

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.**

**FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION.**



**Monografía para optar al título de Ingeniero Eléctrico.**

**Título:**

Control de acceso vehicular automatizado del recinto universitario Simón Bolívar de la universidad nacional de ingeniería Managua.

**Autores:**

Jefferson Alexander Chamorro López.

Jean Benjamín García Sánchez.

**Tutor:**

Ing. Ramiro Arcia Lacayo.

**Managua, marzo 2020.**

**Titulo:**

Control de acceso vehicular automatizado del recinto universitario Simón Bolívar de la universidad nacional de ingeniería Managua.

## Índice.

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	2
3. Justificación.....	4
4. Objetivos.....	5
4.1. Objetivo general.....	5
4.2. Objetivos específicos.....	5
5. Marco teórico.....	6
6. Diseño Metodológico.....	11
6.1. Tipo de Estudio.....	11
6.2. Método de Investigación.....	11
6.3. Fuentes de Información.....	11
7. Capítulo 1: Estudio de los sistemas de identificación usados en el control de acceso.....	12
7.1. Composición básica de un sistema de control.....	13
7.2. Control de acceso.....	14
7.3. Identificación automática y captura de datos.....	14
7.4. Sistemas de identificación más usados en controles de acceso.....	15
7.4.1. Identificación por teclado.....	15
7.4.2. Código de barras.....	15
7.4.3. Bandas magnéticas.....	18
7.4.4. Identificación por radiofrecuencia.....	19
7.4.5. Biometría.....	23
7.5. Ventajas y desventajas de RFID en comparación con otras tecnologías.....	25
7.6. Cuadro comparativo.....	26
8. Capítulo 2: Establecer un modelo del sistema de control de acceso vehicular con tecnología Arduino y RFID.....	27
8.1. Modelo teórico.....	27
8.2. Dispositivos a utilizar.....	37
8.2.1. Microcontrolador.....	37
8.2.2. Sensores.....	42
8.2.3. Dispositivo de accionamiento.....	50
8.2.4. Materiales varios.....	56
9. Capítulo 3: Estudio social y económico del proyecto.....	59

9.1.	Estudio social.....	59
9.1.1.	Alcances del estudio.....	59
9.1.2.	Importancia del estudio.....	59
9.1.3.	Situación del entorno (Entrevista a guardas de seguridad).....	59
9.1.4.	Impacto en las condiciones laborales.....	59
9.1.5.	Encuestas.....	60
9.1.6.	Participación estudiantil post ejecución.....	70
9.1.7.	Condiciones del sistema.....	70
9.2.	Estudio económico del proyecto.....	74
9.2.1.	Alcance del estudio.....	74
9.2.2.	Importancia del estudio.....	74
9.2.3.	Sistemas alternativos de identificación y acceso.....	74
9.2.4.	Evaluación financiera de la inversión.....	75
9.3.	Sustentabilidad del proyecto.....	77
10.	Conclusiones.....	78

## Índice de imágenes.

Imagen 1: Código de barras lineales, una dimensión.....	17
Imagen 2:Código de barras bidimensionales. ....	17
Imagen 3: Estructura etiqueta RFID.....	19
Imagen 4: Arduino UNO REV3.....	33
Imagen 5: Arduino UNO Wifi REV2.....	34
Imagen 6: Arduino Leonardo.....	34
Imagen 7: Arduino Esplora.....	35
Imagen 8: Arduino Nano. ....	35
Imagen 9: Arduino Mega 2560 REV3.....	35
Imagen 10: Arduino MKR ZERO.....	36
Imagen 11: Arduino Debido.....	36
Imagen 12: Arduino UNO Power Pin.....	39
Imagen 13: Arduino UNO Pines Analógicos.....	39
Imagen 14: Arduino Uno Pines Digitales, control y comunicación.....	41
Imagen 15: Modulo RFID RC522.....	43
Imagen 16: Tarjeta blanca IC y Llavero NFC.....	43
Imagen 17: Conexión Arduino UNO y RC522.....	44
Imagen 18: ZkTeco UHF Serie 10, UHF Serie 5.....	47
Imagen 19: Sensor de proximidad HC-SR04.....	48
Imagen 20: Diagrama de conexión Arduino UNO y HC-SR04.....	49
Imagen 21: Servomotor DC.....	51
Imagen 22: Posición del servo por señal PWM.....	52
Imagen 23: Diagrama de conexión Arduino UNO y Servo.....	52
Imagen 24: Barrera Vehicular ZkTeco PB1000.....	54
Imagen 25: Relé SRD-05VDC-SL-C autoacoplado.....	55
Imagen 26: Diagrama de Conexión de Arduino UNO y Relé SRD-05VDC-SL-C autoacoplado control de carga.....	55
Imagen 27: Tabla de nodos.....	56
Imagen 28: Conectores macho y hembra.....	57
Imagen 29: Diodos leds.....	57
Imagen 30: Cable USB Arduino.....	57

Imagen 31: Adaptador 120V AC a 5V DC. ....	58
Imagen 32: Ecuación de Valor actual neto. ....	75
Imagen 33: Ecuación de Tasa interna de retorno.....	75

## Índice de tablas.

Tabla 1: Clasificación por rango de frecuencia.....	21
Tabla 2: Comparación de los sistemas de identificación. ....	26
Tabla 3: Correspondencia de pines Arduino UNO y RC522.....	44
Tabla 4: Correspondencia de pines Arduino UNO y HC-SR04.....	49
Tabla 5: Posición del servo por señal PWM. ....	52
Tabla 6: Tabla de precios de sistema de identificación y control de acceso .....	74
Tabla 7: Tabla de precios de Equipos y mano de obra.....	76
Tabla 8: Tabla detallada de precios de equipos. ....	76

## Índice de gráficas.

Gráfica 1: ¿Ha tenido problemas para encontrar parqueo? .....	61
Gráfica 2: ¿Con que frecuencia ha tenido este problema? .....	62
Gráfica 3: ¿Cómo ha resuelto este problema? .....	63
Gráfica 4: ¿Ha llegado a sufrir daños a su vehículo o su persona debido a este problema .....	64
Gráfica 5: ¿Ha considerado dejar su vehículo debido a este problema? .....	65
Gráfica 6: ¿Crees que la instalación de un sistema de verificación de parqueo contribuiría a mejorar la situación? .....	66
Gráfica 7: ¿Qué nivel de satisfacción le brindaría un sistema como este? .....	67
Gráfica 8: ¿Cree que este sistema brindaría una oportunidad de aprendizaje .....	68
Gráfica 9: ¿Contribuiría económicamente en este proyecto? .....	69



## Glosario.

**Digitalread:** Función de programación en Arduino que lee el valor de un pin digital o un estado lógico (Alto o bajo).<sup>37</sup>

**Digitalwrite:** La función de programación en Arduino que escribe valores lógicos digitales (Alto o bajo). en un pin de Salida de una tarjeta Arduino.<sup>36</sup>

**Diselnic:** Diselnic es distribuidor mayorista de equipos de seguridad electrónica. Representantes en Nicaragua, El Salvador y Honduras de marcas internacionales reconocidas a nivel mundial por la calidad y competitividad de sus productos, todos a precios de distribución.<sup>56</sup>

**EEPROM:** EEPROM o E<sup>2</sup>PROM son las siglas de Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM programable y borrable eléctricamente). Es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente.<sup>45</sup>

**Excel:** Microsoft Excel es una hoja de cálculo desarrollada por Microsoft para Windows, macOS, Android y iOS. Cuenta con cálculo, herramientas gráficas, tablas dinámicas y un lenguaje de programación macro llamado Visual Basic para aplicaciones.<sup>28</sup>

**Hardware:** La palabra hardware en informática se refiere a las partes físicas, tangibles, de un sistema informático, sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos.<sup>32</sup>

**Hoja de cálculo:** Una hoja de cálculo es un tipo de documento que permite manipular datos numéricos y alfanuméricos dispuestos en forma de tablas compuestas por celdas, las cuales se suelen organizar en una matriz de filas y columnas.<sup>27</sup>

**Interfaz:** Conexión, física o lógica, entre una computadora y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones.<sup>30</sup>

**IoT:** El internet de las cosas (en inglés, Internet of Things, abreviado IoT; es un concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet.<sup>34</sup>

**iOS:** iOS es un sistema operativo móvil de la multinacional Apple Inc. Originalmente desarrollado para el iPhone (iPhone OS), después se ha usado en dispositivos como el iPod touch y el iPad. No permite la instalación de iOS en hardware de terceros.<sup>51</sup>

**Ip66:** El grado de protección IP procede de la norma IEC 60529 y hace referencia a la protección contra ingreso de sólidos y líquidos a un dispositivo.<sup>48</sup> El primer número indica el ingreso de sólidos, y el segundo el ingreso de agua, en caso del dígito 66 se refiere a un producto que está protegido contra el ingreso de polvo, y contra el ingreso de agua, pero este no puede estar sumergido en agua.

**ISO:** La Organización Internacional de Normalización, también llamada Organización Internacional de Estandarización (originalmente en inglés: International Organization for Standardization, conocida por la abreviación ISO) es una organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de normalización.<sup>41</sup>

**i2c:** Circuito inter-integrado (I<sup>2</sup>C, del inglés Inter-Integrated Circuit) es un bus serie de datos desarrollado en 1982 por Philips Semiconductors (hoy NXP Semiconductors, parte de Qualcomm ). Se utiliza principalmente internamente para la comunicación entre diferentes partes de un circuito, por ejemplo, entre un controlador y circuitos periféricos integrados.<sup>42</sup>

**Java:** Java es un lenguaje de programación y una plataforma informática comercializada por primera vez en 1995 por Sun Microsystems.<sup>33</sup>

**Led:** Diodo semiconductor que emite luz cuando se le aplica tensión.<sup>40</sup>

**Linux:** Linux es un sistema operativo: un conjunto de programas que le permiten interactuar con su ordenador y ejecutar otros programas. Un sistema operativo consiste en varios programas fundamentales que necesita el ordenador para poder comunicar y recibir instrucciones de los usuarios.<sup>52</sup>

**Mhz:** Un megahercio (MHz) es una unidad de medida de la frecuencia, equivale a 10<sup>6</sup> hercios (1 millón). Se utiliza muy frecuentemente como unidad de medida de la frecuencia de trabajo de un dispositivo de algo, o bien como medida de ondas.<sup>46</sup>

**NFC:** NFC o Near Field Communication. Se trata de una tecnología inalámbrica que funciona en la banda de los 13.56 MHz (en esa banda no hace falta licencia para usarla) y que deriva de las etiquetas RFID de las que, seguro que has oído hablar, pues están presentes en abonos de transporte o incluso sistemas de seguridad de tiendas físicas.<sup>47</sup>

**PIC:** Un PIC es un circuito integrado programable (Programmable Integrated Circuit), el cual contiene todos los componentes para poder realizar y controlar una tarea, por lo que se denomina como un microcontrolador.<sup>43</sup>

**Pinmode:** La función de Arduino pinMode permite configurar a cada pin, de forma individual, como entrada o como salida. Aquí te explicamos su uso con ejemplos. También esta función es usada en conjunto con digitalWrite y digitalRead. Por lo general, pinMode es usado sólo en la función setup().<sup>35</sup>

**PWM:** La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.<sup>39</sup>

**Raspberry pi:** Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida, ordenador de placa única u ordenador de placa simple (SBC) de bajo costo desarrollado en el Reino Unido por la Raspberry Pi Foundation.<sup>44</sup>

**Red:** Conjunto de computadoras o de equipos informáticos conectados entre sí y que pueden intercambiar información.<sup>31</sup>

**Rs232:** es una interfaz que designa una norma para el intercambio de datos binarios serie entre un DTE (Data Terminal Equipment, "Equipo Terminal de Datos"), como por ejemplo una computadora, y un DCE (Data Communication Equipment, "Equipo de Comunicación de Datos"), por ejemplo, un módem.<sup>54</sup>

**Sensor Ultrasónico:** Como su nombre lo indica, los sensores ultrasónicos miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción.<sup>55</sup>

**Software:** Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.<sup>29</sup>

**Transductor:** Dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.<sup>38</sup>

**TTI:** Sigla en inglés de transistor-transistor logic, es decir, "lógica transistor a transistor". Es una familia lógica o lo que es lo mismo, una tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales. En los componentes fabricados con tecnología TTL los elementos de entrada y salida del dispositivo son transistores bipolares.<sup>53</sup>

**UHF:** Banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz. En esta banda se produce la propagación por onda espacial troposférica, con una atenuación adicional máxima de 1 dB si existe despegamiento de la primera zona de Fresnel. Sus siglas en inglés son Ultra High Frequency.<sup>49</sup>

**Windows:** Windows es un sistema operativo para computadoras, es propiedad de Microsoft y de su fundador, Bill Gates, y es uno de los más utilizados en todo el mundo.<sup>50</sup>

## **1. Introducción.**

Este protocolo se realizó con el objetivo de ser la base y guía sobre el cual trabajaremos nuestro trabajo monográfico, que hemos elegido como forma de culminación de nuestra carrera, habilitándonos para optar al título de Ingeniero Eléctrico. En este documento se presenta nuestra propuesta de investigación con todos los elementos necesarios para definir una solución a través de una metodología de investigación permitiéndonos darle solución a la necesidad presentada, de acuerdo a la normativa propuesta por la UNI para la culminación de estudios universitarios.

En nuestro trabajo se abordará el problema presente en la seguridad al ingresar con vehículo y en el uso adecuado de los parqueos del recinto universitario Simón Bolívar de la Universidad Nacional de Ingeniería, que presenta deficiencia en el control de acceso y uso incorrecto de espacios que no están designados para estacionamiento. Los vehículos del personal universitario no están debidamente identificados, las vías de acceso, áreas recreativas y áreas verdes del recinto universitario son ocupadas por algunos usuarios como estacionamiento, obstruyendo la circulación adecuada, ocasionando desorden e inseguridad para vehículos y peatones.

