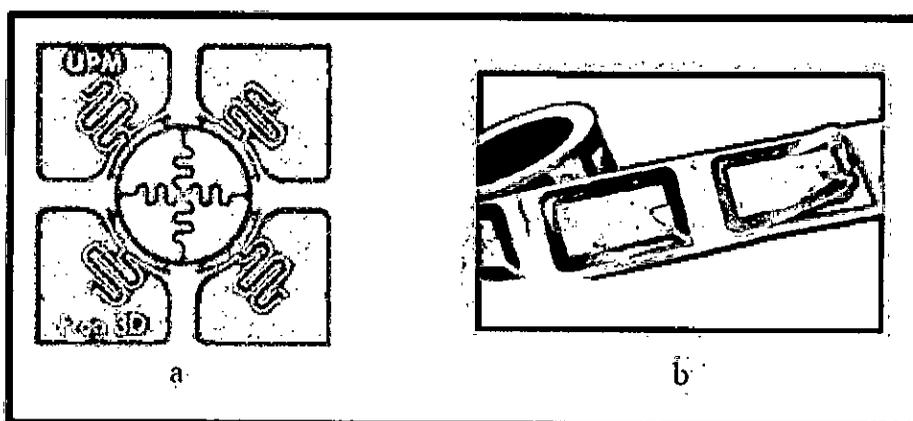
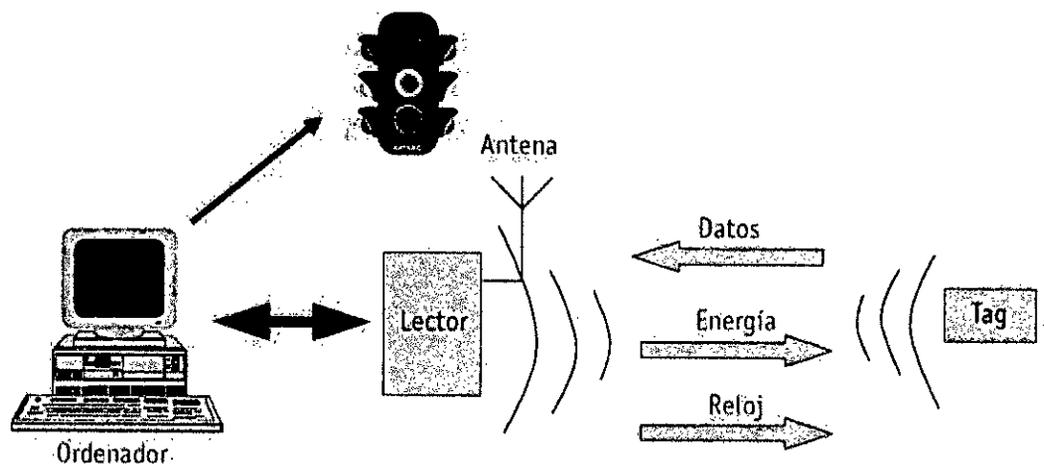


FIGURA 9: (a) Holograma RFID 3D UPM y (b) Holograma RFID simple

### 3.1.2.3 Tasa de transmisión de datos de módulos de comunicación Lector RDIF-Semáforo

El módulo de comunicación debe transmitir datos de tal forma que se genere una respuesta inmediata en el semáforo. Gracias a la tecnología de hoy el servidor al que ira conectado el lector RDIF y semáforo tiene una respuesta casi inmediata tanto para el procesamiento como para la respuesta.



**FIGURA 10:** Esquema de transmisión de datos de un sistema RFID

La tasa de transferencia dependerá de la tecnología usada para la transmisión de la información que puede ser realizada a través de un enlace de comunicaciones estándar, que puede ser local o remoto y cableado o inalámbrico como el RS 232, RS 485, USB, Ethernet, WLAN, GPRS, UMTS, etc.

### 3.1.2.4 Tasa de Transmisión de datos Software – Lector RDIF

Especificaciones de la tecnología del lector activo F3411 de 2.45GHz RFID	
Frecuencia de funcionamiento	ISMO 2.4GHz~2.5GHz
Antena	Conecte 1 antena con SMA
Rango de potencia del RF	-18.0dBm~0.0dBm (ajustado por el grado 32)
Recepción de sensibilidad	-90.0dBm
Modo de funcionamiento	FHSS o de frecuencia fija (fije por el software)
Modulación	GFSK
Gama de la lectura	los 0~50m (antena hecha juego estándar SR-24A02R, omnidireccional)
	los 0~100m (antena SR-24A12T, direccional)
	los 0~200m (antena SR-24A16T, direccional)
	El lector activo de RSSI puede ser ajustado menos que los 10m
Anticolisión	Hasta 500 etiquetas leídas simultáneamente
Capacidad tapón	2000 datos de las etiquetas
Velocidad de la comunicación	250kbps, 1Mbps, 2Mbps (ajustables)
Interfaz de comunicaciones	RS-232, RS-485, USB, Wiegand26/34/42/50, Ethernet
Entrada y salida	1 entrada que acciona, salida de 2 retransmisiones
Función opcional	2 retransmisiones, función del partido PUEDEN, de RSSI, de la identificación, función off-line y función de tiempo
Fuente de alimentación	CA entrada: 100~240V, 50/60Hz 1.2A
	DC hizo salir: 5V/1A
Tamaño del producto	134mm*99mm*34m m
Tamaño del embalaje	284mm*275mm*85m m
Peso bruto	0.79kg
Peso neto	0.25kg
Temperatura de trabajo	-20°C~+70°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C~+85°C
Accesorios	Antena hecha juego estándar, adaptador, cable de transmisión, RS-232 cable, cable del USB, cable de Ethernet
Indicación de situación de trabajo	Zumbador, indicador del LED

Se expresa como la cantidad de datos que puede enviar entre el Lector RDIF y el software. Para detallar ya que es recomendable usar un lector RDIF de diseño robusto y a la intemperie se analizara el lector activo F3411 de 2.45GHz RFID

### 3.2 Operacionalización de variables:

Variable	Tipo de variable	Operacionalización	Indicadores
Fluidez de tráfico vehicular	Variable dependiente	Se expresa como la cantidad de tiempo necesario para llegar de un punto a otro haciendo uso del automóvil.	Tiempo
Lector RFID	Variable independiente	El tipo de lector RFID a utilizar será Fijo de Ultra Alta Frecuencia	Frecuencia de Operación. Modelo
Tag	Variable Independiente	El Tag a utilizar será tipo Etiqueta de Ultra Alta Frecuencia	Frecuencia de Operación. Modelo
Tasa de Transmisión de datos del Módulo de Comunicación Lector RFID-Semáforo	Variable Independiente	El módulo de comunicación debe transmitir datos de tal forma que se genere una respuesta inmediata en el semáforo.	Tasa de velocidad de datos.
Tasa de transmisión de datos Software-Lector RFID	Variable Independiente	Se expresa como la cantidad de datos que se pueden enviar por una red en un lapso de tiempo determinado.	Tasa de velocidad de datos.

**TABLA 4:** Operacionalización De Las Variables

### 3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas

#### 3.3.1 Hipótesis general

El diseño e implementación del sistema de control de tráfico vehicular que hemos desarrollado sirve agilizar el paso vehicular en horas punta en la ciudad de Lima, y de esta manera repercutir en la calidad de vida del ciudadano limeño. Por tal razón se puede considerar que tanto los ciudadanos de Lima, como los directores de clínicas, hospitales, medios de transporte público y oficiales, estarán en total acuerdo con la implementación en sus vehículos de etiquetas RFID con información personalizada.

Gracias alcance de nuestro proyecto, y el aporte social que éste representa el Ministerio de Transporte y la Municipalidad de Los Olivos mostrarán total disposición en la ejecución de las pruebas piloto necesarias hasta lograr la implementación del sistema propuesto.

Por último, y no menos importante, en el mercado RFID nacional podremos encontrar equipos de alta precisión y exactitud a un coste razonable que cumplan con las características ideales para ejecutar un proyecto de esta magnitud, el cual sea escalable y perdurable en el tiempo.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 Tipo de Investigación**

- **Temporal**

Porque el estudio está circunscrito a un cierto intervalo de tiempo julio – octubre 2017.

- **Espacial**

Se realizara la investigación tomando como referencia la ciudad de Lima.

### **4.2 Diseño de la Investigación**

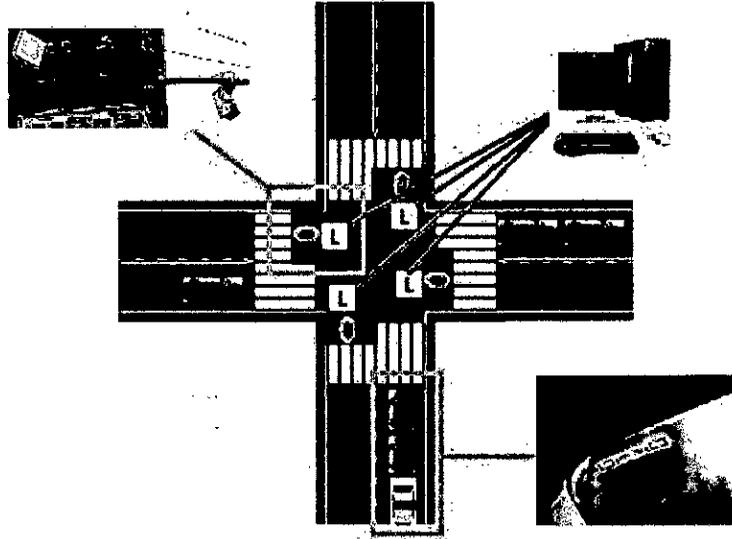
Las intersecciones en las vías pueden generar grandes atascos de vehículos si no se cuenta con un sistema de control de tráfico eficiente para gestionar apropiadamente la cola de vehículos de una manera rápida y verdaderamente inteligente. El presente proyecto propone la utilización de lectores fijos integrados a semáforos existentes y tags en vehículos, para permitir cuantificar la cantidad de vehículos a la espera del semáforo y priorizar el paso en aquellas rutas más congestionadas. A su vez los diferentes lectores RFID estarán conectados inalámbricamente a una computadora

con un software de gestión especializado ubicado en una zona estratégica de la ciudad, desde ahí se manejará toda la base de datos correspondiente.

Se propone la instalación de cuatro (4) lectores RFID a la entrada de cada intersección. Como cada vía está dividida en dos sentidos, sólo el sentido de entrada debe contar con un lector para cuantificar el volumen de tráfico, y almacenar la información proveniente del Tag de cada vehículo. El tag de cada vehículo contiene un número de identificación único, con el nivel de prioridad, los datos del propietario del vehículo, número de matrícula, marca, modelo y seriales correspondientes.

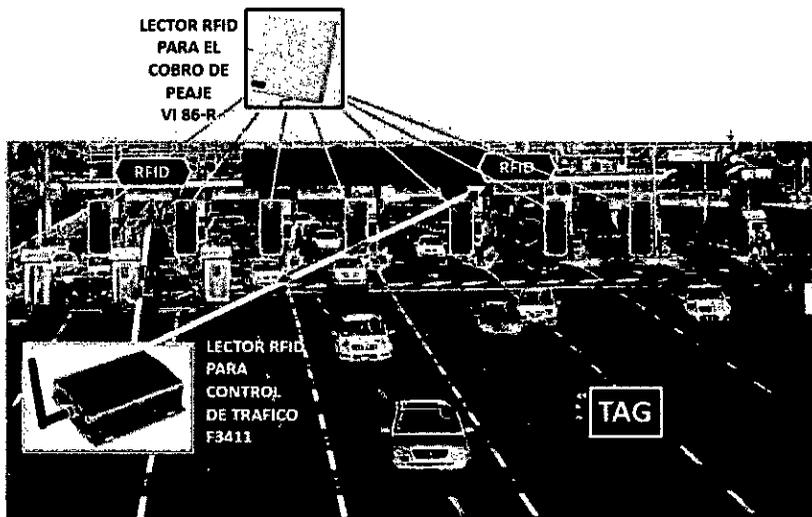
El Nivel de Prioridad, se encuentra clasificado en cuatro (4) categorías: la primera, incluye los vehículos de emergencia (policías, ambulancias, bomberos, otros), los cuales tienen la más alta prioridad. La segunda, contiene los medios de transporte público y autobuses escolares. La tercera, incluye carros y motos lineales. La cuarta y más baja de las prioridades es asignada a vehículos de carga o transporte pesado.

Cada intersección posee cuatro (4) semáforos, cada uno de ellos tiene su propio lector RFID que almacenará la información referente a cada uno de los vehículos a una distancia máxima de 200mts, para contabilizarlos y observar sus niveles de prioridad. Dicha información será comparada con la de los demás lectores, a través de un programa informático, y así determinar cuál sentido o semáforo debe colocar su luz en verde primero por un periodo máximo de 60 segundos.

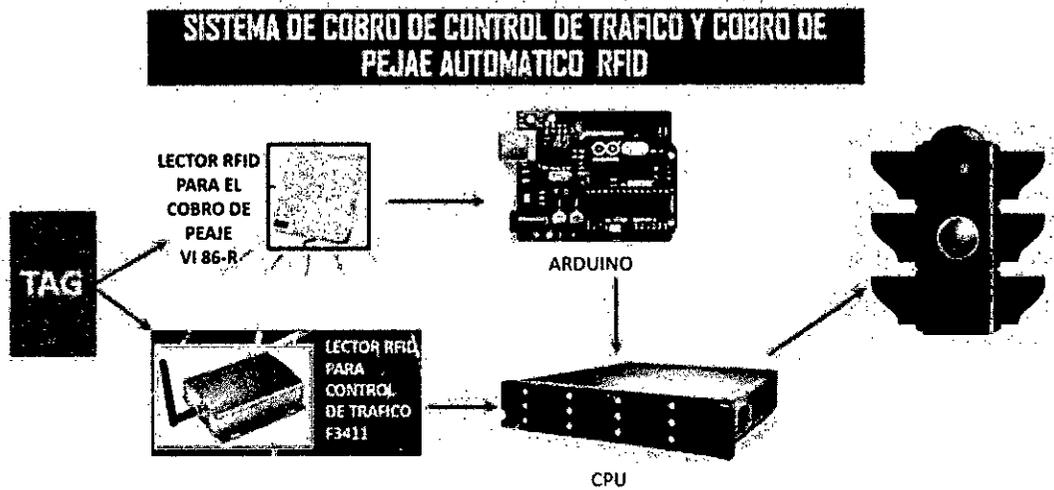


**FIGURA 11:** Esquema del sistema de control de tráfico vehicular haciendo uso de la tecnología RFID de ultra alta frecuencia

**Diseño Del Sistema RFID Para Cobro De Peaje:** Asimismo para las autopistas que cuenten con peajes se diseñó un sistema para su cobro automático mediante lectores RFID, que ahorrarían el tiempo de espera y atasco generado por los pejes habituales de nuestra ciudad. Sumado a esto el sistema ahorrara el costo humano y el riesgo de contar con dinero en efectivo en cada caseta. La implementación se dará de la siguiente forma:



**FIGURA 12:** Esquema del sistema de cobro de Peajes y control de trafico



**FIGURA 13:** Sistema de control de tráfico y cobro de peaje electrónico RFID

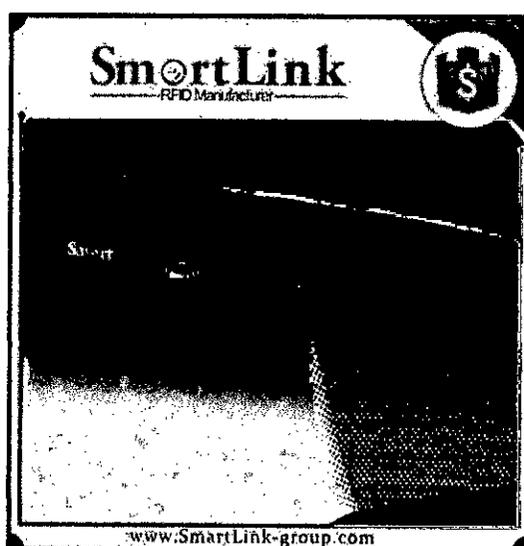
#### 4.2.1 Diseño del Hardware

Para lograr una óptima implementación de nuestro sistema RFID para control vehicular es necesario la utilización de equipos de alta precisión, adquiridos en el mercado nacional y al menor costo, siempre y cuando se cumplan con los requisitos o exigencias de este caso. Estos equipos deberán ser compatibles con los existentes en el mercado para facilitar la implementación, mantenimiento, y en caso de fallas, la sustitución de componentes o equipos de manera oportuna y rápida.

Para nuestro sistema es requerido principalmente: Tag RFID, Lector RFID y Unidad de Procesamiento de Datos.

#### 4.2.1.1 Tag RFID

Existe en el mercado una amplia gama de tags RFID, los cuales varían en su frecuencia de operación, material, distancia de lectura, y área de aplicación. Según el diseño, para garantizar la efectividad de nuestro sistema debemos seleccionar un tag que sea capaz de ser leído a una distancia no menor de 30 mts. Para ello, es obligatorio recurrir a un tipo de tag activo con una distancia de operación entre 0 a 50mts, con un mecanismo anticolidión apropiado para el monitoreo en tiempo real



**FIGURA 14:** Tag RFID Activo de Ultra Alta Frecuencia

Algunas de las especificaciones técnicas, se pueden observar en la siguiente tabla:

Tipo de etiqueta	uhf embutido seco
protocolo estándar	ISO18000-6c/EPC Class 1 Gen 2
Frecuencia De operación	860 ~ 960 Mhz
rango de lectura	cerca de 0.01 ~ 10 cm (puede variar en diferentes lector y el medio ambiente)
Modelo de la viruta	H3 extranjero
Memoria de usuario	512 Bits
Material de la antena	de aluminio grabado
proceso	Flip chip
tamaño del embutido	93x19mm
tamaño de la etiqueta	96.5x23.2mm/101.6x25.4mm/101.6x50.8mm/101.6x101.6mm
Material de la superficie	80g de papel recubierto
de liberación del papel	blanco papel vídriosos
Tiempo de la vida	10 años
Temperatura de funcionamiento	-20 & #8451; ~ 85 & #8451;
aplicaciones	gestión de almacenes logística y gestión de cadena de suministro aparcamiento y gestión de control de Acceso

**TABLA 5:** Especificaciones Técnicas del Tag seleccionado

La finalidad es que este modelo de tag sea instalado en cada uno de los vehículos que transitan en la ciudad de Lima, y contenga la información relacionada al Propietario del vehículo, al conductor habitual, Marca y Modelo del vehículo, y nivel de prioridad que posee. Para ello, inicialmente las tarjetas deben ser presentadas al lector RFID para su validación y posterior almacenamiento en una base de datos en la Unidad Central de Procesamiento.

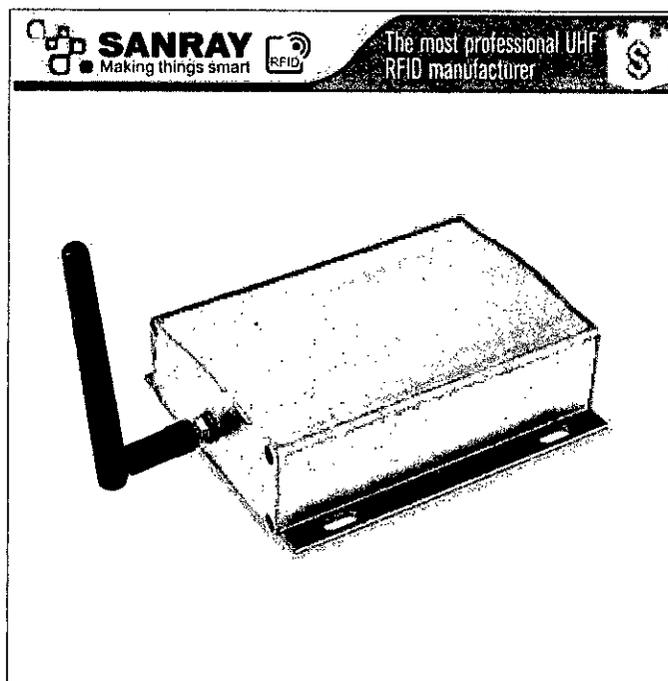
El producto seleccionado es perdurable y relativamente bajo en costo, gracias a que está fabricado en papel recubierto.