El recinto universitario Simón Bolívar cuenta con 2 vías de acceso, las cuales no cuentan con un sistema que pueda identificar los vehículos del personal universitario sin que el personal de seguridad los tenga que detener en la entrada haciendo menos eficiente la circulación de los vehículos. También cuenta con 2 áreas de estacionamientos designadas oficialmente, la cuales son, área de administración y área de edificio-RUSB, ambas áreas no son suficientes para cumplir con la demanda diaria y debido a esto algunos de los usuarios al no encontrar espacios de estancamiento libre usan áreas que no están designadas para ese propósito, estos problemas podrían ser resuelto con la tecnología de automatización.

La finalidad de este proyecto monográfico será proponer un modelo de un sistema de control de acceso, que identifique a los vehículos del personal universitario sin necesidad de detenerlos, proporcione información suficiente para que el conductor del vehículo encuentre y use de manera adecuada las áreas de estacionamiento designadas oficialmente, así mismo, este sistema controlará la cantidad de vehículos que puedan ingresar para que no superen la cantidad de espacios disponibles en el estacionamiento.

## **2. Antecedentes.**

Nos encontramos en el siglo XXI, el constante desarrollo de la ciencia ha traído consigo varios aportes en muchos aspectos al descubrimiento de factores para mejorar la calidad de vida. Actualmente se busca que la vida diaria sea mucho más sencilla, cómoda y segura. La tecnología y la ciencia, juega un papel muy importante en el mundo. La tecnología moderna en conjunto con las investigaciones científicas ha logrado ofrecernos las soluciones a casi todos los problemas de nuestros días. También le han permitido al hombre descubrir y tener el control de las máquinas para hacer de sus labores sean más sencillas.

La tecnología puede brindar grandes ventajas, así como grandes desventajas. Un caso, aunque este muy bien orientado al beneficio del bien, siempre genera desventajas, como por ejemplo el desempleo de varios seres humanos pertenecientes al resto, producto de la utilización de máquinas como remplazo de mano del hombre, hecho denominado Automatización.

Automatización, se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima o sin intervención del ser humano.

En los más modernos sistemas de automatización, el control de las máquinas es realizado por ellas mismas gracias a sensores de control que les permiten percibir cambios en sus alrededores de ciertas condiciones tales como temperatura, volumen, distancia, corriente eléctrica, entre otros. Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas. Una gran mayoría de las operaciones industriales y de uso cotidiano de hoy son realizados por sistemas de este tipo.

Cada día la tecnología se convierte indispensable en la vida del ser humano, prácticamente dependemos de ella para sobrevivir. Y con cada avance tecnológico surgen nuevos problemas, uno de ellos surge debido al alto crecimiento poblacional y la gran necesidad que tenemos de transportarnos de un lugar a otro de manera más cómoda, eficiente y segura, lo cual nos llevó a la práctica de usar vehículos.

Ahora, se nos presenta la necesidad de contar con amplias áreas de estacionamiento, seguras y de buen servicio, que logren satisfacer la alta demanda de los usuarios. En la actualidad se utilizan controles de acceso vehicular no automatizados que cuentan simplemente con un vigilante que acciona una aguja/bloqueo para permitir o denegar el acceso.

La mayoría de las empresas e instituciones del país, como la Universidad Nacional de Ingeniería, no cuentan con un sistema de control de acceso y asistente automatizado, que administre el acceso de vehículos de manera más eficiente y segura.

El uso de este tipo de tecnología conocida, como control de acceso, se ha venido utilizando con mayor frecuencia en la Universidad nacional de ingeniería debido a la alta necesidad de una buena administración de recursos o personal que entra o salen de áreas definidas. Por esta razón, se consultaron trabajos monográficos similares presentados en años anteriores en el CEDOC de la FEC en la UNI.

- Propuesta de domotización con el fin de reducir el consumo energético del usuario residencial de 150 a 300 KW-HR
- Implementación de un sistema electrónico para el control de acceso utilizando tecnología RFID para el programa UNI-ONLINE

### **3. Justificación.**

Un estacionamiento es un lugar sumamente importante por lo tanto indispensable, para todos los trabajadores y estudiantes que acuden a la universidad en una cantidad de tiempo específica según su rutina diaria, La seguridad y disponibilidad de estos es necesaria, ya que encontrar un lugar para estacionarse puede llevar consigo gastar mucho tiempo y de no encontrarlo, dejar el vehículo en zonas no estipuladas para parqueos y que son más inseguras.

La automatización para un estacionamiento resuelve gran parte de estos problemas, brindado al usuario del sistema, poder conocer si hay lugares disponibles para parqueo, por lo tanto, mayor comodidad, por la falta de preocupación en este ámbito, esto también genera mayor seguridad para los demás conductores, ya que al estar seguros de encontrar un parqueo conducirán más relajados y de buen humor.

El tener un control de acceso también es una necesidad, para la seguridad de todos, es necesario garantizar que solo personal autorizado este accediendo, El control por medio de RFID permitirá al sistema saber quién está entrando y a qué hora lo hace, facilitaría un control por medio de una base datos donde solo estarían estudiantes, Docentes y Autoridades de la universidad.

Actualmente se utilizan controles de acceso que funcionan de manera manual, accionado por la presencia de un trabajador encargado, permitiendo o bloqueando el acceso de todos los vehículos que ingresan haciendo más lento acceder, por lo tanto, menos eficiente. Hasta ahora, los conductores no cuentan con un sistema que los ayude a identificar lugares disponibles de estacionamiento.

La propuesta de este proyecto de control de acceso vehicular, cuenta con la tecnología para ejecutar de manera automática las funciones necesarias para permitir o negar el acceso, de igual manera, cuenta con un asistente visual capaz de ser un guía para que el conductor encuentre espacios disponibles de manera rápida y cómoda.



## **4. Objetivos.**

### **4.1. Objetivo general.**

Proponer la utilización de control de acceso vehicular automatizado en el recinto universitario Simón Bolívar.

### **4.2. Objetivos específicos.**

1. Presentar un estudio de los sistemas de identificación usados en el control de acceso.
2. Establecer un modelo del sistema de control de acceso vehicular con tecnología Arduino y RFID.
3. Realizar estudio de viabilidad económica del proyecto.
4. Construir un modelo a escala para demostrar su funcionalidad.

## **5. Marco teórico.**

Debido a la alta necesidad de tener una administración cómoda, segura y confiable de cierta entidad, ya sea, una persona, vehículo, computadora, que solicita acceso a un recurso físico como, una habitación, estacionamiento, edificio, entre otros, o recurso de información digital, se han desarrollado sistemas de control de acceso tecnológicos que logran realizar las funciones necesarias sin la intervención del ser humano para permitir o negar el acceso. Se conoce como control de acceso a un sistema automatizado que permite de forma eficaz de aprobar o negar el paso a zonas restringidas en función de ciertos parámetros de seguridad establecidos por una empresa, comercio, institución o cualquier otro ente. La automatización es un sistema, donde se transfieren tareas realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Actualmente el control de acceso vehicular es un proceso realizado por personal humano que se encarga de velar por la seguridad de las personas que tienen permitido ingresar, pero, no cuentan con la capacidad de brindar información suficiente al conductor para que este sea capaz de encontrar lugar de estacionamiento disponible y que lo use adecuadamente.

### **Áreas de estudio necesarias para el desarrollo y ejecución de un control de acceso vehicular automatizado.**

Los controles de acceso están basados en las áreas de eléctrica y electrónica, en sus diferentes especialidades. Debido a que los dispositivos electrónicos tienen la capacidad para actuar como interruptores hace posible el procesamiento digital de la información. Las tecnologías de interconexión, como los circuitos impresos, completan la funcionalidad del circuito y transforman los componentes electrónicos mixtos en un sistema de trabajo regular, llamado sistema electrónico; son ejemplos, los sistemas de control.

Un sistema electrónico puede ser un dispositivo independiente o un componente de otro sistema diseñado. Debido a esto los conocimientos que tienen en común la eléctrica y electrónica son esenciales para el desarrollo de esta propuesta de control de acceso de vehicular, en el cual convergen áreas como: electrotecnia, comunicaciones, desarrollo de sistemas de programación, electrónica de potencia, control, procesadores, entre otras.

## **Sistemas de control.**

Un sistema de control son varios dispositivos, en este caso electrónicos, donde se miden variables de uno o más fenómenos los cuales se regularán para evitar fallos de dicho sistema. Se dividen en dos tipos de sistema:

Sistema de control de lazo abierto, es aquel que solo brinda el resultado final en función de la señal de entrada, es decir que no monitorea el resultado.

Sistema de control de lazo cerrado, es aquel que actúa según su señal de entrada y de salida, o sea que está en constante retroalimentación, monitoreando el resultado que brinda el sistema entero, para alterar parte de su proceso si este lo amerita.

## **Control de Acceso.**

Es un sistema electrónico que permite o restringe el acceso de forma eficaz de un usuario a un área específica, validando la identificación por medio de diferentes tipos de lecturas y a su vez controlando el recurso por medio de un dispositivo eléctrico, de igual manera hacen posible llevar un registro automatizado de los movimientos de un individuo o grupo dentro de un espacio determinado en función de ciertos parámetros de seguridad establecidos por una empresa, comercio, institución o cualquier otro ente. Pueden ser de control físico o lógico. También cuenta con componentes visuales y de control, como leds, lcd, pantallas táctiles, que sirven como guías, capaces de brindar información necesaria al usuario para la utilización del control de manera adecuada.

### **Procesos de un control de acceso:**

- Autorización: que aprueba el acceso y para que exactamente.
- Identificación: como son identificados.
- Autenticación: verifica su identidad.
- Contabilización: historial de eventos en el sistema.

### **El funcionamiento de un control de acceso se divide en dos fases:**

1. **Fase de definición:** esta fase define quien tiene acceso y a que parte del sistema puede acceder.
2. **Fase de aplicación:** esta fase concede o rechaza el acceso basado en la autorización definida en la primera fase.

### Tipos de control de acceso:

1. **Control de acceso físico:** es un control para acceso a edificios, parqueos, o áreas protegidas.
2. **Control de acceso lógico:** es un control para acceder a un sistema computarizado o una red, para esto es muy probable que se necesite un usuario y una contraseña.<sup>1</sup>

### Tipos de autenticación:

1. Algo que conoces: Una contraseña, Frase.
2. Algo que tienes: Una tarjeta, Ficha criptográfica.
3. Algo que eres: Retina del ojo, Huella dactilar, Geometría de la mano, etc.
4. Algo que produces: Tu voz, o una firma.<sup>2</sup>

Actualmente existen diferentes tipos de sistemas de identificación como<sup>10</sup>, por ejemplo:

Sistema de identificación por teclado, el usuario utiliza un código, pin o contraseña para identificarse. Se puede usar como dispositivo de control dependiendo del funcionamiento del sistema. Es económico y practico, pero presenta la desventaja, es que los usuarios pueden compartir clave fácilmente, lo que compromete la seguridad.

Sistema de identificación por proximidad y radiofrecuencia, cuentan con algo en común, el usuario posee con un artículo identificador. En los sistemas de proximidad, los usuarios usan tarjetas o llaveros electrónicos que se acercan al lector. Los sistemas de radiofrecuencia son muy comunes en los garajes, a los que se accede con un pequeño mando a distancia. Es un sistema cómodo, aunque el tipo de identificador es más costoso que el usado por proximidad. La seguridad que ofrece la proximidad y la radiofrecuencia es mayor en comparación a un sistema de clave.

Sistema de identificación biométrica, se identifica a la persona por su huella dactilar. Mucho más seguro que los sistemas mencionados anteriormente, pero más costoso.

---

<sup>1</sup> Kim, D. Solomon, M. (2010). *Fundamentals of Information Systems Security*. Jones & Bartlett Learning. p. 144-. ISBN 978-0-7637-9025-7.

<sup>2</sup> Whitman, M. Mattord, H. (2013). *Management of Information Security*. Cengage Learning. p. 346-. ISBN 978-1-305-15603-6.

<sup>10</sup> Fermax Professional. (2019). *Sistemas de identificación en el control de acceso: ¿Cuál elegir?*

El control de acceso que se propondrá será de tipo físico, con tipo de autenticación según algo que usuario tiene (Tarjeta RFID), RFID son siglas en ingles de Radio Frequency Identification que se traducen al español como Identificación por radio frecuencia.

### **Funcionamiento del RFID.**

El lector RFID hace preguntas o peticiones por radio frecuencias a un chip o etiqueta RFID, estas responden en tiempo real permitiendo la identificación. Las etiquetas RFID contienen dentro un chip y una bobina el chip tiene grabado un ID que es el número único que a él lo identifica, puede llegar a poseer una pequeña memoria a la cual el lector tendrá acceso.

La placa utilizada para la demostración será un Arduino UNO, el cual es un microcontrolador, en el cual se programarán todas las variables que medidas por los sensores, y se ordenarán las acciones para el permitir el control de acceso y verificación de parqueo.

### **Componentes de un control de acceso.**

1. Microprocesador.
2. Dispositivos de entrada/salida.
3. Fuente de energía.
4. Cables.

### **Microprocesador.**

Es un circuito electrónico que actúa como Unidad Central de Proceso (CPU) de una computadora. Llamados por muchos como el cerebro. Es un circuito microscópico constituido por millones de transistores integrados en una única pieza plana de poco espesor. El microprocesador se encarga de realizar todas las operaciones de cálculo y de controlar lo que pasa en la computadora recibiendo información y dando órdenes para que los demás elementos deben hacer.