**Precio 0.05\$ /unidad**

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/rfid-car-windshield-sticker-for-car-parking-access-control-rfid-uhf-m4-h3-chip-printable-windshield-label-60459448577.html>

#### 4.2.1.2 Lector RFID

Al igual que los tags RFID, los lectores RFID actuales se diferencian unos de otros, por su frecuencia de operación, distancia de lectura, y área de aplicación, entre otras características. En nuestro caso, debemos seleccionar un lector RFID fijo para intemperie, que posea una base rígida y segura que permita la mayor estabilidad posible, y que a su vez sea capaz de leer y transmitir de manera continua, rápida y simultánea la información proveniente de cientos de tags. Los modelos de lectores capaces de cubrir las diferentes exigencias de nuestro proyecto se encuentran en la gama RFID de Ultra Alta Frecuencia, tomando esto en cuenta se decide por seleccionar el Lector RFID mostrado en la figura:



**FIGURA 15:** Lector RFID F3411

**Precio – 100 \$ /Unidad**

[https://www.alibaba.com/product-detail/Omni-directional-2-45G-active-Reader\\_60020813587.html?spm=a2700.7724857.main07.30.4cd617a1Kyb068](https://www.alibaba.com/product-detail/Omni-directional-2-45G-active-Reader_60020813587.html?spm=a2700.7724857.main07.30.4cd617a1Kyb068)

Alguna de sus especificaciones técnicas más relevantes se refleja en la siguiente tabla:

Technology specifications	
Operating frequency	2.4GHz~2.5GHz ISM
Antenna	Connect 1 antenna through SMA
RF power range	-18.0dBm~0.0dBm( adjusted by 32 grade )
Receiving sensitivity	-90.0dBm
Operating mode	FHSS or fixed frequency(set by software)
Modulation	GFSK
Reading range	<ul style="list-style-type: none"> <li>☆ 0~50m (Standard matched antenna SR-24A02R, omni-directional)</li> <li>☆ 0~100m ( Antenna SR-24A12T, directional)</li> <li>☆ 0~200m( Antenna SR-24A18T , directional)</li> </ul> RSSI active reader can be adjusted less than 10m
Anti-collision	Up to 500 tags read simultaneously
Buffer capacity	2000 tags data
Communication speed	250kbps, 1Mbps, 2Mbps(adjustable)
Communication interface	RS-232, RS-485, USB, Wiegand26/34/42/50, Ethernet
Input and output	1 triggering input, 2 relays output
Optional function	2 relays, CAN, RSSI, ID match function, Offline function and Time function
Power supply	AC input: 100~240V, 50/60Hz 1.2A DC output: 5V/1A
Product size	134mm*99mm*34mm
Packing size	284mm*275mm*85mm
Gross weight	0.79kg
Working temperature	-20℃~+70℃
Storage temperature	-40℃~+85℃
Accessories	Standard matched antenna, Power adapter, Power cable, RS-232 cable, USB cable, Ethernet cable
Working status indication	Buzzer, LED indicator

**TABLA 6:** Especificaciones técnicas del lector Seleccionado

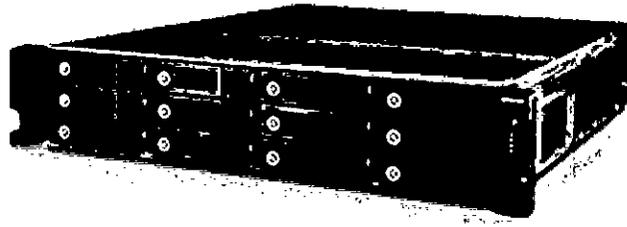
Los lectores RFID deben estar instalados en postes o semáforos en cada intersección y a su vez conectados a una Unidad Central de Procesamiento común de forma permanente, por lo que es requerido inicialmente verificar este enlace y la correcta comunicación de datos entre ambos dispositivos para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema.

#### **4.2.1.3 Unidad Central de Procesamiento**

La Unidad Central de Procesamiento (CPU por sus siglas en inglés) juega un papel primordial en el desempeño y funcionamiento del sistema RFID que hemos diseñado. Esta unidad es la responsable de comparar y analizar constantemente la información recibida de cada uno de los lectores RFID que forman parte del sistema, para así tomar una decisión apropiada y otorgar paso según la prioridad de los vehículos existentes en un instante de tiempo. Es por ello, que es de vital importancia que la Unidad Central de Procesamiento sea capaz de almacenar y relacionar grandes cantidades de información que serán recibidas constantemente.

Cabe destacar que debe contar con una interfaz intuitiva y amigable que permita una fácil manipulación por parte del personal autorizado.

Enfatizando en los requerimientos necesarios para el presente proyecto, consideramos que la Unidad Central de Procesamiento ideal es la siguiente:



**FIGURA 16:** Servidor de Almacenamiento Nas De 12 Bahías TVS-1271U-  
RP-i7-32G – Servidor

Servidor De Almacenamiento Nas De 10 Bahías es un servidor de almacenamiento conectado a una red que permite almacenar y ubicar los datos en un punto centralizado para usuarios autorizados de la red y multiplicidad de clientes. Es decir, este servidor soportaría la conexión y comunicación entre las autoridades necesarias cuando sea necesarias. Los dispositivos NAS son flexibles y expansibles; esto lo que implica es que a medida que vaya necesitando más capacidad de almacenamiento, podrá añadirla a lo que ya tiene.

Alguna de sus especificaciones técnicas más relevantes se refleja en la siguiente tabla:

CPU	<b>TVS-1271U-RP-I7-32G:</b> Quad-core Intel® Core™ i7-4790S 3.2 GHz Processor <b>TVS-1271U-RP-I7-32G</b>
DRAM	System memory: 32 GB DDR3 RAM Memory module pre-installed: 8 GB x4 Total memory slots: 4
Flash Memory	512MB DOM Two mSATA port on board for read caching
Internal Cache Port	<b>Note:</b> The standard system is shipped without mSATA flash module. For the optional mSATA flash module, please visit <a href="http://shop.qnap.com/">http://shop.qnap.com/</a> 12 x 3.5-inch SATA 6Gb/s, SATA 3Gb/s hard drive or 2.5-inch SATA, SSD hard drive
Hard Drive	<b>NOTE:</b> 1. The standard system is shipped without hard drives. 2. For the hard drive compatibility list, please visit <a href="http://www.qnap.com/compatibility">www.qnap.com/compatibility</a>
Hard Disk Tray	12 x hot-swappable and lockable tray 4 x Gigabit RJ-45 Ethernet port (Expandable up to 8 x 1 Gb LAN or 4 x 10 Gb + 4 x 1 Gb LAN by installing optional dual-port 10 Gb and 1 Gb network card)
LAN Port	<b>Note:</b> 1. For the optional network card compatibility list, please visit <a href="http://www.qnap.com/compatibility">www.qnap.com/compatibility</a> 2. For the information of network card installation, please refer to chapter 6 in the Turbo NAS Hardware Manual.
LED Indicators	Status, 10 GbE, LAN, storage expansion port status
USB/eSATA	4x USB 3.0 port (rear) 4x USB 2.0 port (rear)
HDMI	Support USB printer, pen drive, USB hub, and USB UPS etc.
Buttons	1
Alarm Buzzer	System: Power button and reset button
Form Factor	System warning
Dimensions	2U, Rackmount
Weight	89(H) x 482(W) x 534(D) mm 3.5(H) x 18.98(W) x 21.02(D) inch
Sound Level (dB)	16.14 kg/ 35.58 lb (Net) 18.98 kg/ 41.84 lb (Gross)
Power Consumption (W)	Sound pressure (LpAm) (by stander positions): 45.0 dB (with 12 x HITACHI HUS724020ALA640 hard drive installed) HDD Standby: TVS-1271U-RP-I7-32G: 89.82
Temperature	In Operation: TVS-1271U-RP-I7-32G: 176.42 (with 12 x WD WD20EFRX hard drive installed)
Relative Humidity	0~40°C
Power Supply	5~95% non-condensing, wet bulb: 27°C.
PCIe Slot	Input : 100-240V~, 50-60Hz, 7A-3.5A
Fan	Output: 500W
	2 (1* PCIe Gen3 x8, 1* PCIe Gen3 x4)
	3 x 7 cm smart cooling fan

**TABLA 7:** Especificaciones Técnicas Unidad Central de Procesamiento seleccionada

La Unidad Central de Procesamiento va a ser instalada dentro de una caja para intemperie bajo protocolo de protección IP67, lo que la hace inmune a la lluvia y el polvo, esto para evitar problemas futuros en su funcionamiento. Se propone que en

cada intersección sea instalada una Unidad Central de Procesamiento común para establecer comunicación con todos los lectores en dicha intersección.

Nuestro sistema RFID no contempla ser un sustituto de los semáforos actuales, en su lugar, lo que planteamos en primera instancia es la integración de nuestro sistema con los dispositivos actuales de control vehicular (semáforos) para mejorar la fluidez del tráfico.

<http://www.naschile.cl/es/qnap/1863-tvs-1271u-rp-i7-32g-servidor-nas-de-12-bahias.html>

#### 4.2.1.4 Arduino:

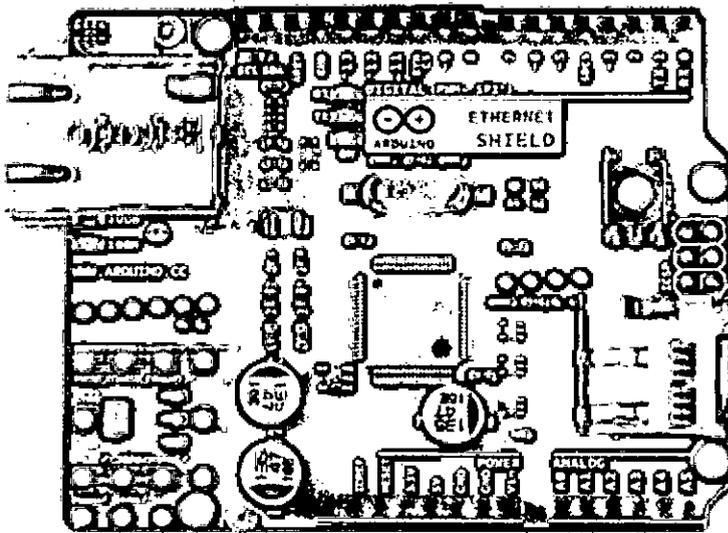


FIGURA 17: Arduino Usado para el cobro de peaje automático

## Resumen de características Técnicas

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Limite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

**TABLA 8:** Especificaciones Técnicas del Arduino

### 4.2.2 Diseño del Software

Todos los componentes del sistema juegan un papel fundamental en el funcionamiento. Sin embargo, la Unidad Central de Procesamiento es el engranaje en nuestro proyecto, ya que si este dispositivo no funciona correctamente, no es relevante que tarjetas y lectores cumplan óptimamente sus funciones, de igual manera el sistema no cumplirá la finalidad de control vehicular. Esto debido a que, la Unidad Central de Procesamiento, es la encargada de almacenar toda la información, y relacionarla con la obtenida desde los diferentes lectores RFID para, según los niveles de prioridad de los vehiculos en un instante dado, ceder el paso a aquellos que se consideren más importantes.