### **Partes del microprocesador.**

#### **Unidad aritmética y lógica (ALU).**

Esta se encarga de realizar todas aquellas operaciones necesarias como cálculos de operaciones (multiplicaciones, divisiones, sumas, etc.) y comparaciones entre valores (mayor que, menor que, igual que, etc.).

### **Unidad de control.**

Se encarga de organizar y manejar todos los procesos tales como interpretar contenidos de las posiciones de la memoria RAM y memoria ROM, control de puertos, acceso a unidades de disco, ejecución de las instrucciones del software, entre otras.

### **Memoria.**

Utilizada para almacenar información permanente y temporal dependiendo el tipo de memoria y la utilización que se le quiere dar para el óptimo funcionamiento de los procesos.

### **Dispositivos de entrada/salida.**

Es un dispositivo por medio de contactos normalmente abiertos que interrumpen la corriente eléctrica.

### **Más Dispositivos a utilizar.**

Leds y Display Serán parte del sistema como indicadores visuales para los conductores, los sensores para comprobar el espacio disponible, son sensores ultrasónicos, que envían una señal sónica y si hay algún objeto (un vehículo en este caso) el tiempo de retorno se altera, así el sensor manda información al microprocesador, indicándole que hay un vehículo en el espacio señalado por el sensor.

La aguja del control de acceso será un servomotor que será accionado según el microcontrolador reciba la señal para la apertura.

## **6. Diseño Metodológico.**

### **6.1. Tipo de Estudio.**

Este será un estudio explorativo y demostrativo, ya que propondrá un sistema de control de acceso, innovador en Managua, con tecnología de identificación al usuario no antes aplicada en el campo del control de acceso vehicular en este país.

### **6.2. Método de Investigación.**

Se utilizará el método experimental, ya que se busca proponer una hipótesis y sus efectos, la ejecución del proyecto y la retroalimentación de los resultados. Ya definiendo el problema, se seleccionará un sistema que se adapte mejor a las condiciones económicas y técnicas, luego de esto procederemos a realizar un modelo de control de acceso vehicular automatizado para el Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB).

### **6.3. Fuentes de Información.**

Las fuentes de investigación serán primarias, libros, revistas científicas y de entretenimiento, periódicos, diarios, documentos oficiales de instituciones públicas, informes técnicos y de investigación de instituciones públicas o privadas, patentes, y normas técnicas

## **7. Capítulo 1: Estudio de los sistemas de identificación usados en el control de acceso.**

### **Automatización.**

Sistema capaz de ejecutar acciones previamente establecidas en espacio y tiempo sin necesidad de intervención humana. El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la sociedad humana, facilitando la realización de procesos manuales repetitivos y rutinarios, mejorando la cadencia y control de producción, la calidad del control industrial y realizando procesos difícilmente controlables de forma manual.

### **Antecedentes de Sistema de control.**

Los primeros sistemas de control surgen en la revolución industrial a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Estaban basados en componentes mecánicos y electromecánicos, básicamente engranajes, palancas y pequeños motores. Más tarde se masifico el uso de contadores, relés, temporizadores para automatizar las tareas de control.

A partir de los años 50 aparecen los semiconductores y los primeros circuitos integrados sustituyeron las funciones realizadas por los relés, logrando sistemas de menor tamaño, con menor desgaste y mayor fiabilidad. En 1968 nacieron los primeros autómatas programables (PLC), con unidad central constituida por circuitos integrados.

A principios de los años 70, los PLC incorporaron el microprocesador, logrando así mayores prestaciones, elementos de comunicación hombre-máquina más modernos, procesamientos de cálculos matemáticos y funciones de comunicación, evolucionando de forma continua hasta el día de hoy.

Actualmente atreves del desarrollo de la tecnología el proceso de automatización se ha convertido en una parte esencial en los procesos modernos industriales y de manufactura desde los más complejos como la construcción de vehículos modernos, hasta los más sencillos como encender un bombillo, actividades que son cotidianas y necesarias del ser humano en su día a día.

Un sistema de control manipula indirectamente los valores de un sistema controlado. Su objetivo es gobernar un sistema sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos. El



operador manipula valores de referencia y el sistema de control se encarga de transmitirlos a los accionamientos de sus salidas. Incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de que derivan en acciones o procesos industriales.

### **7.1. Composición básica de un sistema de control.**

**Valor de referencia:** es el valor ideal que se pretende obtener a la salida del sistema controlado. En un sistema más complejo, la salida es censada y comparada con el valor de referencia a fin de determinar la diferencia entre ambos para reducir el error de salida.

**Controlador:** regula presiones, temperaturas, niveles y caudales, así como todas las funciones asociadas de temporización, conteo y lógica.

**Sistema:** es la combinación de componentes que interactúan para lograr un determinado objetivo. En este caso el sistema es el objeto a controlar.

**Entrada del sistema:** es una variable que al ser modificada en sus magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.

**Salida del sistema:** es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, temperatura, etc.)

**Perturbación:** es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se le denomina interna, mientras que la perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

**Sensores o transductores:** captan las magnitudes del sistema, para saber el estado del proceso que se controla.

## **7.2. Control de acceso.**

La necesidad de mantener un control y una buena administración sobre un área específica ha dado paso a la creación de sistemas que cumplan con estos requerimientos capaces de satisfacer las necesidades planteadas. Los sistemas de automatización y control permiten brindar mejoras y facilidades que beneficiarán tanto a los administradores como a los usuarios del lugar.

La lectura e identificación, son los procesos más importantes dentro del control de seguridad, debido a que estos son los encargados de comprobar que el usuario cumpla o no, con los parámetros exactos y que el área a proteger mantenga su integridad física o lógica de intrusos. En base a esto se establece un grado de confiabilidad del sistema, por eso es imprescindible elegir adecuadamente qué tipo sistema de identificación cumple y se adapta mejor con nuestras necesidades.

## **7.3. Identificación automática y captura de datos.**

En el ámbito tecnológico a este proceso se le conoce por sus siglas en inglés AIDC, también se conoce comúnmente como "Identificación Automática", "Auto-ID" y "Captura Automática de Datos". La Identificación Automática y Captura de Datos (AIDC) se refiere a los métodos de identificación automática de objetos, la recopilación de datos sobre ellos, y la entrada de datos directamente en los sistemas informáticos sin la intervención humana.

Es un proceso que se utiliza para identificar y recopilar datos a través de un sistema automático de comparación y validación de la información para obtener un resultado y realizar una acción. Es un sistema de control.

La captura de datos se realiza a través de un dispositivo transductor, el dispositivo toma imágenes, sonidos o videos del objetivo, captura los datos y los convierte en un archivo digital procesable para el sistema, típicamente consideradas como parte de AIDC, incluyen el código de barras, la identificación por radiofrecuencia (RFID), biometría, bandas magnéticas, reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y tarjetas inteligentes entre otros. La captura de datos se puede ejecutar de diferentes maneras, el mejor método dependerá de la aplicación y de las necesidades a las cuales se requiere dar solución.

Los datos recopilados se almacenan en una base de datos informática, la cual, es comparada por una computadora con una base de datos de referencia establecida por el diseñador, dicha comparación se ejecuta de manera automática, sin la intervención de un operador humano, el

diseñador establece los parámetros y rangos de preferencia a través de un código de programación que también será el encargado de controlar los elementos físicos del sistema, también conocidos como hardware.

Luego de realizarse el proceso lógico de captura de datos, almacenamiento y comparación, se obtendrá un resultado, en base a ese resultado el sistema ejecutará la acción, que puede ser lógica o física. La acción lógica se refiere al ámbito informático, permitir o negar el acceso a recursos de información digital, que pueden ser, páginas webs, correos electrónicos, aplicaciones, cuentas bancarias, etc. La acción física es la operación automática de los sistemas eléctricos mecánicos disponibles, su objetivo es permitir o negar el acceso a áreas restringidas como, edificios, oficinas, estacionamientos, etc. Donde solo personal autorizado puede acceder a ellas, entre los sistemas mecánicos más conocidos se encuentran, las cerraduras, puertas, puentes, barras de control, etc.

Este proceso generalmente se integra para control, seguridad, rastreo de elementos, inventarios, herramientas, activos e incluso trabajadores. De esta manera resulta ser un sistema completo, cumpliendo desde las funciones básicas hasta sistemas más complejos que requieran en dependencia de la aplicación.

#### **7.4. Sistemas de identificación más usados en controles de acceso.**

Los sistemas de identificación automática se encuentran en constante evolución y desarrollo en su perfeccionamiento y ampliación de sus utilidades en los diferentes entornos que presentan la necesidad de su aplicación, entre los más usados se encuentran:

##### **7.4.1. Identificación por teclado.**

El usuario utiliza un código, pin o contraseña para identificarse. Se puede usar como dispositivo de control dependiendo del funcionamiento del sistema. Es económico y práctico, pero presenta la desventaja, es que los usuarios pueden compartir clave fácilmente, lo que compromete la seguridad.

##### **7.4.2. Código de barras.**

El uso de lectores de código de barras para controlar el acceso a un espacio concreto es una práctica cada vez más utilizada. No sólo por motivos de seguridad, sino que por motivos comerciales y de trazabilidad.

AIDC ha existido durante años en forma de etiquetas de códigos de barras y tecnologías de lectores de códigos de barras. Los códigos de barras se pueden usar para el seguimiento, la identificación y los recuentos en una variedad de industrias, incluyendo comercio minorista, atención médica, educación, configuración de almacenes, fabricación, entretenimiento y mucho más.

La primera patente de código de barras fue registrada en octubre de 1952 (US Patent #2,612,994) por los inventores Joseph Woodland, Jordin Johanson y Bernard Silver en Estados Unidos. La implementación fue posible gracias al trabajo de los ingenieros Raymond Alexander y Frank Stietz. El resultado de su trabajo fue un método para identificar los vagones del ferrocarril utilizando un sistema automático<sup>1</sup>. Sin embargo, no fue hasta 1966 cuando el código de barras comenzó a utilizarse comercialmente y recién tuvo éxito comercial en 1980.

En este sistema la información a reconocer es leída y representada en Código binario y descodificada de acuerdo con el formato y tipo de simbología estándar utilizada. El sensor óptico reconoce una sucesión de colores blanco y negro, transformada en una señal eléctrica digital binaria que es descodificada por un microprocesador.

Esta tecnología es explotada masivamente por el sector del comercio, utilizada para la identificación de los productos en venta. No requiere de contacto físico directo, aunque la distancia de lectura del módulo lector es bastante corta, se han inventado alrededor de 270 diferentes simbologías para soportar requerimientos específicos.

Códigos de barras lineales, también conocidos como 1D (una dimensión), son aquellos que vemos regularmente en las etiquetas o empaques de productos. Los códigos más utilizados de este tipo son los siguientes<sup>11</sup>:

- **Código UPC:** Este código surge en Estados Unidos con las siglas U.P.C. (Universal Product Code) en los años setenta y consta de doce dígitos. Normalmente es utilizado en los productos que se consumen en lugares como supermercados y tiendas de autoservicio.<sup>21</sup>

---

<sup>1</sup> Kim, D. Solomon, M. (2010). *Fundamentals of Information Systems Security*. Jones & Bartlett Learning, p. 144-. ISBN 978-0-7637-9025-7.

<sup>21</sup> *Megalabel*. (2016). *Tipos de código de barras*.

- **Código 39:** La característica de este código es que además de números también admite letras y algunos caracteres incluyendo espacio. La desventaja de estos tipos de códigos de barras es que requieren una mayor longitud para incluir toda esa información y la etiqueta sería más grande, pero aún siguen siendo muy utilizados<sup>11</sup>.
- **Código 128:** Ante la necesidad de tener mayor información en un espacio más reducido surge este código, que al igual que el Code 39 permite una gran cantidad de caracteres, pero sin generar un código con una longitud tan amplia<sup>11</sup>.
- **EAN:** Al igual que el UPC surge en Estados Unidos, el EAN (European Article Number) era principalmente utilizado en la región europea. También se emplea para artículos que se venden en tiendas de autoservicio y supermercados<sup>11</sup>.



Imagen 1: Código de barras lineales, una dimensión.

Fuente: <http://megalabel.com.mx/tipos-de-codigos-de-barras/>

**Códigos de barras Bidimensionales**, estos códigos permiten almacenar una mayor cantidad de información y cada vez es más común su utilización<sup>11</sup>.

- **PDF417:** Son varios códigos lineales apilados mediante un algoritmo y es por eso que puede contener una mayor cantidad de información, incluso imágenes. Realmente es un archivo portátil de datos, de ahí sus siglas PDF417 (Portable Data File).<sup>11</sup>
- : Al igual que cualquier código bidimensional puede contener una gran cantidad de información, pero en un espacio muy reducido<sup>11</sup>.



Imagen 2: Código de barras bidimensionales.

Fuente: <http://megalabel.com.mx/tipos-de-codigos-de-barras/>

---

<sup>11</sup> Megalabel. (2016). *Tipos de código de barras*.

### **7.4.3. Bandas magnéticas.**

Oberlin Smith publica en la revista Electrical World del 8 de septiembre de 1888 un artículo donde explicaba los principios básicos para grabar señales en un soporte magnético. El artículo fue publicado por La Lumier Electrique. En 1898 cuando Valdemar Poulsen invento un grabador eléctrico sobre una tira de material flexible cubierta de polvo imantado, antecesor de la cinta magnetofónica actual y fue patentado en Estados Unidos (patente 661619).

La Banda magnética es otra tecnología que actualmente está entre las más comunes y usadas en diferentes actividades importantes como tarjetas bancarias, cerraduras electrónicas, cajas fuertes, etc. La banda magnética es una banda negra o marrón, compuesta por partículas ferromagnéticas incrustadas en una matriz de resina que almacena cierta cantidad de información mediante una codificación determinada que polariza dichas partículas. Las partículas pueden ser aplicadas directamente a la tarjeta o pueden ser hechas en forma de banda magnética y después ser adherida a la tarjeta. Esta es grabada o leída mediante contacto físico, pasándola a través de una cabeza lectora/escritora, gracias al fenómeno de la inducción magnética. Las ventajas y desventajas de esta tecnología son similares a las de código de barras, ya que también son baratas, tienen rapidez para captar datos, necesitan de mantenimiento y su vida útil es corta debido al desgaste de la banda.

La información digitalizada es almacenada al alterar la polaridad de diminutas partículas incrustadas en una resina. Los datos de una tarjeta son codificados en un formato binario, con la polaridad de las partículas determinando los bits con valores de 0 y 1. Un lector detecta y decodifica los cambios de polaridad y traduce el código binario a alfanumérico.

#### **Estándares internacionales:**

Una sola banda magnética puede contener varias pistas de datos (o tracks), los cuales pueden ser reescritos y actualizados. La serie de estándares ISO/IEC 7810, 11, 12 y 13 especifican un formato de tres pistas, esquema de codificación y densidad de bits para todas las aplicaciones financieras con tarjetas.

Existen estándares para muchas localizaciones de pistas, las mejor conocidas son los tracks ISO #1, #2 y #3 en las tarjetas de crédito. Las densidades y formatos de tarjetas de crédito ISO son además los más ampliamente utilizados, conteniendo 42 Decimales en Código Binario (DCB o BCD) ó 30 caracteres alfanuméricos por pulgada a 210 BPI (bits por pulgada), y 15 DCB por

pulgada a 75 BPI. Es importante hacer notar que la banda magnética no está limitada a estas localizaciones de pistas de tarjetas o densidades y muchas otras se utilizan de manera común.

#### 7.4.4. Identificación por radiofrecuencia.

A comienzos de 1920, la tecnología RFID fue desarrollada inicialmente por el MIT (The Use of Radio Frequency Identification as a Replacement for Traditional Barcoding), más adelante en 1938, una tecnología similar denominada IFF fue implementada por los británicos en 1939 que tuvo uso en la Segunda Guerra Mundial con el fin de identificar los aeroplanos como amigos o enemigos<sup>12</sup>

Radio Frequency IDentification RFID, en español Identificación por radiofrecuencia. Es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID. Se utiliza para identificar un elemento, seguir su ruta de movimiento y calcular distancias gracias a una etiqueta especial que emite ondas de radio, la cual se adjunta o se encuentra incorporada al objeto.

Las etiquetas RFID son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren<sup>13</sup>.

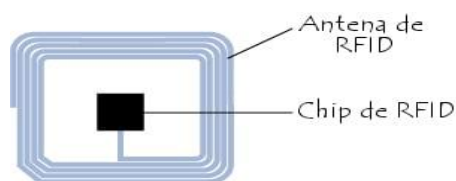


Imagen 3: Estructura etiqueta

Fuente: <https://es.ccm.net/contents/619-identificacion-por-radiofrecuencia-rfid>

<sup>12</sup> Cibergenius. (2017). *Los inicios de la tecnología de radio frecuencia RFID*.

<sup>13</sup> Ecured. (2019). *Identificación por radio frecuencia*.

Permite la lectura de etiquetas incluso cuando éstas no se encuentran en una línea visual directa y puede además penetrar finas capas de materiales, el proceso de identificación se puede realizar a distancias más largas en comparación a otros tipos de identificación, de igual manera este tipo de tecnología puede identificar objetos en movimiento. La tecnología proporciona un sistema robusto, sin contacto y con la posibilidad para recopilar, analizar y distribuir información de una manera comprensiva, esto le proporciona innumerables aplicaciones e importantes ventajas sobre la tecnología de código de barras.

**Existen tres tipos de etiquetas RFID, que presentan las siguientes características<sup>16</sup>:**

**1. RFID pasivas:** Carecen de fuente de alimentación propia; actúa a través de la energía inducida a la antena de la etiqueta por radiofrecuencia, suficiente para poder transmitir una respuesta, que debe ser necesariamente breve, pero presenta la ventaja de ser un dispositivo muy pequeño. Sus dimensiones presentan una media de 0.4 milímetros x 0.4 milímetros, lo cual las hace prácticamente invisibles.

**2. RFDI semi-pasivas:** Similares a las anteriores, pero incorporan una pequeña fuente de energía. Esta permite al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado, lo cual reduce las dimensiones de la antena. Una de sus ventajas es el tener una respuesta más rápida.

**3. RFDI activas:** Estas cuentan con una fuente de energía, mayor capacidad de memoria, así como almacenar información adicional. Son más grandes, aproximadamente del tamaño de una moneda pequeña, rangos de 10 metros y una duración de batería de varios años.

**Los sistemas RFID se clasifican dependiendo del rango de frecuencias que usan. Existen cuatro tipos de sistemas<sup>24</sup>:**

- Frecuencia baja (entre 125 o 134,2 kilohercios).
- Alta frecuencia (13,56 megahercios).
- UHF o de frecuencia ultraelevada (868 a 956 megahercios) (Los sistemas UHF no pueden ser utilizados en todo el mundo porque no existe una única regulación global para su uso).
- Microondas (2,45 gigahercios).

---

<sup>16</sup> Tarjetas hid-mifare-rfid. (2020). *¿Qué es la tarjeta de proximidad?*

<sup>24</sup> Nuoplanet. (2019). *¿Qué es RFID?*



Banda de frecuencias	Descripción	Rango
125 kHz	LF (Baja Frecuencia)	Hasta 50 cm.
13,56 MHz	HF (Alta Frecuencia)	Hasta 90 cm.
400 MHz – 1.000 MHz	UHF (Ultra Alta Frecuencia)	De 3 a 10 m.
2,45 GHz – 5,4 GHz	Microondas	Más de 10 m.

Tabla 1: Clasificación por rango de frecuencia.

Fuente: <https://nuoplanet.com/blog/que-es-rfid/>.

**Tanto los tags activos como los pasivos pueden adicionalmente ser clasificados de la siguiente forma:**

- **Solo lectura (RO):** En estos dispositivos, los datos son grabados en el tag durante su fabricación, para esto, los fusibles en el microchip del tag son quemados permanentemente utilizando un haz láser muy fino. Después de esto, los datos no podrán ser reescritos. Este tipo de tecnología se utiliza en pequeñas aplicaciones, pero resulta poco práctico para la mayoría de aplicaciones más grandes, que intentan aprovechar todas las bondades de RFID. Utilizados mayormente para controles de acceso en donde la prioridad es la seguridad, también para identificar y localizar productos.
- **Una Escritura, Muchas Lecturas (WORM):** Un tag WORM, puede ser programado sólo una vez, pero esta escritura generalmente no es realizada por el fabricante sino por el usuario justo en el momento que el tag es creado. Este tipo de etiquetas puede utilizarse en conjunto con las impresoras de RFID, las cuales escriben la información requerida en el tag. Para aplicaciones personales o usuarios terceros.
- **Lectura y Escritura (RW):** Estas etiquetas, pueden ser reprogramadas muchas veces, típicamente este número varía entre 10,000 y 100,000 veces, incluso mayores. Esta opción de reescritura ofrece muchas ventajas, ya que el tag puede ser escrito por el lector, e inclusive por sí mismo en el caso de los tags activos. Estas etiquetas regularmente contienen una memoria Flash o FRAM para almacenar los datos.

**Un sistema RFID consta de los siguientes componentes<sup>16</sup>:**

- **Etiqueta RFID o transpondedor:** compuesta por una antena, un transductor radio y un material encapsulado o chip. El propósito de la antena es permitirle al chip, el cual contiene la información, transmitir la información de identificación de la etiqueta. Existen varios tipos de etiquetas. El chip posee una memoria interna con una capacidad que depende del modelo y varía de una decena a millares de bytes.
- **Lector de RFID o transceptor:** compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. El lector envía periódicamente señales para ver si hay alguna etiqueta en sus inmediaciones. Cuando capta una señal de una etiqueta (la cual contiene la información de identificación de ésta), extrae la información y se la pasa al subsistema de procesamiento de datos.
- **Subsistema de procesamiento de datos o Middleware RFID:** proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos.

**Estándares internacionales:**

En cada país existen normas para la regulación de los productos, en cuanto al número de canal a usar, potencia a transmitir, frecuencias, etc. Por ello la tecnología RFID tendrá que limitarse a los estándares de función en cada país para no violar las normas, lo que aumenta la dificultad de que cada país tenga su propio estándar por eso se propuso desarrollar un estándar internacional.

La tecnología RFID se rige en la gran mayoría de dos principales estándares internacionales ISO y EPC, desarrollados en base al funcionamiento de comunicación y aplicación.

**Estándares de la ISO<sup>17</sup>:**

- ISO 14443, para sistemas sin contacto.
- ISO15693, para sistema de proximidad.
- ISO 18000, para especificar la interfaz aérea para una variedad de aplicaciones.

**Estándares EPC<sup>17</sup>:** es una organización sin fines de lucro que ha desarrollado una amplia gama de estándares para la identificación de productos. Las funciones de EPC o Código Electrónico de Producto son similares a las de UPC o Código de Producto Universal encontrado en la

---

<sup>16</sup> Tarjetas hid-mifare-rfid. (2020). *¿Qué es la tarjeta de proximidad?*

<sup>17</sup> Wikipedia. (2020). RFID.

tecnología de código de barras. EPC es un esquema de identificación para identificar objetos físicos de manera universal por medio de etiquetas RFID. El código EPC en una etiqueta

RFID puede identificar al fabricante, producto, versión y número de serie, y adicionalmente provee un grupo de dígitos extra para identificar objetos únicos.

- **Gen 2:** EPC global ha trabajado con un estándar internacional para el uso de RFID y EPC, en la identificación de cualquier artículo, en la cadena de suministro para las compañías de cualquier tipo de industria. El estándar gen 2 de EPC global es probable que llegue a formar la base de los estándares en etiquetas RFID. EPC Gen2 es la abreviatura de “EPCglobal UHF Generation 2”.

#### **7.4.5. Biometría.**

Identifica a las personas mediante el uso de un proceso de escaneo AIDC especializado que compara características biológicas intransferible de las personas, como el iris o las huellas dactilares, el reconocimiento del patrón venoso del dedo o el reconocimiento facial. Alguna vez fue una tecnología que solo existía en las películas de ciencia ficción, pero ahora está avanzada tecnología de captura de datos se usa en entornos de oficina e incluso en dispositivos móviles personales. Se trata del mismo sistema que utiliza el cerebro humano para reconocer y distinguir una persona de otra.

La biometría es un sistema que reconoce a la persona basándose en quién es, no importando lo que lleva puesto o lo que conoce. Cosas que puedan llevar, como las llaves y tarjetas de identificación, pueden ser perdidas, sustraídas y/o duplicadas. Cosas que conoce, como contraseñas y códigos, pueden ser olvidados, sustraídos y/o duplicados. La tecnología biométrica se fija en quién es la persona, basándose en una única e inalterable característica humana que no puede ser perdida, olvidada, sustraída o duplicada.

#### **Tecnologías de identificación biométricas.**

Los sistemas de verificación biométrica que se utilizan habitualmente son: biometría de huella dactilar, biometría vascular, biometría facial, biometría de iris, de voz, de retina, biometría de la palma de la mano y firma.

De manera simplificada en base a estas diferentes tecnologías biométricas, se podría decir lo siguiente:

La biometría de iris es la que da los resultados más óptimos, pero requiere que los ojos del individuo se aproximen mucho al dispositivo. Suelen ser caros y delicados, por lo que resulta una aplicación poco práctica.

El sistema de reconocimiento biométrico voz es más práctico, pero no seguro ya que está sujeta a los cambios de voz debidos a cualquier enfermedad, ronquera o ruidos externos que puedan interferir en el reconocimiento de la voz.

Son entonces, la biometría de huella digital, la tecnología biométrica vascular y el reconocimiento biométrico facial los sistemas más fiables para su uso en numerosas aplicaciones.

- **La tecnología biométrica de huella dactilar:** es la más extensa por su coste, utilidad y rapidez de identificación, pero no es la única. De los sistemas biométricos de huella dactilar los más resistentes, seguros y fiables son los que están basados en un escáner o sensor óptico. La biometría de huella digital es utilizada en muchas aplicaciones, donde la identificación de personas se quiere realizar de manera segura y cómoda para el usuario, evitando los riesgos de suplantación de identidad derivada del robo, copia o pérdida de tarjetas y códigos; de la manera más práctica para el usuario, que no debe recordar códigos ni contraseñas.
- **Los lectores biométricos vasculares de dedo:** ofrecen un plus en seguridad, pues el témpate biométrico es prácticamente imposible de falsificar y no deja rastro, por lo que es ideal para aplicaciones de alta seguridad. Este lector biométrico utiliza el esquema de venas del dedo como patrón biométrico para identificar al usuario. El patrón vascular es una característica interna por lo que no afecta que el dedo esté dañado o erosionado. A diferencia de otros sistemas vasculares de la palma de la mano, el terminal de biometría vascular utiliza el patrón vascular del dedo, por lo que su uso es más fácil y rápido.
- **Alternativamente, la biometría facial** permite la identificación sin contacto, muy rápida y segura debido a la doble cámara que captura la luz visible e infrarroja para conseguir un patrón 3D. Gracias a esto el terminal de control de Acceso y control de presencia con reconocimiento biométrico facial 3D integrado obtiene la fisionomía craneal de la persona como patrón biométrico único. El equipo diferencia entre gemelos con rostro aparentemente idéntico. Debido a que se utiliza tecnología infrarroja y 3D inhabilita el uso de caretas, fotografías, etc. para falsificar el rostro, diferenciándose claramente de la tecnología biométrica facial 2D.