En cuanto al software, sólo los lectores RFID y la Unidad de Procesamiento tienen un software con interfaz visible. Pero por razones críticas, es primordial que la Unidad Central de Procesamiento cuente con uno, que sea amigable, intuitivo y

personalizado según los requerimientos de control vehicular. Por su parte los lectores RFID continenen un software estandar compatible con la mayoría de otros lectores, y los tags su software o parte lógica se encuentra contenida en su circuito integrado, el cual no puede ser modificado o visualizado.

Por esta razon, en esta sección, hacemos énfasis en el diseño de Software de nuestra Unidad Central de Procesamiento.

Para el desarrollo del software usaremos Visual Studio.Net



**FIGURA 18:** Logo de Visual Studio

#### **4.2.2.1 Sistema Operativo**

Para la elección del sistema operativo de la Unidad Central de Procesamiento, nos enfocamos en ciertos aspectos como la estabilidad, confiabilidad, compatibilidad, seguridad, penetración en el mercado, entre otros. En función de los aspectos mencionados, decidimos utilizar Windows 10 como Sistema Operativo.



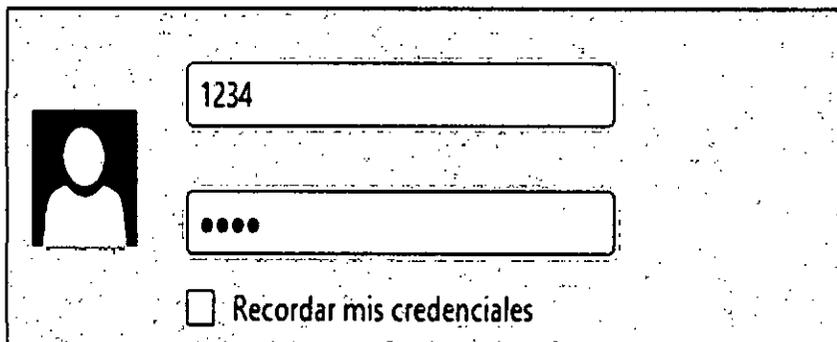
**FIGURA 19:** Sistema Operativo Windows 10

#### 4.2.2.2 Software RFID Control Vehicular

Una vez seleccionado el Sistema Operativo ideal, es importante determinar cuáles son las características esenciales que debe poseer el Software RFID de Control Vehicular para permitir el correcto funcionamiento de nuestro sistema. Entre estas características podemos citar:

##### 4.2.2.2.1 Niveles de Acceso

Es fundamental que el software a emplear permita la creación de diferentes tipos de usuario con su respectiva contraseña. Esto para distinguir aquellos que puedan realizar modificaciones totales al sistema, de aquellos cuyas tareas o asignaciones estarán limitadas. Al iniciar el software siempre debe solicitar las credenciales de acceso correspondientes, tal como se muestra en la figura:



The image shows a login interface with a user icon on the left. To the right, there are two input fields: the top one contains the number '1234' and the bottom one contains four dots representing a password. Below the password field is a checkbox labeled 'Recordar mis credenciales'.

**FIGURA 20:** Acceso al Software del Sistema

El usuario que accede al sistema, quedará registrado en una bitácora junto con las modificaciones o cambios que ha realizado y el tiempo que ha permanecido en sesión.

#### 4.2.2.2.2 Base de Datos en Access

Considerando el Sistema Operativo elegido, es apropiada la utilización de Microsoft Access como base de datos de nuestro programa RFID de Control Vehicular. La base de datos seleccionada, es bastante segura, confiable y estable para el almacenamiento de grandes cantidades de información. En esta base de datos reposarán los datos referentes a:

- **Dueño del Vehículo:** Nombre, Apellido, Fecha de Nacimiento, Edad, Numero de Identificación, Dirección, entre otros.
- **Datos del Vehículo:** N° de Serial, Marca, Modelo, Color, Nivel de Prioridad según su uso.
- **Datos Lectores RFID:** Marca, Modelo, Estado.
- **Datos Tags:** La información referente al dueño y datos de los vehículos, estará contenida en un Tag, el cual para efectos del software va a ser identificado por un Código Único otorgado por el fabricante.
- **Otros:** Usuarios, Reportes diarios, Estadísticas, etc.

El icono de la Base de Datos en Windows 10, es el siguiente:



**FIGURA 21:** Icono Microsoft Access

#### 4.2.2.2.3 Módulo Registro de Vehículo/Conductor

Es de suma importancia tener un respaldo de la información del vehículo y la persona que lo conduce. Para ello, es necesario que nuestro software posea un Módulo de Registro de Vehículo/Conductor que permita añadir el texto e imágenes que se consideren.

A través de este módulo será posible asignar un nivel de prioridad según el uso del vehículo dentro la clasificación siguiente:

**Prioridad 1:** Nivel de Prioridad Alto. Lo constituyen los Vehículos de Emergencia como ambulancias, bomberos, policías, entre otros.

**Prioridad 2:** Nivel de Prioridad Medio. Está compuesto por vehículos oficiales, taxis, buses institucionales o de transporte público, unidades de carga.

**Prioridad 3:** Nivel de Prioridad Bajo. Asignado a todo vehículo de uso particular. En función de estos niveles de prioridad la Unidad Central de Procesamiento, tomará la decisión (bajo un algoritmo matemático) de que vías tendrá el acceso en primer lugar.

Importante resaltar que, cada vehículo/conductor registrado debe estar relacionado con el código único de identificación que posee el tag, y el cual ha sido asignado previamente por el fabricante. De esta manera, se garantiza que cada vehículo/conductor posea un número identificación propia, única e irrepetible.

La interfaz del módulo de Registro de Vehículo/Conductor se refleja en la siguiente figura:

INGRESAR VEHICULO/CONDUCTOR	
Filtrar Activos <input type="button" value="Filtrar"/> <input type="button" value="Desfiltrar"/>	
Buscar <input type="text"/>	
Placa <input type="text" value="AAA.791"/> <input type="checkbox"/> activo <input type="checkbox"/>	<b>FOTO DEL VEHICULO</b> 
Código RFID <input type="text" value="1234567"/>	
Marca <input type="text" value="TOYOTA"/>	<input type="button" value="Foto"/> <input type="button" value="Prioridad del Vehículo"/> <input type="text" value="2"/>
Modelo <input type="text" value="COROLLA"/>	
Tipo <input type="text" value="SEDAN"/>	<b>Propietario</b> <input type="text" value="ALEJANDRO BPICEÑO"/> <input type="button" value="X"/> <input type="button" value="Lightbulb"/>
Color <input type="text" value="AZUL"/>	
Chasis <input type="text" value="LPN542552225MMML"/>	<b>D.N.I.</b> <input type="text" value="84351235"/> <input type="button" value="X"/> <b>Teléfono</b> <input type="text" value="932 831 249"/>
Motor <input type="text" value="RJ255533234P3H5"/>	<b>Conductor D</b> <input type="text" value="ALEJANDRO BPICEÑO"/> <input type="button" value="X"/>
Capacidad pasajeros / peso <input type="text" value="5"/>	<b>D.N.I.</b> <input type="text" value="84351235"/> <input type="button" value="X"/> <b>Teléfono</b> <input type="text" value="932 831 249"/>
Ciudad <input type="text" value="LIMA"/>	<b>FOTO PROPIETARIO</b> 
Municipalidad <input type="text" value="LOS OLIVOS"/>	
Fecha Ingreso <input type="text" value="15/07/2017"/>	<b>Notes</b> <input type="text"/>

FIGURA 22: Interfaz Modulo de Registro Vehículo/Conductor

#### 4.2.2.2.4 Módulo Registro de Tag RFID

El Tag como se ha mencionado en ocasiones anteriores, es el dispositivo que en su memoria va a contener toda la información de interés en relación al vehículo/conductor de manera codificada. Este tag va a poseer un número único asignado por el fabricante el cual debe ser de conocimiento para el software RFID. La interfaz relacionada a este módulo tendrá el aspecto tal cual como se muestra en la figura:

REGISTRO DE TARJETA RFID	
<p>Código RFID 1234567</p> <p>ALEJANDRO BRICEÑO</p> <p>ASIGNAR ELIMINAR</p>	<p>FOTO DEL VEHICULO</p>  <p>Prioridad del Vehículo 2</p> <p>Propietario ALEJANDRO BRICEÑO</p> <p>D.N.I. 84351235 Teléfono 932 831 249</p> <p>Conductor D ALEJANDRO BRICEÑO</p> <p>D.N.I. 84351235 Teléfono 932 831 249</p> <p>FOTO PROPIETARIO</p>  <p>Notas</p>

FIGURA 23: Interfaz Módulo de Registro tarjeta RFID

### 4.3 Población y Muestra

La población que abarca esta investigación se circunscribe a la provincia de Lima, se tomaron por tener el problema más grave no solo del país sino a nivel de Latinoamérica en lo que respecta al problema del tránsito vehicular.

En total se realizaron 50 encuestas las cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

LA MOLINA 10

SAN ISIDRO 10

LOS OLIVOS 10

VILLA EL SALVADOR 5

SAN MIGUEL 5

ATE 10

#### 4.4 Técnicas de instrumentos de recolección de datos

Analizamos información de diferentes medios e hicimos sondeos entre la población de la ciudad de Lima para sustentar nuestra hipótesis con respecto a la percepción de la población frente al problema del tráfico.