### **Sistemas de identificación biométrica más usados en el país.**

Se realizaron cotizaciones de precios con diferentes empresas distribuidoras de algunos de estos sistemas de identificación y empresas que brindan servicios de seguridad, tales como: Vintech, Servipro, Diselnic y Comtech.

No se logró costear los precios de todos los sistemas mencionados debido a que las empresas con presencia en el país normalmente distribuyen los sistemas más accesibles en el mercado nacional, tales como: identificación por teclado, lector de huella dactilar, lector de código de barras y lector de proximidad. Los precios de los otros sistemas se obtuvieron de páginas de venta por internet como Amazon, eBay y mercado libre.

Los costos de cada uno de estos sistemas disponibles en el mercado nacional y extranjero se presentan en el estudio económico del proyecto.

### **7.5. Ventajas y desventajas de RFID en comparación con otras tecnologías.**

Los sistemas RFID presentan ciertas desventajas respecto a las tecnologías anteriormente vistas:

- Las tarjetas RFID son más caras con respecto, por ejemplo, al código de barras.
- Estos sistemas no presentan un estándar mundial, con lo cual las frecuencias usadas por RFID son incompatibles en diferentes lugares. Por ejemplo, las frecuencias usadas en USA son incompatibles en Europa y Japón.
- Debido al tráfico ilícito de etiquetas RFID existen preocupaciones por la seguridad, privacidad empresarial y personal.
- La interferencia en dependencia de la frecuencia que se utilice puede ser un factor que impida el funcionamiento óptimo del sistema.

Sin embargo, en respuesta a estas desventajas, se presenta lo siguiente:

- Las tarjetas RFID son más caras, pero a largo plazo duran más ya que estas no se desgastan.
- Se puede tener sistemas RFID con un rango de frecuencias que respeten los requisitos locales de cada país.
- No necesita el contacto directo con el identificador, dependiendo de la frecuencia y especificaciones físicas la lectura se puede realizar a diferentes distancias.

- Además, la invulnerabilidad que se puede lograr en los sistemas RFID es tal que no se puede lograr ningún tipo de falsificación ni fraude, ya que la transferencia de información entre la antena y el identificador podrá estar altamente codificada.
- Existe la posibilidad en dependencia del tipo de tecnología RFID, de modificar los datos.
- El tamaño de los dispositivos emisores es de dimensiones pequeñas, cómodas, adaptables y sencillos de usar.

**7.6. Cuadro comparativo.**

	Código de barras	Bandas Magnéticas	RFID	Huella Dactilar	Lectores biométricos vasculares	Reconocimiento facial
Nivel de seguridad	Medio	bajo	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto
Dificultad Escritura Modificación	Medio	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Distancia de lectura	bajo	bajo	Muy alto	Bajo	Bajo	Bajo
Accesibilidad Comodidad	Alto	Medio	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Costo	Bajo	medio	medio	Alto	Muy alto	Muy alto
Durabilidad	Muy alto	Bajo	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto

Tabla 2: Comparación de los sistemas de identificación.

Fuente: Propia.

## **8. Capítulo 2: Establecer un modelo del sistema de control de acceso vehicular con tecnología Arduino y RFID.**

### **8.1. Modelo teórico.**

El sistema de control vehicular que se propone permitirá controlar los accesos, los espacios libres, además de llevar un control a través de una base de datos con posibilidad de hacer la extracción hacia la herramienta de Excel para posterior analizar los datos.

Para formar este sistema se requiere de un conjunto de equipos que funcionen de manera integrada. Está compuesto básicamente por, microcontroladores, sensores kit RFID de lectores y etiquetas o tags, sensores de proximidad y de computadoras conectadas a través de la red privada con el software necesario para el control y la ejecución de todos los procesos necesarios a través de una interfaz gráfica de usuario.

El sistema planteado se divide en dos subsistemas, sistema de control/administración y sistema indicador de espacios libres.

Para realizar el sistema de control de acceso, se utilizará un lector RFID a la entrada y otro a la salida, para poder realizar la identificación de los autos a través de los tags. Estos lectores permitirán automatizar el control antes realizado por un personal. Estos registros se guardarán automáticamente en una base de datos hasta que la persona requiera analizar la información. Adicionalmente se utilizará un sensor de proximidad en la entrada y otro en la salida para la seguridad del proceso de permitir o negar el acceso.

Para el sistema indicador de espacios libres se utilizarán sensores de proximidad en cada uno de los espacios de estacionamiento, enviando los datos al microprocesador para detectar los espacios libres y luego mostrar los datos de referencia para los usuarios que están ingresando y de esa manera asistir al conductor para detectar los espacios disponibles.

Las computadoras serán las encargadas de recibir todos los registros enviados desde los microprocesadores, de gestionar la información a través de la extracción de los datos a la herramienta de Excel y de mostrar la asistencia visual de la representación gráfica del estacionamiento en una pantalla compartida ubicada en la entrada al estacionamiento.

Se contarán con dos computadoras, conectadas entre sí a través de una red privada para compartir los registros en una sola carpeta. Ambas equipadas con los softwares necesarios para la conexión e interacción con los microcontroladores.

**Composición básica:**

- Microcontrolador.
- Sensores dispositivos de entrada y salida.
- Fuente de energía.
- Cables de conexión.

**Microcontrolador:**

Es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador, y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora. Se puede decir con toda propiedad que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado.

Toda microcomputadora requiere de un programa para que realice una función específica. Este se almacena normalmente en la memoria ROM. No está de más mencionar que sin un programa, los microcontroladores carecen de utilidad.

La memoria **RAM** (Random Access Memory Module o memoria de acceso aleatorio) es un tipo de memoria que utilizan los ordenadores para almacenar los datos y programas a los que necesita tener un rápido acceso.

Se trata de una memoria de tipo volátil, es decir, que se borra cuando apagamos el ordenador, aunque también hay memorias RAM no volátiles (como por ejemplo las memorias de tipo flash)

Existe un tipo de memoria que almacena información sin necesidad de corriente eléctrica; se trata de la **ROM** (Read Only Memory, o Memoria de Sólo Lectura), a veces denominada memoria no volátil, dado que no se borra cuando se apaga el sistema. Este tipo de memoria permite almacenar la información necesaria para iniciar el sistema.

El propósito fundamental de los microcontroladores es el de leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe, es por esto que la programación es una actividad básica e indispensable cuando se diseñan circuitos y sistemas que los incluyan. El carácter programable de los microcontroladores simplifica el diseño de circuitos electrónicos. Permiten modularidad y



flexibilidad, ya que un mismo circuito se puede utilizar para que realice diferentes funciones con solo cambiar el programa del microcontrolador.

Las aplicaciones de los microcontroladores son vastas, se puede decir que solo están limitadas por la imaginación del usuario. Es común encontrar microcontroladores en campos como la robótica y el automatismo, en la industria del entretenimiento, en las telecomunicaciones, en la instrumentación, en el hogar, en la industria automotriz, etc.

Los microcontroladores están diseñados para interpretar y procesar datos e instrucciones en forma binaria. Patrones de 1's y 0's conforman el lenguaje máquina de los microcontroladores, y es lo único que son capaces de entender. Estos 1's y 0's representan la unidad mínima de información, conocida como bit, ya que solo puede adoptar uno de dos valores posibles: 0 ó 1.

La representación de datos, instrucciones y señales en forma de bits resulta dificultosa y tediosa para aquellas personas que no estén familiarizadas con el sistema de numeración binario. Aún para los usuarios expertos no resulta tan evidente la interpretación de instrucciones en forma binaria o lenguaje máquina. Es por esto que la programación comúnmente se lleva a cabo en un lenguaje de alto nivel, es decir, un lenguaje que utilice frases o palabras semejantes o propias del lenguaje humano. Las sentencias de los lenguajes de alto nivel facilitan enormemente la programación ya que son familiares a nuestra manera de comunicarnos. Lenguajes como el C o BASIC son comúnmente utilizados en la programación de microcontroladores.

Otro tipo de lenguaje más especializado es el lenguaje ensamblador. El lenguaje ensamblador es una lista con un limitado número instrucciones a los cuales puede responder un microcontrolador. Estas instrucciones son palabras o abreviaciones que representan las instrucciones en lenguaje máquina del microcontrolador.

Las instrucciones en lenguaje ensamblador, también conocidas como nemotécnicos, son fáciles de entender y permiten operar directamente con los registros de memoria, así como con las instrucciones intrínsecas del microcontrolador. Es por esto que el lenguaje ensamblador es sin lugar a dudas el lenguaje por excelencia en la programación de microcontroladores, ya que permite hacer un uso eficiente de la memoria y minimizar el tiempo de ejecución de un programa.

Cualquiera que sea el lenguaje que se utilice en la programación de microcontroladores, es de lo más recomendable profundizar en su arquitectura interna, ya que con este conocimiento se pueden aprovechar más y mejor las capacidades de un microcontrolador dado.

Todo programa escrito en un lenguaje de alto nivel debe ser transformado en código máquina. Los programas que escribimos los entendemos nosotros, no así el microcontrolador.

Un software de computadora, llamado compilador, traduce y transforma nuestro programa en código máquina, que es lo que realmente puede leer e interpretar el microcontrolador.

Una vez compilado el programa, es momento de transferir nuestro código máquina hacia la memoria interna del microcontrolador, usualmente hacia la ROM. Para esta tarea se utiliza un programador físico, que es una pieza de hardware que tiene el propósito de escribir el programa en la memoria interna del micro.

**Unidad central de procesamiento CPU:** es un circuito electrónico llamado por muchos como el cerebro del sistema. Es un circuito microscópico constituido por millones de transistores integrados en una única pieza plana de poco espesor. El microprocesador se encarga de realizar todas las operaciones de cálculo y de controlar lo que pasa en la computadora recibiendo información y dando órdenes para que los demás elementos deben hacer. Constituido por registros, una unidad de control, una unidad aritmético-lógica ALU, una unidad de cálculo en coma flotante o coprocesador matemático, memoria cache, bus interno y encapsulado.

**Unidad de Control (U.C):** se encarga de organizar y manejar todos los procesos tales como interpretar contenidos de las posiciones de la memoria RAM y memoria ROM, control de puertos, acceso a unidades de disco, ejecución de las instrucciones del software, entre otras.

**ALU** que traducido es unidad aritmética y lógica: se encarga de realizar todas aquellas operaciones necesarias como cálculos de operaciones (multiplicaciones, divisiones, sumas, etc.) y comparaciones entre valores (mayor que, menor que, igual que, etc.).

**Registros:** zonas de memoria especiales para almacenar información temporalmente.

**Bus interno:** transportan información digital dentro del chip.

**Memoria caché:** memoria ultrarrápida que ayuda al micro en operaciones con datos que maneja constantemente.

**Encapsulado:** es el recubrimiento del chip para darle consistencia e impedir su deterioro. Esta envoltura puede ser de cerámica o plástico.

**Dispositivos de entrada y salida:** es la colección de interfaces que usan las distintas unidades funcionales (subsistemas) de un sistema de procesamiento de información para comunicarse unas con otras, o la información enviada a través de esas interfaces. Las entradas son las

señales recibidas por la unidad, mientras que las salidas son las señales enviadas por ésta a través de los diferentes pines conectados a dispositivos externos para enviar o recibir información del exterior. Pueden ser teclados, sensores, actuadores etc.

**Fuente de energía:** encargada de brindar la energía a todos los dispositivos para el correcto funcionamiento del sistema. Puede ser directamente del suministro de alimentación de la red eléctrica o una batería con la capacidad necesaria de voltaje y corriente.

**Cables de conexión:** elementos necesarios para enviar las señales de comunicación entre los diferentes periféricos de los dispositivos y de conexión entre la fuente de energía y todo el sistema.

Para la presentación/demostración de este modelo del sistema se seleccionó como microcontrolador a Arduino por sus beneficios.

**Arduino:** Es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar.

El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. Esto quiere decir que Arduino ofrece las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo ser diferentes entre ellas, pero igualmente funcionales al partir de la misma base.<sup>18</sup>

Arduino nació en el Instituto de Diseño de Interacción Ivrea como una herramienta fácil para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciando su oferta de placas simples de 8 bits a productos para aplicaciones IoT, dispositivos portátiles, impresión 3D y entornos integrados. Todas las placas Arduino son completamente de código abierto, lo que permite a los usuarios construirlas de forma independiente y eventualmente adaptarlas a sus necesidades particulares.<sup>18</sup>

Se ejecuta en Mac, Windows y Linux que está escrita en el lenguaje de programación Java. Los maestros y los estudiantes lo usan para construir instrumentos científicos de bajo costo. Se publica como herramientas de código abierto, disponibles para su extensión por programadores experimentados. El lenguaje se puede ampliar a través de las bibliotecas de C ++, y las personas

---

<sup>18</sup> Arduino. (2019). *Comenzando con los productos Arduino*.

que desean comprender los detalles técnicos pueden dar el salto de Arduino al lenguaje de programación AVR C en el que se basa. Del mismo modo, puede agregar el código AVR-C directamente en sus programas Arduino si lo desea.<sup>18</sup>

El software libre son los programas informáticos cuyo código es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo. Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades.

Es una placa basada en un microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales las escribes con el lenguaje de programación que puedes utilizar en el entorno Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa.<sup>18</sup>

El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos. La información de estos periféricos que conectes se trasladará al microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos.

El tipo de periféricos que puedas utilizar para enviar datos al microcontrolador depende en gran medida de qué uso le estés pensando dar. Pueden ser cámaras para obtener imágenes, teclados para introducir datos, o diferentes tipos de sensores.

También cuenta con una interfaz de salida, que es la que se encarga de llevar la información que se ha procesado en el Arduino a otros periféricos. Estos periféricos pueden ser pantallas o altavoces en los que reproducir los datos procesados, pero también pueden ser otras placas o controladores.

Arduino es un proyecto y no un modelo concreto de placa, lo que quiere decir que compartiendo su diseño básico te puedes encontrar con diferentes tipos de placas. Las hay de varias formas, tamaños y colores para a las necesidades del proyecto en el que estés trabajando, las hay sencillas o con características mejoradas, Arduinos orientados al Internet de las Cosas o la impresión 3D y, por supuesto, dependiendo de estas características te encontrarás con todo tipo de precios.

**Las categorías de placas de Arduino disponibles son<sup>19</sup>:**

**Nivel de entrada:** orientados a la introducción, fáciles de usar y listo para impulsar proyectos. Arduino UNO, Arduino Leonardo, Arduino Esplora, Arduino Nano.

**Características mejoradas:** para proyectos más complejos y actuaciones más rápidas. Arduino Mega 2560, Arduino Zero, Arduino Due, Arduino M0 Pro, Arduino MKR Zero.

**LoT:** proyectos con conexiones inalámbricas. Arduino Yún, Arduino Ethernet, UNO Wifi REV2, Arduino Inalámbrico Escudo Proto.

**Educación:** Herramientas de hardware y software para crear una experiencia de aprendizaje más practica e innovadora en la programación y electrónica. Kit de Ingeniería, CTC101.

**Usable:** diseñado para proyectos de textiles electrónicos. Lilypad Arduino Simple, Lilypad Arduino Junta Principal, Lilypad Arduino USB.

**Entre las placas más conocidas en el mercado podemos encontrar:**

**Arduino UNO:** Se encuentra en la clasificación denominada nivel de entrada. Es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio.<sup>29</sup>



Imagen 4: Arduino UNO REV3.

Fuente: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

---

<sup>19</sup> Arduino (2019). Productos Arduino.

<sup>29</sup> Arduino (2019). Productos Arduino.

El **Arduino Uno WiFi** es funcionalmente el mismo que el Arduino Uno Rev3, pero con la adición de WiFi y algunas otras mejoras. Incorpora un nuevo microprocesador de 8 bits de Microchip y tiene una IMU (Unidad de medición inercial) integrada.<sup>19</sup>



Imagen 5: Arduino UNO Wifi REV2.

Fuente: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-wifi-rev2>

**Arduino Leonardo:** es una placa de microcontrolador basada en el ATmega32u4. Tiene 20 pines de entrada / salida digital (de los cuales 7 se pueden usar como salidas PWM y 12 como entradas analógicas), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión micro USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio.<sup>19</sup>



Imagen 6: Arduino Leonardo.

Fuente: <https://store.arduino.cc/arduino-leonardo-with-headers>

<sup>19</sup>Arduino (2019). Productos Arduino.

**Arduino Esplora:** es una placa de microcontrolador derivado del Arduino Leonardo, tiene salidas de sonido y luz incorporadas, y varios sensores de entrada, que incluyen un joystick, un control deslizante, un sensor de temperatura, un acelerómetro, un micrófono y un sensor de luz.<sup>19</sup>

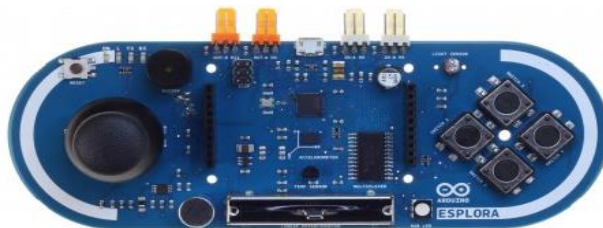


Imagen 7: Arduino Esplora.

Fuente: <https://store.arduino.cc/arduino-esplora>

**Arduino Nano:** El Arduino Nano es un tablero pequeño, completo y amigable basado en el ATmega328. Carece solo de un conector de alimentación de CC y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar.<sup>19</sup>



Imagen 8: Arduino Nano.

Fuente: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>

**Arduino Mega 2560:** es una placa de microcontrolador basada en el ATmega2560. Tiene 54 pines de entrada / salida digital (de los cuales 15 se pueden usar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP, y un botón de reinicio.<sup>19</sup>



Imagen 9: Arduino Mega 2560 REV3.

Fuente: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>

<sup>19</sup>Arduino (2019). Productos Arduino.



**Arduino MKR ZERO:** le ofrece la potencia de un cero en el formato más pequeño establecido por el factor de forma MKR. La placa MKR ZERO actúa como una gran herramienta educativa para aprender sobre el desarrollo de aplicaciones de 32 bits. Tiene un conector SD integrado con interfaces SPI dedicadas (SPI1) que te permite jugar con archivos MUSIC sin hardware adicional. La placa funciona con la MCU SAMD21 de Atmel, que cuenta con un núcleo ARM Cortex® M0 + de 32 bits.<sup>19</sup>



Imagen 10: Arduino MKR ZERO.

Fuente: <https://store.arduino.cc/arduino-mkr-zero-i2s-bus-sd-for-sound-music-digital-audio-data>

**Arduino Debido:** es una placa de microcontrolador basada en la CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Es la primera placa Arduino basada en un microcontrolador de núcleo ARM de 32 bits. Tiene 54 pines de entrada / salida digital (de los cuales 12 se pueden usar como salidas PWM), 12 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un reloj de 84 MHz, una conexión compatible con USB OTG, 2 DAC (digital a analógico), 2 TWI, un conector de alimentación, un encabezado SPI, un encabezado JTAG, un botón de reinicio y un botón de borrado.<sup>19</sup>



Imagen 11: Arduino Debido.

Fuente: <https://store.arduino.cc/arduino-due>

<sup>19</sup>Arduino (2019). Productos Arduino.



## 8.2. Dispositivos a utilizar.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de los dispositivos seleccionados a utilizar en la maqueta para la demostración del funcionamiento del sistema de control de acceso vehicular con Arduino y RFID, en base al estudio presentado anteriormente y tomando en cuenta los alcances planteados en los objetivos de este documento y dar solución a la problemática planteada.

Adicionalmente se presentan algunas recomendaciones de variantes de los dispositivos del sistema para la aplicación en campo.

### 8.2.1. Microcontrolador.

Se contarán con tres microcontroladores, cada uno con una función designada. Un microcontrolador será el encargado del control y administración de los vehículos que ingresan al recinto, control de la aguja para permitir el acceso y captura de datos de los usuarios que han ingresado.

El segundo microcontrolador únicamente recolectará la información de los usuarios que salen del recinto a través de un sensor RFID y serán guardados para posterior exportarlos y analizarlos. Este solo obtendrá la hora en la que el usuario sale del estacionamiento del recinto.

El tercer microcontrolador será el encargado del funcionamiento óptimo del sistema indicador de espacios libres, tendrá conectado los sensores de proximidad de cada uno de los espacios en el estacionamiento.

Se seleccionó el microcontrolador Arduino por sus características de compatibilidad con los diferentes sistemas de comunicación y amplias herramientas que nos facilitan la demostración de este proyecto.

Este sistema de control de acceso se plantea con tres microcontroladores debido a que se utiliza la comunicación serial entre el Arduino y la computadora a través de conexión USB para facilitar el uso y administración de los recursos a través de una interfaz gráfica de usuario con posibilidad de monitorear los datos en tiempo real.

### Arduino UNO.

"Uno" significa uno en italiano y fue elegido para marcar el lanzamiento de Arduino Software (IDE) 1.0. La placa Uno y la versión 1.0 de Arduino Software (IDE) fueron las versiones de referencia de Arduino, ahora evolucionadas a versiones más nuevas. La placa Uno es la primera de una serie de placas Arduino USB, y el modelo de referencia para la plataforma Arduino. Es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. El ATmega328 tiene 32 KB (con 0.5 KB ocupados por el gestor de arranque). También tiene 2 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM.<sup>20</sup>

### Conexión de alimentación. (Power pin)<sup>20</sup>

- **Power Jack:** el power jack o DC Power Jack se puede usar para alimentar su placa Arduino. Generalmente está conectado a un adaptador de pared. La placa puede funcionar con 5-20 voltios, pero el fabricante recomienda mantenerla entre 7-12 voltios. Por encima de 12 voltios, los reguladores pueden sobrecalentarse, y por debajo de 7 voltios, puede no ser suficiente. La alimentación externa puede provenir de un adaptador de CA a CC o de una batería. El adaptador se puede conectar con un enchufe de centro positivo de 2.1 mm en el conector de alimentación de la placa
- **Pin VIN:** este pin se usa para alimentar la placa Arduino Uno utilizando una fuente de alimentación externa. El voltaje debe estar dentro del rango mencionado anteriormente.
- **Cable USB:** cuando está conectado a la computadora, proporciona 5 voltios a 500 mA.
- **Pines 5V y 3.3V:** Proporcionan 5 y 3.3v regulados para alimentar componentes externos de acuerdo con las especificaciones del fabricante. El consumo de corriente máximo es de 50 mA.
- **Pin GND:** Pines de tierra, el Arduino Uno tiene 5 pines GND, que están todos interconectados. Los pines GND se utilizan para cerrar el circuito eléctrico y proporcionar un nivel de referencia lógica común en todo el circuito.
- **RESET:** Restablecer el Arduino.
- **IREF:** este pin es la referencia de entrada / salida. Proporciona la referencia de voltaje con la que opera el microcontrolador.

---

<sup>20</sup> Arduino (2019). Arduino UNO REV3.

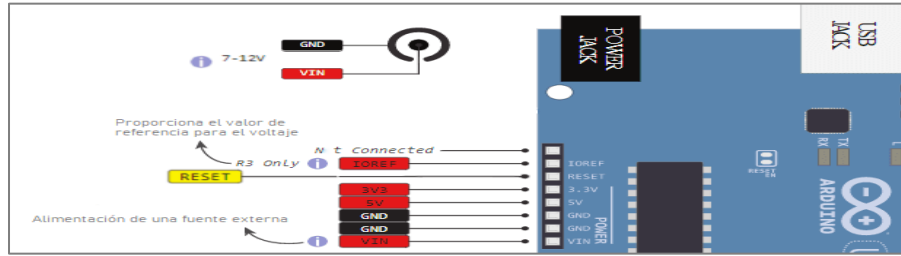


Imagen 12: Arduino UNO Power Pin.

Fuente: <http://www.electrogeekshop.com/arduino-uno-pinout-una-sencilla-introduccion-a-su-esquema-5-52/>

**Pines Analógicos:**

El Arduino Uno tiene 6 pines analógicos que usan ADC, convertidor analógico a digital, etiquetadas de las A0 a A5, cada una de las cuales proporciona 10 bits de resolución, es decir 1024 valores diferentes. El ADC convierte el voltaje en bits que el microprocesador puede entender.<sup>20</sup>

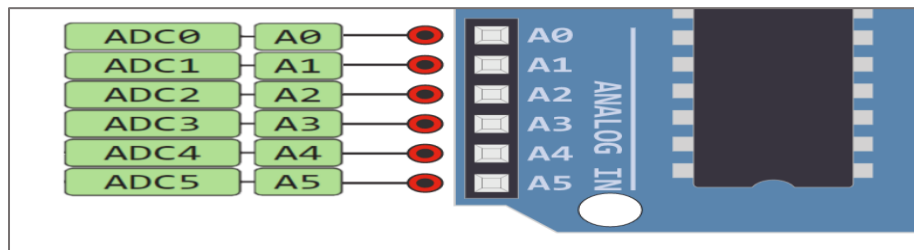


Imagen 13: Arduino UNO Pines Analógicos.

Fuente: <http://www.electrogeekshop.com/arduino-uno-pinout-una-sencilla-introduccion-a-su-esquema-5-52/>

**Pines digitales<sup>20</sup>:**

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o salida, utilizando las funciones pinMode (), digitalWrite () y digitalRead (). Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir 20 mA como condición de funcionamiento recomendada. Un máximo de 40 mA es el valor que no debe superarse en ningún pin de E / S para evitar daños permanentes en el microcontrolador.

<sup>20</sup> Arduino (2019). Arduino UNO REV3.

Funciones adicionales de control y comunicación:

- El pin 13 del Arduino Uno está conectado al LED incorporado. Cuando el pin tiene un valor ALTO, el LED está encendido, cuando el pin está BAJO, está apagado.
- Los pines 3,5,6,9,10,11 tienen capacidad PWM.
- Comunicación serie Pines (RX) y (TX), se utiliza para intercambiar datos entre la placa Arduino y otro dispositivo en serie, como computadoras, pantallas, sensores y más.
- SPI: los pines SS / SCK / MISO / MOSI son los pines dedicados para la comunicación SPI. Se pueden encontrar en los pines digitales 10-13 del Arduino Uno y en los encabezados ICSP. La interfaz periférica en serie (SPI) es un protocolo de datos en serie utilizado por microcontroladores para comunicarse con uno o más dispositivos externos en un bus como conexión. El SPI también se puede utilizar para conectar 2 microcontroladores. En el bus SPI, siempre hay un dispositivo que se denota como dispositivo Maestro y todos los demás como Esclavos.
- MISO (Master In Slave Out): una línea para enviar datos al dispositivo maestro.
- MOSI (Master Out Slave In): la línea maestra para enviar datos a dispositivos periféricos.
- SCK (reloj serie): una señal de reloj generada por el dispositivo maestro para sincronizar la transmisión de datos.
- I2C: los pines SCL / SDA son los pines dedicados para la comunicación I2C. En el Arduino Uno se encuentran en los pines analógicos A4 y A5. El protocolo I2C fue diseñado para permitir la comunicación entre componentes en una sola placa de circuito. SCL es la línea de reloj diseñada para sincronizar transferencias de datos. SDA es la línea utilizada para transmitir datos.
- AREF: tensión de referencia para las entradas analógicas.