#### 4.5 Procedimiento de recolección de datos

Se procedió a realizar una encuesta a 50 personas en diferentes distritos de la ciudad de Lima, tanto hombres y mujeres entre 17 y 50 años para tener una apreciación más directa sobre la problemática del tráfico vehicular. El modelo de la encuesta se aprecia en la siguiente tabla:

ENCUESTA		
Distrito		
Edad		
Sexo	M	F
Para cada elemento a continuación marque con una X :		
PREGUNTAS	SI	NO
1- ¿Considera usted que el tráfico vehicular es un problema grave actualmente?		
2- ¿Considera usted que el estado está tomando las medidas necesarias para reducir la problemática del tráfico?		
3- ¿Estaría usted de acuerdo en la implementación de un sistema de control de tráfico y peaje vehicular que mejore la situación caótica que vive Lima?		
4- ¿Está usted de acuerdo en la colocación de elementos de lectura en los vehículos para mejorar el control del tráfico?		
5- ¿Está de acuerdo en que los peajes se cobren de forma automática sin tener que detener el vehículo?		

**TABLA 9:** Modelo de Encuesta

Se consideraron las siguientes preguntas:

- 1-. ¿Considera usted que el tráfico vehicular es un problema grave actualmente?
- 2-. ¿Considera usted que el estado está tomando las medidas necesarias para reducir la problemática del tráfico?
- 3-. ¿Estaría usted de acuerdo en la implementación de un sistema de control de tráfico y peaje vehicular que mejore la situación caótica que vive Lima?
- 4-. ¿Está usted de acuerdo en la colocación de elementos de lectura en los vehículos para mejorar el control del tráfico?
- 5-. ¿Está de acuerdo en que los peajes se cobren de forma automática sin tener que detener el vehículo?

#### 4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

Luego se procedió a analizar los datos de las 50 encuestas realizadas, obteniéndose los siguientes resultados:

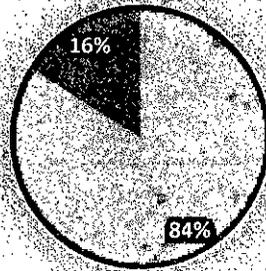
	SI	NO
Pregunta 1	42	8
Pregunta 2	12	38
Pregunta 3	48	2
Pregunta 4	31	19
Pregunta 5	36	14

**TABLA 10:** Resultados de la Encuesta

Prácticamente el total de los encuestados consideran que si hay un grave problema de tránsito vehicular, así mismo el total de encuestados estaba a favor de la implementación de un sistema de control de tráfico que mejore la situación caótica de la región.

La gran mayoría considera que se implemente un nuevo sistema de peaje ya que el actual sistema de cobro de peajes es inadecuado, obsoleto y genera más tráfico.

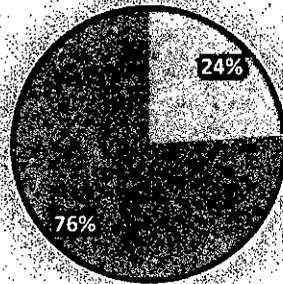
**1-. ¿Considera usted que el tráfico vehicular es un problema grave actualmente?**



■ SI ■ NO

**GRAFICO 1:**  
GRAFICO ESTADISTICO DE PREGUNTA 1

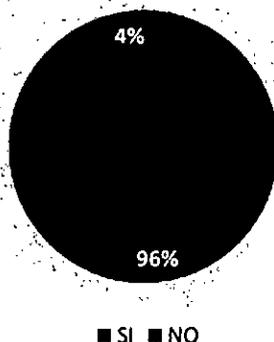
**2-. ¿Considera usted que el estado está tomando las medidas necesarias para reducir la problemática del tráfico?**



■ SI ■ NO

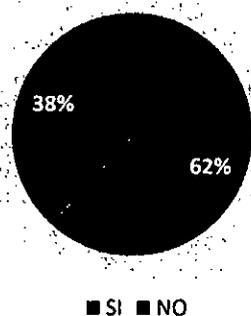
**GRAFICO 2:**  
GRAFICO ESTADISTICO DE PREGUNTA 2

**3- ¿Estaría usted de acuerdo en la implementación de un sistema de control de tráfico y peaje vehicular que mejore la situación caótica que vive Lima?**



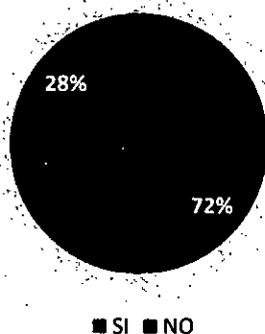
**GRAFICO 3:**  
GRAFICO ESTADISTICO DE PREGUNTA 3

**4- ¿Está usted de acuerdo en la colocación de elementos de lectura en los vehículos para mejorar el control del tráfico?**



**GRAFICO 4:**  
GRAFICO ESTADISTICO DE PREGUNTA 4

**5- ¿Está de acuerdo en que los peajes se cobren de forma automática sin tener que detener el vehículo?**



**GRAFICO 5:**  
GRAFICO ESTADISTICO DE PREGUNTA 5

## 4.7 Estudio de Mercado

Se hizo un estudio de mercado para ver la viabilidad de un sistema de control de tráfico y peaje vehicular en la ciudad de Lima utilizando tecnología RFID de ultra alta frecuencia, basándonos en 3 puntos fundamentales:

### 4.7.1 Análisis de la Competencia:

Actualmente se cuenta con un sistema de control de tráfico en Lima Metropolitana MFU3000 y el sistema de peajes Manual que lejos de ayudar agrava más el problema:

#### ▪ **REGULADOR DE TRÁFICO URBANO - MFU3000:**

El Regulador de Tráfico es un equipo electrónico encargado fundamentalmente de controlar un conjunto de semáforos generalmente situados en una intersección o cruce de vehículos en la vía pública.

- Plataforma hardware de la CPU, basada en microprocesador ARM de última generación. Dotada de periféricos para una total conectividad (Ethernet LAN y USB entre otros).
- Soporta hasta tres CPU principales para diferentes funcionalidades y dos micro- procesador por cada módulo de salida a dos grupos semafóricos.
- Aplicación embebida en sistema operativo tiempo real (RTOS).
- Módulo dispositivo GPS opcional para la sincronización horaria.
- Gestión de comunicaciones inalámbricas: GSM, GPRS, UMTS.
- Canal remoto para centralización mediante Ethernet LAN nativo
- Canal local de mantenimiento multi-interface:  
RS232, LAN, USB, GSM, GPRS, UMTS, BLUETOOTH.
- Gestión de niveles de acceso para usuarios

- Envío de alarmas y eventos mediante mensajes SMS y también correo electrónico opcionales.
- Control de lámparas de incandescencia, halógenas y focos de LEDS
- Disminución nocturna de flujo opcional.
- Compatibilidad 100% con todos los reguladores de SICE.

**DESVENTAJA:** No es capaz de identificar el volumen de tráfico real y se solo basa en control manual y temporizado lo cual es insuficiente.

▪ **EMPRESAS CONCESIONARIAS DE PEAJE:**

Son innumerables las desventajas de este tipo de sistema que tiene la ciudad de Lima sin embargo el principal es sin duda el caos que genera en horas punta agravando más el tráfico ya existente .

#### 4.7.2 Estrategia

La estrategia debe basarse en lo siguiente:

Liderazgo en costo: Consiste en mantenerse en los primeros lugares de la lista a nivel competitivo a través de aventajar a la competencia en materia de costos. Queda claro que un sistema RFID es superior en costo debido a que ahorra el pago a los empleados y todos los gastos de papelería, administrativos y recaudación.

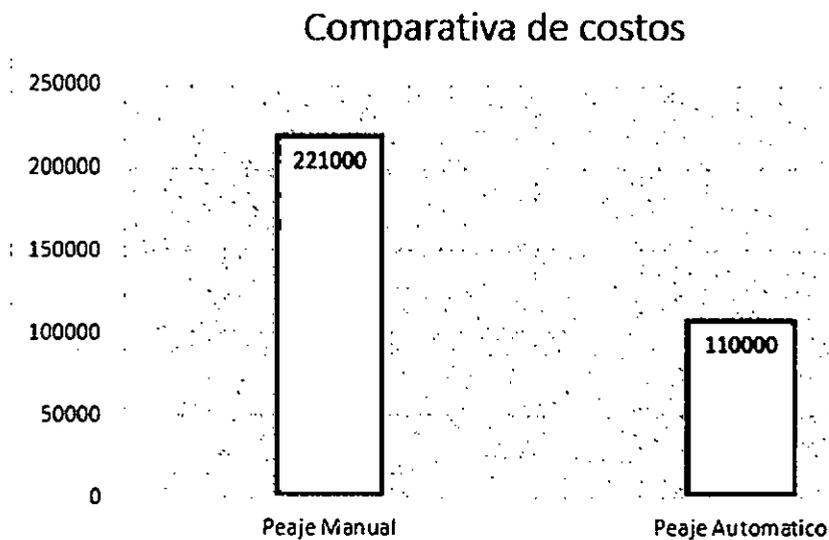
METODO ACTUAL DE COBRO DE PEAJES				
PUESTO	CANTIDAD	SUELDO	MENSUAL	TOTAL X AÑO(14 SUELDOS)
CAJERO	5	1500	7500	105000
ADMINISTRADOR	1	4000	4000	56000
CONTADOR	1	3000	3000	42000
PAPELERIA			500	6000
SERVICIOS			1000	12000
				221000

TABLA 11: Gastos de un peaje manual en Lima-Perú

METODO RDIF AUTOMATICO PARA COBRO DE PEAJE				
PUESTO	CANTIDAD	SUELDO	MENSUAL	TOTAL X AÑO(14 SUELDOS)
CAJERO	0	0	0	0
ADMINISTRADOR	1	4000	4000	56000
CONTADOR	1	3000	3000	42000
PAPELERIA			500	6000
SERVICIOS			500	6000
				110000

**TABLA 12:** Gastos de un peaje Automático usando la tecnología RFID

Como vemos tan solo en un puesto de peajes de los muchos que hay una empresa concesionaria gasta 105 000 soles sin contar con los seguros de vida, licencias, accidentes y el riesgo de tener el dinero en físico y no de forma virtual como propone este proyecto. El ahorro es notable en la siguiente gráfica:



**GRAFICO 6:** Comparativa de costos de mantenimiento del peaje actual con el peaje RFID

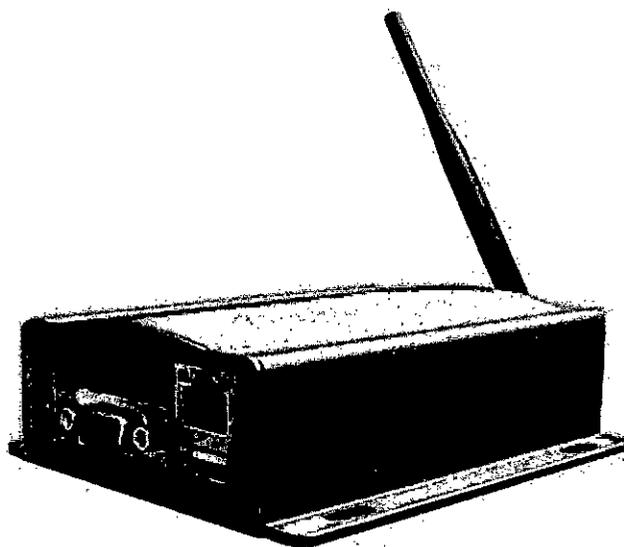
## Diferenciación

Resulta fácil saber que el sistema RFID es muy superior al actual ya que puede detectar el volumen de tráfico real e identificar cada vehículo por jerarquía e importancia y no solo temporizar los semáforos en base a horarios.