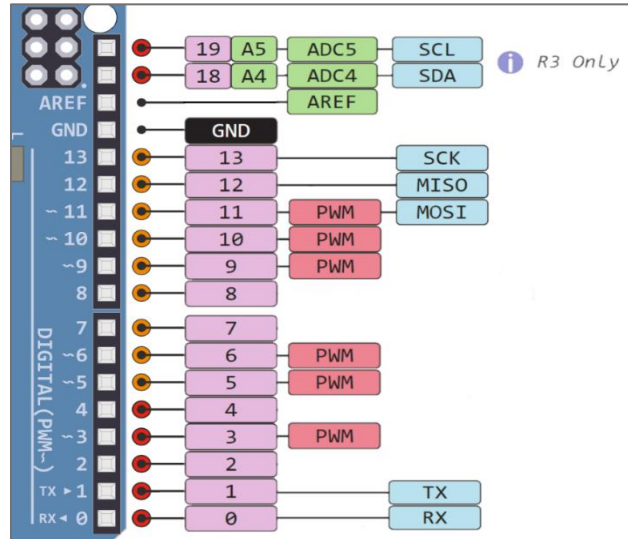


Imagen 14: Arduino Uno Pines Digitales, control y comunicación.

Fuente: <http://www.electrogeekshop.com/arduino-uno-pinout-una-sencilla-introduccion-a-su-esquema-5-52/>

La leyenda R3 Only se refiere a que las funciones de los pines 19 y 18 solo están disponibles en esa versión.

### 8.2.2. Sensores.

Para la demostración del funcionamiento del sistema se utilizarán dos tipos de sensores, los sensores de identificación por radio frecuencia RC522 y los Sensores de proximidad HC-SR04.

Debido a las limitaciones económicas, técnicas y de funcionalidad de estos sensores se presentarán alternativas de cada uno de los dispositivos para la aplicación en campo de este proyecto con toda la información técnica necesaria de cada uno de ellos para su funcionamiento óptimo, cumpliendo con los objetivos especificados en este documento.

Los sensores de identificación por radio frecuencia se utilizarán para la captura de los datos en la entrada y en la salida del estacionamiento, serán los encargados de enviar la información al microcontrolador, que posterior se analizará para dar una respuesta a los actuadores y generar una base de datos.

Los sensores de proximidad se utilizarán como detectores de objetos en el área próxima al objeto que funcionara como bloqueo, en este caso será una aguja, el objetivo de esto es evitar que el accionamiento provoque un daño físico al vehículo, de tal manera la aguja no podrá descender a su posición inicial mientras se encuentre un vehículo ingresando.

Adicionalmente los sensores de proximidad se utilizarán para el sistema de detección de espacios libres en el estacionamiento, se contará con un sensor por espacio de estacionamiento para poder llevar un control de la disponibilidad del estacionamiento y mostrar esa información en una interfaz gráfica de usuario para asistir visualmente a los conductores y facilitar que logren encontrar un espacio de estacionamiento disponible en un dado caso que aun haya.

#### **Sensor de identificación por radio frecuencia Modulo RC522.**

El kit RFID de Arduino incluye el módulo RC522, una tarjeta blanca IC y un llavero NFC. Este módulo de RFID posee el chip MIFARE RC522, el cual es un circuito integrado de lectura y escritura utilizado para la comunicación sin contacto operado bajo una frecuencia de 13.56 MHz y una alimentación de 3.3 Volts.<sup>21</sup>

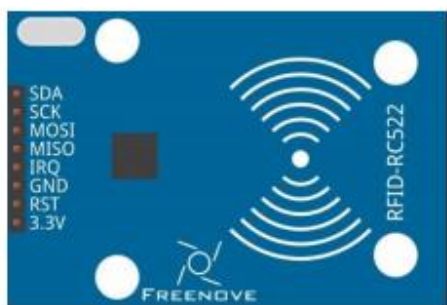
Este módulo utiliza un sistema de modulación y demodulación de 13.56MHz, etiquetas estándar ISO 14443A. El lector puede comunicarse con un microcontrolador a través de una interfaz periférica en serie (SPI) de 4 pines con una velocidad de datos máxima de 10 Mbps, también es

---

<sup>21</sup> Freenove. (2019). Tutorial.

compatible con la comunicación a través de protocolos I2C. Compatible con Arduino, Pic, Raspberry Pi entre otros.

La distancia de lectura es relativamente corta en comparación a otros sensores, el alcance de detección de la tarjeta o el llavero es aproximadamente de 10 cm. El módulo posee un pin de interrupción programable para operar solo cuando detecte el tag.<sup>21</sup>



PinOut:

- Vcc, 3v3: Conexión de alimentación.
- RST: Pin de reinicio.
- GND: Conexión a tierra.
- IRQ: Pin de interrupción.
- MISO / MOSI/ SCK / SDA

Imagen 15: Modulo RFID RC522.

Fuente: <http://freenove.com/tutorial.html>

La tarjeta blanca IC cuenta con un chip Mifare 1 S50, capacidad 8Kbit de EEPROM, cada tarjeta tiene un único número de serie 32 bits, incorpora mecanismo de anticlisión lo que permite concurrencia en la lectura, no requiere conexión de alimentación externa, cuenta con un periodo de almacenamiento de 10 años, puede sobrescribirse 100000 veces y leerse ilimitadamente, con una frecuencia de operación de 13.56MHz con protocolo ISO14443A, velocidad de lectura de 106Kbps, distancia de escritura o lectura menor a 10 cm.<sup>21</sup>



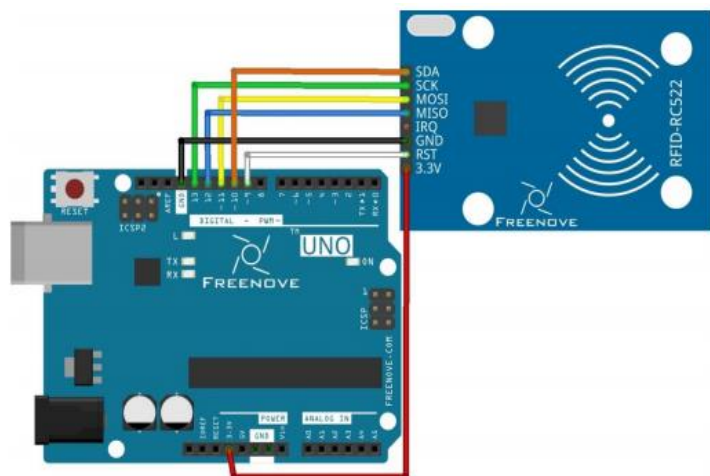
Imagen 16: Tarjeta blanca IC y Llavero NFC.

Fuente: <http://freenove.com/tutorial.html>

<sup>21</sup> Freenove. (2019). Tutorial.

El llavero NFC cuenta con un chip Mifare 1 S50, capacidad de 8Kbit EEPROM, frecuencia de operación de 13.56MHz con protocolo ISO14443A, velocidad de comunicación 106Kbps, distancia de lectura o escritura de 2.5 a 10 cm, capacidad de sobreescritura de 100000 veces y lectura ilimitada.<sup>21</sup>

**Diagrama de conexión módulo RFID RC522 con Arduino UNO.**



Arduino UNO	RFID RC522
10/ PWM SS	SDA
13/ SCK	SCK
11/ PWM MOSI	MOSI
12/ MISO	MISO
GND	GND
9/ PWM	RST
3.3V	3.3V
-	IRQ

Tabla 3: Correspondencia de pines Arduino UNO y RC522

Imagen 17: Conexión Arduino UNO y RC522.

Fuente: <http://freenove.com/tutorial.html>

Fuente: Propia.

**Código de programación Arduino UNO y RC522.**

```
#include <SPI.h>
#include <RFID.h>
//D10:pin of card reader SDA. D9: pin of card reader
RST RFID rfid(10, 9);
unsigned char status;
unsigned char str[MAX_LEN]; //MAX_LEN is 16: size of the array
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin();
  rfid.init(); //initialization
  Serial.println("Please put the card to the induction area...");
}
void loop()
{
  //Search card, return card types
  if (rfid.findCard(PICC_REQIDL, str) == MI_OK)
  {
    Serial.println("Find the card!");
    // Show card type
    ShowCardType(str);
  }
}
```



```
//Anti-collision detection, read card serial number
if (rfid.anticoll(str) == MI_OK)
{
  Serial.print("The card's number is : ");
  //Display card serial number
  for (int i = 0; i < 4; i++)
  {
    Serial.print(0x0F & (str[i] >> 4), HEX);
    Serial.print(0x0F & str[i], HEX);
  }
  Serial.println("");
}
//card selection (lock card to prevent redundant read, removing the line will make the sketch read
cards continually)
rfid.selectTag(str);
}
rfid.halt(); // command the card to enter sleeping state
}
void ShowCardType(unsigned char * type)
{
  Serial.print("Card type: ");
  if (type[0] == 0x04 && type[1] == 0x00)
    Serial.println("MFOne-S50");
  else if (type[0] == 0x02 && type[1] == 0x00)
    Serial.println("MFOne-S70");
  else if (type[0] == 0x44 && type[1] == 0x00)
    Serial.println("MF-UltraLight");
  else if (type[0] == 0x08 && type[1] == 0x00)
    Serial.println("MF-Pro");
  else if (type[0] == 0x44 && type[1] == 0x03)
    Serial.println("MF Desire");
  else Serial.println("Unknown"); }
```

Debido a las limitaciones económicas para demostrar este proyecto aplicado en campo y limitaciones técnicas del sensor del módulo de lector por radiofrecuencia RC522, este únicamente se utilizará para demostrar el funcionamiento del sistema a través de la maqueta, sin embargo, existe la posibilidad de utilizarlo para la aplicación en campo, teniendo en cuenta que el rango de lectura del módulo es significativamente corto, por tal razón los usuarios se tendrían que detener para acercar el tag al lector, haciendo esto no tan automatizado al sistema. En base a esto nos dimos a la tarea de investigar y valorar la posibilidad de adecuar alguno de los sensores de identificación por radiofrecuencia con mayor rango de lectura existentes en la actualidad a nuestro proyecto, consultando algunas de las empresas nacionales y empresas internacionales a través de sus páginas web y contacto vía correo electrónico.

Las empresas consultadas brindan un sistema de control de acceso vehicular, la mayoría con las funcionalidades básicas de:

- Identificación automática a través de sensores con un alto rango de lectura de aproximadamente entre 10 a 12 metros.
- Software para el control y administración de los recursos del hardware. Compatible con sistemas de Windows, IOS, Linux.
- Base de datos detallada de los usuarios que entran o salen del estacionamiento.
- Aprueba de agua IP66.

De las empresas consultadas se tomó en cuenta las que tienen presencia en el mercado nacional, la principal es ZkTeco, sus dispositivos son distribuidos por la empresa Diselnic.

Los modelos UHF1-5, UHF2-5, UHF1-10, UHF2-10 pertenecen a una nueva generación de lectores UHF RFID desarrollados por ZkTeco como solución a un sistema de estacionamiento. El dispositivo integra los circuitos más rentables en la industria, la tarjeta de oscilación adopta un diseño integrado de módulo, logrando que el lector cumpla con los requerimientos técnicos de un sistema de estacionamiento. Además, tiene las ventajas de un rendimiento de lectura estable, bajo consumo de energía, bajas temperaturas, una larga vida útil y casi nula interferencia externa al igual que protección IP66.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> ZkTeco. (2019). Lector de largo alcance.

Especificaciones técnicas UHF Serie 10, UHF Serie 5, ideal para aplicaciones vehiculares, de personal y de mercancía<sup>22</sup> :

- Alcance de lectura de 12 metros, ajustable.
- Dos modos de trabajo, activación por lectura y lectura permanente.
- Equipado con placa de montaje y adaptador RS-232.
- A prueba de agua, IP66.
- Longitud máxima de cable de 100 metros.
- Reconocimiento de múltiples etiquetas.
- Frecuencia 902MHz – 928MHz, 865MHz – 868MHz.
- Voltaje de operación 9 – 12V DC.
- 150mA en modo de lectura permanente.



Imagen 18: ZkTeco UHF Serie 10, UHF Serie 5.  
Fuente: <https://www.zktecolatinoamerica.com/uhf>

<sup>22</sup> ZkTeco. (2019). Lector de largo alcance.

### Sensores de proximidad HC-SR04.

El oído humano puede escuchar la frecuencia del sonido alrededor de 20HZ ~ 20KHZ, y el ultrasonido es la onda de sonido más allá de la capacidad humana de 20KHZ.<sup>23</sup>

Los módulos incluyen transmisores ultrasónicos, el receptor y el circuito de control, con una corriente de reposo menos a 2mA y una corriente de trabajo de 15mA aproximadamente, ángulo de medición de 30 grados con un ángulo de medición efectivo de 15 grados y frecuencia de trabajo de 40KHz. Con fuente de alimentación de 5V DC, el rango de medición teórico del sensor HC-SR04 es de 2cm a 500 cm, con una resolución de 0.3cm. La resolución se refiere al porcentaje de error en el cálculo de la distancia, son sensores baratos, y sencillos de usar en comparación a otros modelos más avanzados.<sup>21</sup>

El sensor HC-SR04 es un módulo que incorpora un par de transductores de ultrasonido que se utilizan de manera conjunta para determinar la distancia del sensor con un objeto colocado enfrente de este. Su funcionamiento se base en el envío de un pulso de alta frecuencia, no audible por el ser humano. Un transductor emite una señal de ultrasonido y el otro capta el rebote de dicha onda, el sensor recibe la onda y la convierte en una señal eléctrica reconocible para el microprocesador. El tiempo que tarda la onda sonora en ir y regresar a un objeto puede utilizarse para conocer la distancia que existe entre el origen del sonido y el objeto.

La orientación de la superficie a medir puede provocar que la onda se refleje, falseando la medición. Además, no resultan adecuados en entornos con gran número de objetos, dado que el sonido rebota en las superficies generando ecos y falsas mediciones.