## 4.8 Estudio Técnico

### 4.8.1 Tamaño:

El área para alojar el lector RFID debe tener las dimensiones según el modelo del lector, usando el F3411 tenemos:



**FIGURA 24:** Lector RFID F3411

Product size	134mm *99mm *34mm
Packing size	284mm *275mm *85mm
Gross weight	0.79kg

**TABLA 13:** Dimensiones del lector RFID F3411

Para su acople al semáforo solo hace falta tener en cuenta el área y el respectivo cableado de datos y energía para ponerlo operativo además de los demás módulos de comunicación con la central.

#### **4.8.2 Proceso Técnico**

Lo definimos como un conjunto de acciones, tareas y técnicas que se llevan a cabo para la implementación del sistema RFID para el control de tráfico:

- Compra de los equipos Lectores RFID
- Implementar el uso de Tag para la lectura y reconocimiento en los vehículos.
- Implementar el sistema de procesamiento RFID También conocido como middleware, es un programa informático de fácil manipulación que sirve para enviar comandos de control al lector RFID, y procesar o gestionar la información proveniente de los tags almacenadas en el lector.
- Asignar una Frecuencia específica (UHF) para la transmisión de datos entre los tags en los vehículos y los lectores RFID.

#### **4.8.3 Localización:**

La localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad. Para tal objeto la implementación en semáforos y peajes se hará en las avenidas e intersecciones más congestionadas de la capital como son:

- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| ▪ Av. Abancay               | ▪ Av. Canadá        |
| ▪ Av. Javier Prado          | ▪ Av. Universitaria |
| ▪ Av. Evitamiento           | ▪ Av. Arequipa      |
| ▪ Panamericana Sur y Norte. | ▪ Av. La Marina     |

#### **4.8.4 Obra Física**

Las inversiones en obras físicas incluyen instalación del equipo lector RDIF con todo lo que conlleva para lograrlo y acondicionamiento para el equipo de procesamiento de datos.

### **4.9 Estudio Económico – Financiero**

#### **4.9.1 Inversión**

En esta primera etapa requerimos hacer una inversión de 180 000 nuevos soles con un retorno de la inversión en 1 año.

La inversión la descomponemos en los siguientes conceptos

- Gastos Administrativos y de Logística S/. 100000.
- Gastos en Equipos y herramientas necesarias para la implementación S/. 70 000.
- Gastos Varios S/. 10 000.

#### **4.9.2 Análisis y Proyecciones Financieras**

El porcentaje del margen medio de contribución al beneficio o margen bruto del negocio, se entiende como la diferencia entre los ingresos por ventas y los costos variables en los que se incurren en la realización de dichas ventas. El margen de contribución medio considerado para el proyecto asciende a 80 %. Es decir, consideramos que de cada S/. 100 de ingresos que se generen en el desarrollo de la actividad, se obtendrán S/. 180 de margen, con los cuales se habrán de cubrir el

resto de gastos en los cuales incurriremos en el desarrollo de la actividad (costes fijos o de estructura) para una vez cubiertos estos, empezar a obtener beneficio.

Consideraremos gastos financieros al pago de los intereses del préstamo bancario.

### 4.9.3 VAN y TIR

La TIR, es la tasa de descuento que hace el VPN igual a 0, también se le conoce como la tasa de rentabilidad promedio anual que el proyecto paga a los inversionistas por invertir sus fondos allí.

Esa tasa de rentabilidad, se debe comparar contra lo que se desea ganar como mínimo: el WACC si se utiliza el FCL, o el COK si es el FCA.

Podemos ver los valores que nos da para el Van y el TIR.

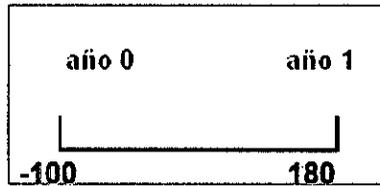
VAN				
			decisión	razón
VAN	>	0	aceptar	crea valor
VAN	=	0	aceptar	rinde lo esperado
VAN	<	0	rechazar	destruye valor

TIR				
			decisión	razón
TIR	>	tasa de descuento	aceptar	crea valor
TIR	=	tasa de descuento	aceptar	rinde lo esperado
TIR	<	tasa de descuento	rechazar	destruye valor

**TABLA 14:** Tabla de valores para el VAN y el TIR

Lo cual me dice, que el proyecto ha pedido S/. 100 (al ser un FCL no importa a quién) y ha entregado, en efectivo, S/. 180 por cada año.



**FIGURA 25:** FLC de nuestro proyecto en inversión

WACC de este proyecto es de 9.50%; lo que significa, que esta es la valla mínima que el proyecto debe superar para crear valor.

Con estos datos podemos hacer nuestra ecuación para calcular el TIR y la tasa de descuento, como sabemos que el TIR desde el punto de vista matemático es el que hace al VPN tender a 0 entonces nos queda:

$$-100 + \frac{180}{(1 + \text{TIR})^1} = 0$$

**FIGURA 26:** Fórmula para calcular nuestro TIR

Encontramos que el TIR es igual a 135 para que nuestra ecuación tienda a Cero lo que significa que nuestro proyecto entrega una rentabilidad de 135%.

Nuestro proyecto cumple con las expectativas de rentabilidad y por tanto podría ser aceptado.

#### 4.9.4 Relación Costo – Beneficio

La relación Beneficio/Costo es el cociente de dividir el valor actualizado de los beneficios del proyecto (ingresos) entre el valor actualizado de los costos

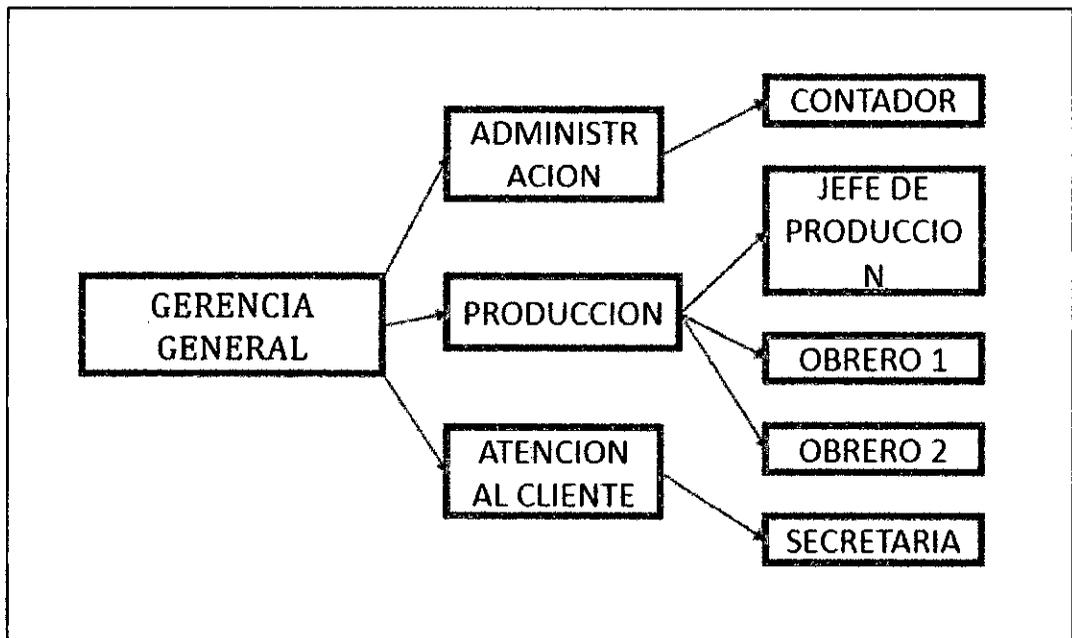
(egresos) a una tasa de actualización igual a la tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA), a menudo también conocida como tasa de actualización o tasa de evaluación.

Los beneficios actualizados son todos los ingresos actualizados del proyecto, aquí tienen que ser considerados desde ventas hasta recuperaciones y todo tipo de “entradas” de dinero; y los costos actualizados son todos los egresos actualizados o “salidas” del proyecto desde costos de operación, inversiones, pago de impuestos, depreciaciones, pagos de créditos, intereses, etc. de cada uno de los años del proyecto. Dividimos la suma de los beneficios actualizados de todos los años entre la suma de los costos actualizados de todos los años del proyecto.

De acuerdo con este criterio, la inversión en un proyecto productivo es aceptable si el valor de la Relación Beneficio/Costo es mayor o igual que 1.0. Al obtener un valor igual a 1.0 significa que la inversión inicial se recuperó satisfactoriamente después de haber sido evaluado a una tasa determinada, y quiere decir que el proyecto es viable, si es menor a 1 no presenta rentabilidad, ya que la inversión del proyecto jamás se pudo recuperar en el periodo establecido evaluado a una tasa determinada; en cambio si el proyecto es mayor a 1.0 significa que además de recuperar la inversión y haber cubierto la tasa de rendimiento se obtuvo una ganancia extra, un excedente en dinero después de cierto tiempo del proyecto

En nuestro proyecto de inversión se obtuvo  $R B/C = 1.8$  Soles lo que significa que por cada Sol invertido, dicho Sol fue recuperado y además se obtuvo una ganancia extra de 0.8 Soles.

#### 4.10 Estudio de la Organización Administrativa



**FIGURA 27:** Esquema de la Organización Administrativa

#### 5. RESULTADOS:

- ✓ El lector RDIF logro reconocer con éxito los tags instalados en los vehículos.
- ✓ La transmisión de información se dio de forma rápida y precisa entre el Lector RDIF, Tag y CPU.
- ✓ El software respondió de acuerdo a lo esperado clasificando la información de los vehículos de acuerdo a jerarquía y prioridad.
- ✓ La seguridad del software se probó para reducir cualquier tipo de violación al sistema.

## **6. DISCUSION DE RESULTADOS**

### **6.1 Constatación de la Hipótesis con los resultados**

El diseño e implementación del sistema funciono correctamente al someter al lector RFID a la lectura de más de 40 Tags en la simulación e implementación, pudiendo discriminar y clasificar de forma correcta los vehículos de acuerdo a jerarquía e importancia, demostrando que es una efectiva solución al problema del tráfico.

### **6.2 Constatación de resultados con otros estudios similares**

Se hizo un estudio del servicio que presta el sistema actualmente usado Lima Metropolitana para el control y mejoramiento del tráfico analizando su funcionamiento para tener una referencia con respecto a la prestación de este servicio: Implementación, costos del servicio (Instalación, pago mensual, etc.)

#### **6.2.1 REGULADOR DE TRÁFICO URBANO - MFU3000:**

Desarrollado e implementado por SICE “Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas S.A”. (SICE) es una empresa multinacional integradora de tecnologías en el campo del Tráfico y Transporte, Medioambiente y Energía, Telecomunicaciones y todo tipo de procesos industriales

El Regulador de Tráfico MFU3000 es un equipo electrónico encargado fundamentalmente de controlar un conjunto de semáforos generalmente situados en una intersección o cruce de vehículos en la vía pública. Sus características son:

- Plataforma hardware de la CPU, basada en microprocesador ARM de última generación. Dotada de periféricos para una total conectividad (Ethernet LAN y USB entre otros).

- Gestión de comunicaciones inalámbricas: GSM, GPRS, UMTS.
- Canal remoto para centralización mediante Ethernet LAN nativo
- Envío de alarmas y eventos mediante mensajes SMS y también correo electrónico opcionales.
- Compatibilidad 100% con todos los reguladores de SICE.

#### **6.2.1.1 Modo de Funcionamiento**

La configuración y programación básica del regulador MFU3000 permite una estrategia de control por fases y/o grupos en cualquiera de los modos de funcionamiento, con dependencia del tráfico mediante detectores de vehículos, actuado o semi-actuado, sin dependencia del tráfico en secuencia fija, coordinado con otros equipos o de forma independiente (autónomo), o centralizado mediante centrales de zona u ordenadores que realizan una gestión integral del tráfico desde un centro de control. En todos los modos pueden ejecutarse tantas estrategias de prioridad a vehículos de transporte público, ya sea por fases como por grupos, como estrategias de Emergencia.

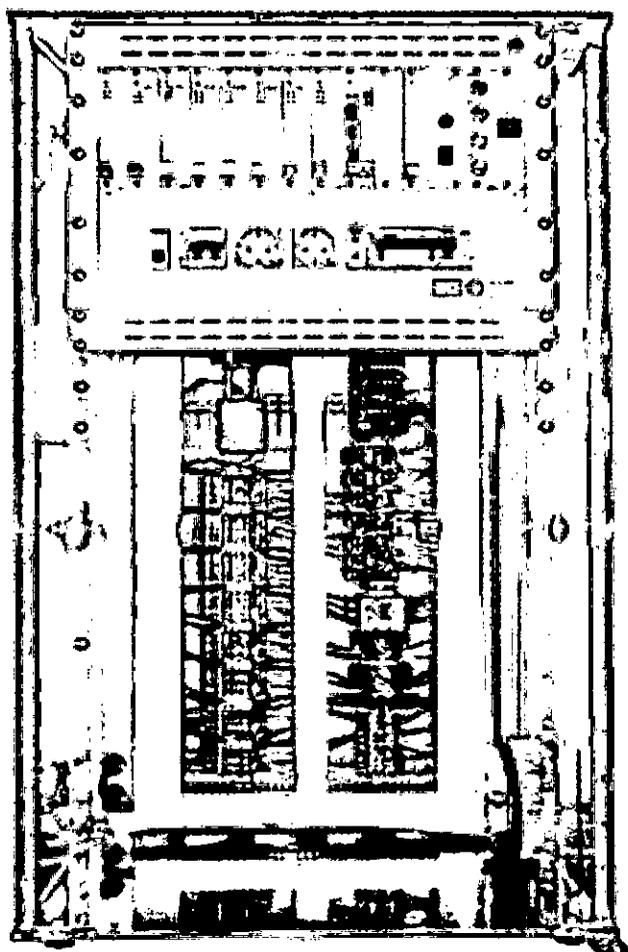
#### **6.2.1.2 Métodos de Control**

El regulador dispone de los siguientes métodos de control para realizar la selección de planes de tráfico y ejecutar el avance de las fases estables.

- Control Manual.
- Control Autónomo
  - Selección de Planes Horarios
  - Selección por Datos del Tráfico.
- Control Centralizado.

- Control Adaptativo.

El Modo de Funcionamiento del regulador puede ser tanto por fases como por grupos.



<b>FICHA TÉCNICA</b>	
<b>CPU principal:</b>	Arquitectura ARM 32 bits.
<b>Tensión de alimentación:</b>	85 a 264 V
<b>Frecuencia:</b>	50/60 Hz
<b>Corriente máxima por salida:</b>	6,3 A
<b>Entradas digitales:</b>	512 DI (propósito general)
<b>Salidas digitales:</b>	128 DO (propósito general)
<b>Entradas analógicas:</b>	3 AI
<b>Tensión de suministro a las salidas:</b>	230 V, 42 V, 110 V, 125 V con posibilidad de control de luminosidad ("Dimming")
<b>Comunicaciones:</b>	RS232/RS485 / Ethernet
<b>Puerto USB:</b>	2 puertos USB (1 slave + 1 master)
<b>Módulos GPRS y GPS:</b>	opcionales
<b>Salidas de potencia:</b>	192 (agrupadas en grupos semafóricos Rojo/Ambar/ Verde y en grupos de mando directo). Total 64 grupos
<b>Rango de temperaturas de funcionamiento:</b>	entre -10°C y +60°C (estándar)

FIGURA 28: Imagen y ficha Técnica del MFU3000

## **7. CONCLUSIONES:**

- a. Se cumplió con el objetivo de diseñar un sistema de control de tráfico y peaje vehicular en la ciudad de lima.
- b. Prácticamente todos los estudios y pilotos realizados muestran preferencia de RFID sobre el código de barras, aun siendo estos últimos más baratos que las etiquetas.
- c. El sistema desarrollado permite la ubicación de los vehículos a partir de sus propios registros en la base de datos del sistema. Lo enviado por cada semáforo principal es un código de posición, que está relacionado a una coordenada en la base de datos, logrando así la localización de los vehículos en tiempo real sin la necesidad de un sistema GPS
- d. El software para el sistema de control de tráfico tuvo que ser desarrollado usando Visual Basic nos Permitted usar con facilidad la plataforma de los sistemas Windows, dado que tiene acceso prácticamente total a la API de Windows, incluidas librerías actuales.
- e. El trabajar con un diseño propio e innovador nos permitió tener el control sobre los costos de desarrollo y posterior implementación.

## **8. RECOMENDACIONES:**

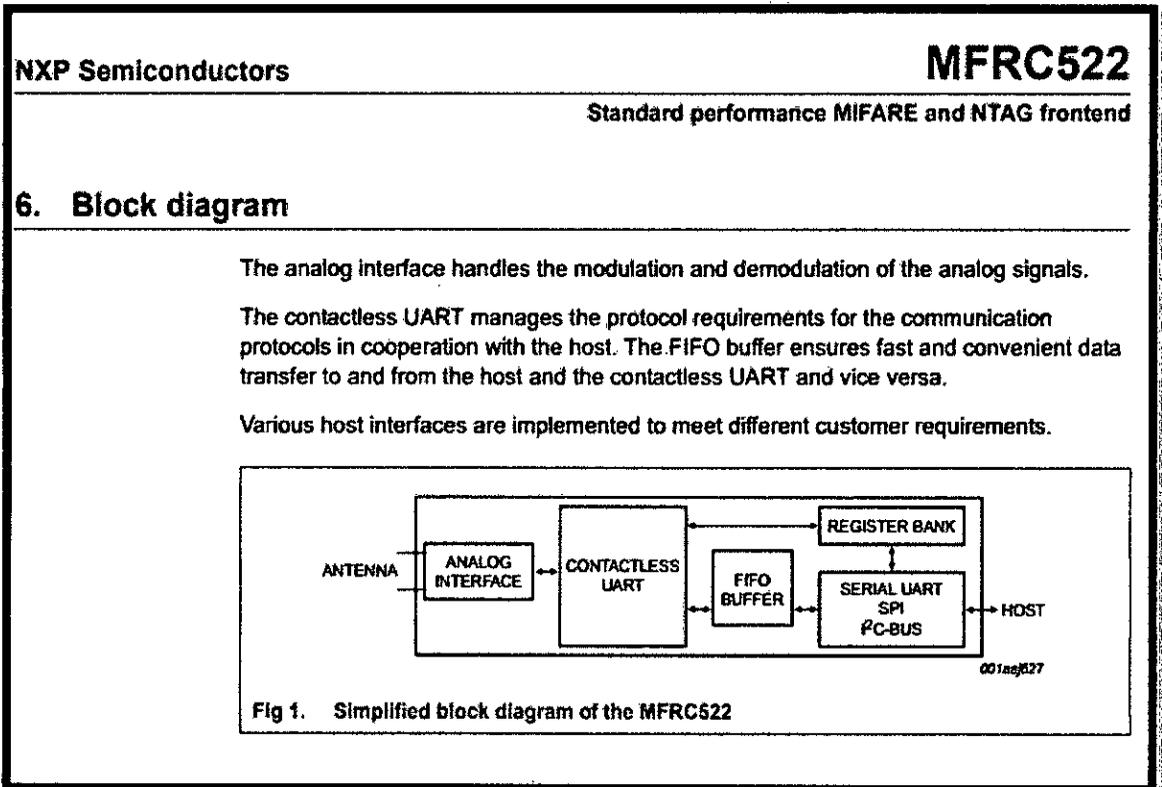
- ✓ Es recomendable el cifrado de las etiquetas (TAG) cuando porten información sensible o privada.
- ✓ Se podría variar las tecnologías de identificación vehicular o de personas, con alguna tecnología de menor costo monetario o de procesamiento.
- ✓ Priorizar la implementación de esta tecnología a los principales focos de tráfico en la capital que es donde verdaderamente hace la diferencia este sistema de control de tráfico.

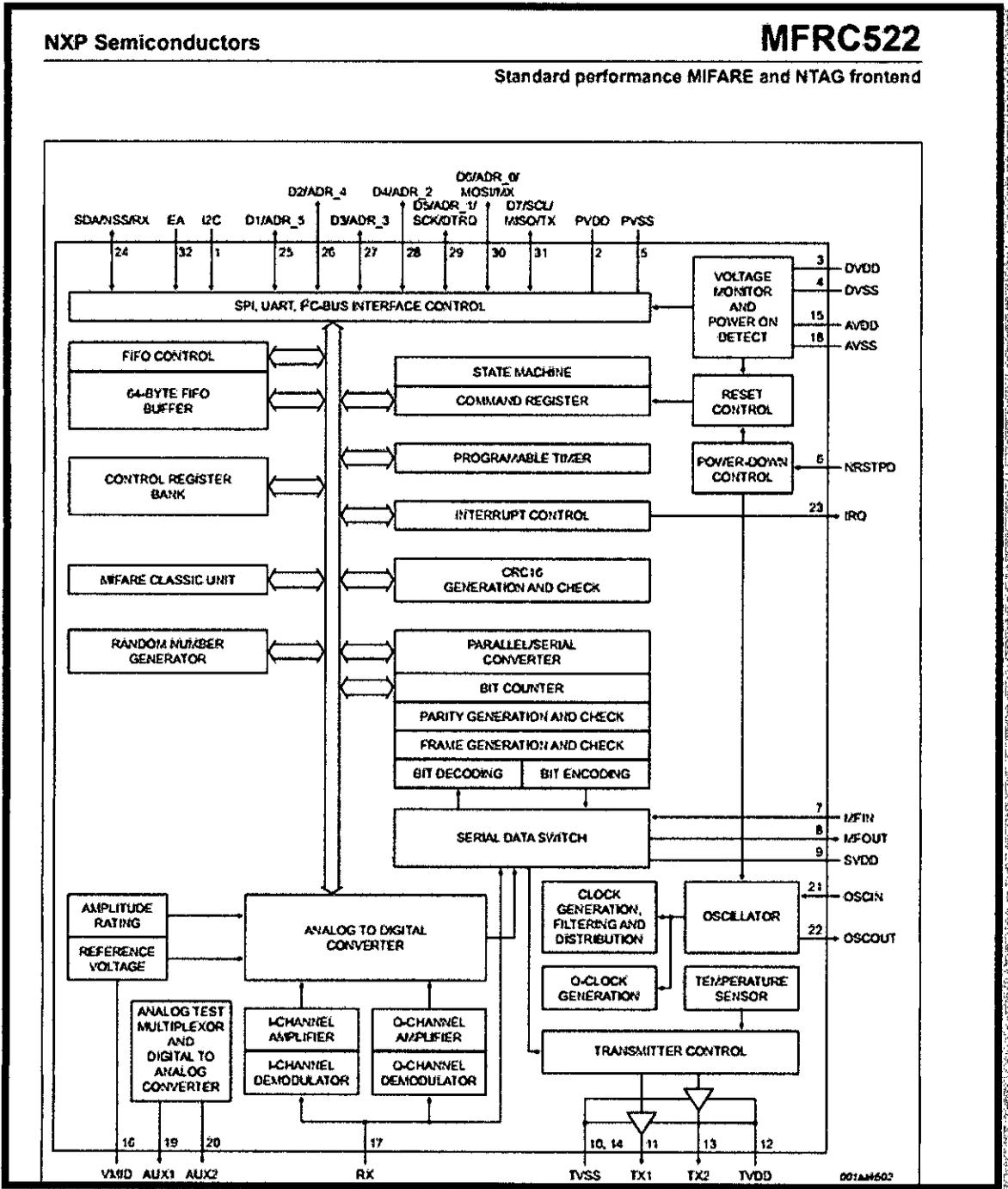
## IX REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✓ INEI “Flujo vehicular por unidades de peaje” N° 09: Julio 2017.  
([https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/09-informe-tecnico-n09\\_flujo-vehicular-jul2017.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/09-informe-tecnico-n09_flujo-vehicular-jul2017.pdf)) Consultado el: setiembre 2017.
- ✓ INEI – Parque Automotor en Circulación a Nivel Nacional – Tabla comparativa – Diciembre 2012 - <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/transport-and-communications>
- ✓ RPP Noticias - Estadísticas de Tráfico Lima 2015 - Artículo Informativo - 11 Noviembre 2015 <http://rpp.pe/lima/actualidad/cuantas-horas-al-dia-pierdes-debido-al-trafico-noticia-912690>
- ✓ MTC “Desarrollo de la Arquitectura y Plan de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) de Perú” N°06 : Mayo 2014  
([https://www.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/Informe\\_6\\_ITS.pdf](https://www.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/Informe_6_ITS.pdf))
- ✓ MTC “Plan nacional de Atribución de Frecuencias” febrero 2008  
([https://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/servicios\\_privados/documentos/pnaf\\_act\\_feb08.pdf](https://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/servicios_privados/documentos/pnaf_act_feb08.pdf))
- ✓ **Harvey Lepamele**, 2012 “Principios de diseño de RFID” segunda edición, 363pag.
- ✓ Finkenzeller, Klaus (2003) RFID handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards and identification. Munich: Carl Hanser Verlag
- ✓ Dobkin, Daniel (2008) The RF in RFID: passive UHF RFID in practice. Oxford: Elsevier.

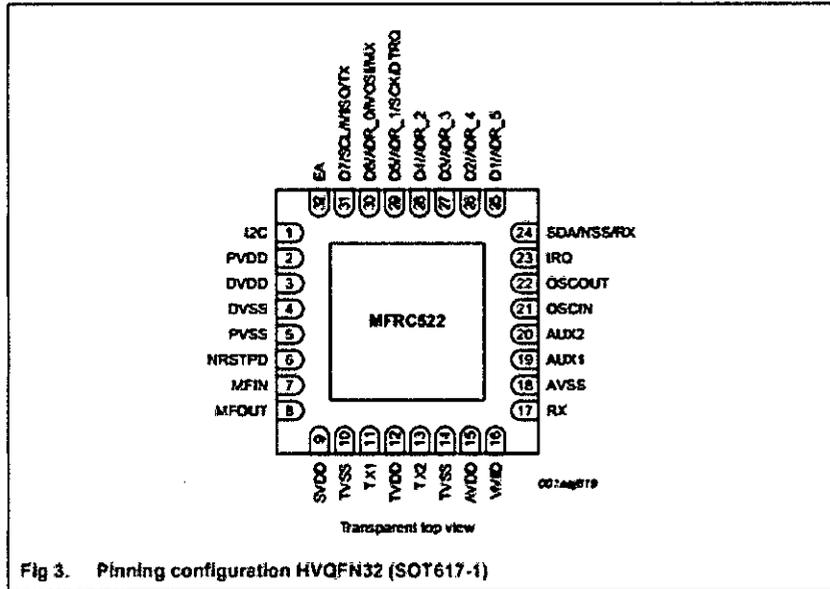
## ANEXOS

### Diagrama de bloques del dispositivo MFRC522





### 7. Pinning information



#### 7.1 Pin description

Table 3. Pin description

Pin	Symbol	Type <sup>1)</sup>	Description
1	I2C	I	I <sup>2</sup> C-bus enable input <sup>2)</sup>
2	PVDD	P	pin power supply
3	DVDD	P	digital power supply
4	DVSS	G	digital ground <sup>2)</sup>
5	PVSS	G	pin power supply ground
6	NRSTPD	I	reset and power-down input: power-down: enabled when LOW; internal current sinks are switched off, the oscillator is inhibited and the input pins are disconnected from the outside world reset: enabled by a positive edge
7	MFIN	I	MIFARE signal input
8	MFOUT	O	MIFARE signal output
9	SVDD	P	MFIN and MFOUT pin power supply
10	TVSS	G	transmitter output stage 1 ground
11	TX1	O	transmitter 1 modulated 13.56 MHz energy carrier output
12	TVDD	P	transmitter power supply: supplies the output stage of transmitters 1 and 2
13	TX2	O	transmitter 2 modulated 13.56 MHz energy carrier output
14	TVSS	G	transmitter output stage 2 ground
15	AVDD	P	analog power supply

**Matriz de consistencia**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRÁFICO Y PEAJE VEHICULAR UTILIZANDO LA TECNOLOGIA RFID DE ULTRA ALTA FRECUENCIA”**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACION
<p><b>Problema General</b></p> <p>El desarrollo económico del país ha traído consigo un notable aumento del tráfico vehicular, afectando la calidad de vida del ciudadano limeño.</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Diseñar e implementar un sistema de seguridad y control de tráfico vehicular utilizando tecnología RFID de Alta Frecuencia para la fluidez en horas punta y así mejorar la calidad de vida del ciudadano limeño.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrar un lector RFID a los semáforos convencionales, para convertirlos en semáforos inteligentes.</li> <li>- Realizar un sistema de gestión de software libre de fácil manipulación.</li> <li>- Desarrollar un sistema al menor costo posible.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>El diseño e implementación del sistema de control de tráfico vehicular que hemos desarrollado sirve agilizar el paso vehicular en horas punta en la ciudad de Lima</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>V: Lector RFID  W: Tag RFID  X: Tasa de velocidad  Comunicación Lector-Semáforo  Y: Tasa de Velocidad de Datos  Lector-Software.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>V1 = Frecuencia  V2 = Modelo  W1: Frecuencia  W2: Modelo  X1: Tasa de velocidad de datos.  Y1: Tasa de velocidad de datos.</p> <p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Z=Fluidez del tráfico vehicular.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>Z1=Tiempo</p>	<p><b>Temporal:</b></p> <p>Por qué el estudio está circunscrito a un cierto intervalo de tiempo enero 2016-julio 2017.</p> <p><b>Espacial:</b></p> <p>Se realizará la investigación tomando como referencia la ciudad de Lima.</p>