Los sensores de ultrasonidos son ampliamente empleados en alarmas de seguridad, detección de objetos, robótica, sistemas para creación de mapeos a distancia, exploración, etc.



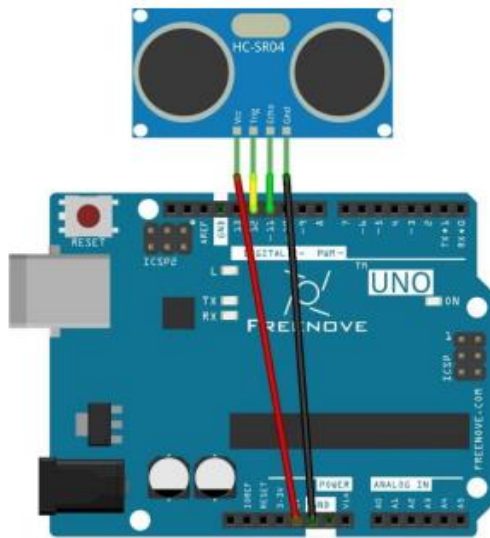
Imagen 19: Sensor de proximidad HC-SR04.

Fuente: <http://freenove.com/tutorial.html>

<sup>23</sup> Wikipedia. (2019). Ultrasonido.

<sup>21</sup> Freenove. (2019). Tutorial.

**Diagrama de conexión sensor HC-SR04 con Arduino UNO.**



Arduino UNO	HC SR04
12/ MSO	Trig
11/ PWM/ MOS	Echo
5V	Vcc
GND	GND

Tabla 4: Correspondencia de pines Arduino UNO y HC-SR04.

Fuente: Propia.

Imagen 20: Diagrama de conexión Arduino UNO y HC-SR04

Fuente: <http://freenove.com/tutorial.html>

**Código de programación.**

```
#define trigPin 12 // define TrigPin
#define echoPin 11 // define EchoPin.
#define MAX_DISTANCE 200 // Maximum sensor distance is rated at 400-500cm.
// define the timeOut according to the maximum range. timeOut= 2*MAX_DISTANCE /100 /340
*1000000 = MAX_DISTANCE*58.8
float timeOut = MAX_DISTANCE * 60;
int soundVelocity = 340; // define sound speed=340m/s
void setup() {
  pinMode(trigPin,OUTPUT);// set trigPin to output mode
  pinMode(echoPin,INPUT); // set echoPin to input mode
  Serial.begin(9600); // Open serial monitor at 9600 baud to see ping results.
}
void loop() {
  delay(100); // Wait 100ms between pings (about 20 pings/sec). 29ms should be the
shortest delay between pings.
  Serial.print("Ping: ");
  Serial.print(getSonar()); // Send ping, get distance in cm and print result (0 =
outside set distance range)
  Serial.println("cm");
}
float getSonar() {
  unsigned long pingTime;
  float distance;
  digitalWrite(trigPin, HIGH); // make trigPin output high level lasting for 10µs to
trigger HC_SR04,
```

```
delayMicroseconds(10);  
digitalWrite(trigPin, LOW);  
pingTime = pulseIn(echoPin, HIGH, timeOut); // Wait HC-SR04 returning to the high level  
and measure out this waiting time  
distance = (float)pingTime * soundVelocity / 2 / 10000; // calculate the distance  
according to the time  
return distance; // return the distance value  
}
```

### **8.2.3. Dispositivo de accionamiento.**

Para la demostración de este proyecto en la maqueta se utilizar una barrera ascendente estado 1 y descendente estado 0, controlada automática a través de un servo motor el cual será el encargado de recibir la señal del microcontrolador.

El estado de la aguja estará condicionado en primera instancia por la lectura del sensor de identificación por radiofrecuencia. En segunda instancia por el sensor de proximidad.

Si la identificación leída por el RFID se encuentra en la base de datos de usuarios autorizados, entonces se envía la señal al servo motor para accionar y subir la aguja permitiendo el acceso al vehículo, en este estado la aguja no podrá descender mientras el sensor de proximidad detecte un objeto cercano, en este caso la fuente de alimentación será suministrada a través de baterías.

Un servomotor o servo, es un tipo de motor con características especiales de control de posición. Al hablar de un servomotor se hace referencia a un sistema compuesto por componentes electromecánicos y electrónicos.

Los servomotores pueden ser DC o AC, en dependencia de su utilidad, los servos DC son utilizados en tareas de bajas magnitudes de corrientes, para aplicaciones de robótica, computadores, lectores de disco, válvulas, etc. Los servos AC funcionan para el control de procesos que requiere mayores niveles de corriente como ascensores, bandas transportadoras de objetos pesados, monta cargas, etc.

Para la demostración de la funcionalidad de este proyecto se utilizará un servo motor DC donde el eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión. Esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera. El circuito electrónico es el encargado de controlar el movimiento y la posición del motor a través de la señal PWM a 50Hz enviada por el microcontrolador.

Según su rango de posicionamiento se pueden encontrar dos tipos de servos DC, los de rango de giro limitado que permiten una rotación de hasta 180 grados por lo que son incapaces de girar

una vuelta completa, en cambio los servomotores de rotación continua permiten una rotación de 360 grados, o sea, una vuelta completa. Los servomotores constan de tres de cables, a diferencia de los motores comunes que cuentan con solo dos. De los tres cables de conexión del servo, uno es para recibir la señal del microcontrolador, el segundo es la alimentación del voltaje y el tercero es la conexión a tierra.

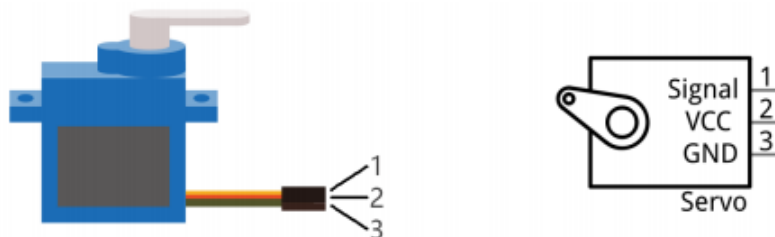


Imagen 21: Servomotor DC.

Fuente: <http://freenove.com/tutorial.html>

La necesidad de una señal de control para el funcionamiento de este tipo de motores hace que sea imposible utilizarlos sin un circuito de control adecuado. Esto se debe a que para que el circuito de control interno funcione, es necesaria una señal de control modulada. Para esto se utiliza modulación por ancho de pulsos, es decir, PWM.

La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.<sup>24</sup>

El circuito electrónico es el encargado de recibir la señal PWM y traducirla en movimiento del motor DC. Las señales de PWM requeridas para que el circuito de control electrónico es similar para la mayoría de los modelos de servo, esta señal tiene la forma de una onda cuadrada. Dependiendo del ancho del pulso, el motor adoptará una posición fija, el tiempo en alto es equivalente al ángulo o posición del servo. Estos valores pueden variar y van desde 0.5 a 1 milisegundo para la posición 0° y 2 a 2.4 milisegundos para la posición de 180°, el periodo de la señal debe ser cercano a 20 milisegundos.

<sup>24</sup> *Apreniendoarduino.wordpress. (2016). Aprendiendo Arduino.*

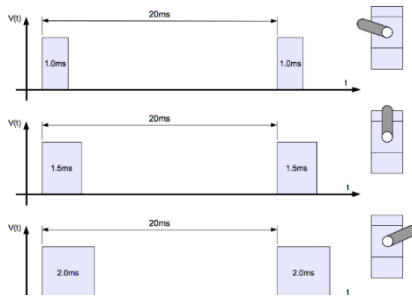


Imagen 22: Posición del servo por señal

Tiempo del pulso	Angulo del servo
0.5ms	0 grados
1ms	45 grados
1.5ms	90 grados
2ms	135 grados
2.5ms	180 grados

Tabla 5: Posición del servo por señal PWM.

Fuente: Propia

Fuente: <https://sourceforge.net/p/fuyard/wiki/analysis-generic-architecture-hardware/>

A como se detalló anteriormente, Arduino tiene la capacidad de generar señales PWM, solo basta indicar en el código de programación el ángulo exacto en el cual se requiere que el servo se posicione y enviara la señal automáticamente.

**Diagrama de conexión servomotor con Arduino UNO.**

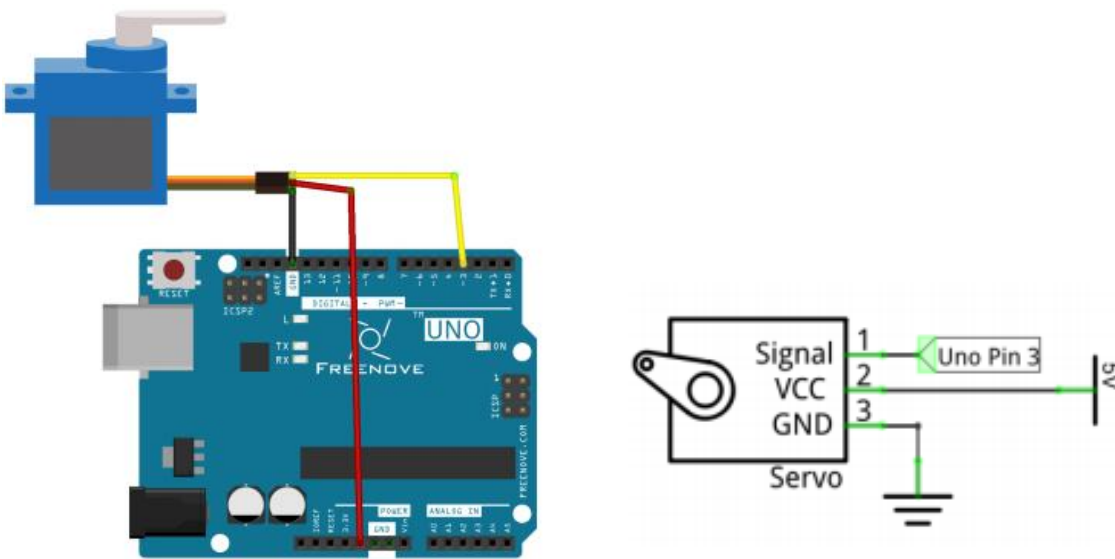


Imagen 23: Diagrama de conexión Arduino UNO y Servo.

Fuente: <http://freenove.com/tutorial.html>



### Código de programación.

```
#include <Servo.h>
Servo myservo; // create servo object to control a servo
int pos = 0; // variable to store the servo position
int servoPin = 3; // define the pin of servo signal line
void setup() {
  myservo.attach(servoPin); // attaches the servo on servoPin to the servo object
}
void loop() {
  for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // goes from 0 degrees to 180 degrees
    // in steps of 1 degree
    myservo.write(pos); // tell servo to go to position in variable "pos"
    delay(15); // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
  for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // goes from 180 degrees to 0 degrees
    myservo.write(pos); // tell servo to go to position in variable "pos"
    delay(15); // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
}
```

Cabe mencionar que este dispositivo de accionamiento no es el adecuado para la aplicación de este proyecto en campo, debido a que se requiere de una barrera mucho más grande para permitir o negar el acceso al estacionamiento, por tal razón, así como con el sensor RFID, se investigó la posibilidad de adaptar un set de barrera completa a nuestro proyecto.

La empresa ZkTeco cuenta con diferentes modelos de barreras de set completos, que generalmente incluyen el brazo mecánico, el motor eléctrico AC, base de instalación en la cual incluye el sensor de proximidad para el control adicional de la barrera y un control remoto. Todo listo para su instalación y conexión a la fuente de electricidad.

La barrera de modelo ZkTeco PB1000 cuenta con todas las características mencionadas anteriormente, por lo que es sumamente fácil adaptar esta barrera a nuestro sistema de control de acceso vehicular.

Especificaciones técnicas<sup>22</sup> :

- Modelos con brazos de 3m, 4m y 5m.
- Tiempo de apertura/Cierre de 1.8seg, 3seg, 6seg.
- Fuente de alimentación de 110V o 220V AC.
- Frecuencia de 50 – 60 Hz.

---

<sup>26</sup> ZkTeco. (2019). *Barrera Vehicular ZkTeco PB1000*.

- Índice de protección IP54.
- Posibilidad de adición de accesorios.
- Potencia máxima 200W.



Imagen 24: Barrera Vehicular ZkTeco PB1000.

Fuente: <http://www.zkteco-eg.com/download/PB1000.pdf>

El accionamiento de la barrera estará condicionado por el microcontrolador Arduino de igual manera como con el servo motor, pero con una diferencia, debido que Arduino solo es capaz de enviar señales de pequeñas magnitudes se hace imposible controlar un motor AC de gran capacidad por sí solo, por tal razón, es necesario de la instalación de un dispositivo adicional.

Es necesario de la conexión de un módulo relé que funcionara como interruptor para la operación de la barrera. El relé es un dispositivo ampliamente utilizado en la rama de la electrónica y eléctrica. El mismo funciona bajo el principio del electromagnetismo, por lo que es considerado un elemento electromecánico. Es utilizado como interruptor, controlado por medio de una bobina y un electroimán, lo que permite abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes a través de los juegos de contactos.

El relé a utilizar será el SRD-05VDC-SL-C de tipo encapsulado opto acoplado de Arduino, con una carga de operación de entre 120V a 220V AC, corriente de 10 amperios y voltaje de excitación de la bobina de 5V DC. Cuenta con tres pines de conexión, 5V, GND y receptor de la señal, tres terminales para la conexión de la carga, normalmente cerrado NC, normalmente abierto NA y terminal común C. Si se usa el terminal NC la carga se apagará cuando enviemos la señal al relé, si usamos el NA la carga se encenderá cuando le enviemos la señal al relé.

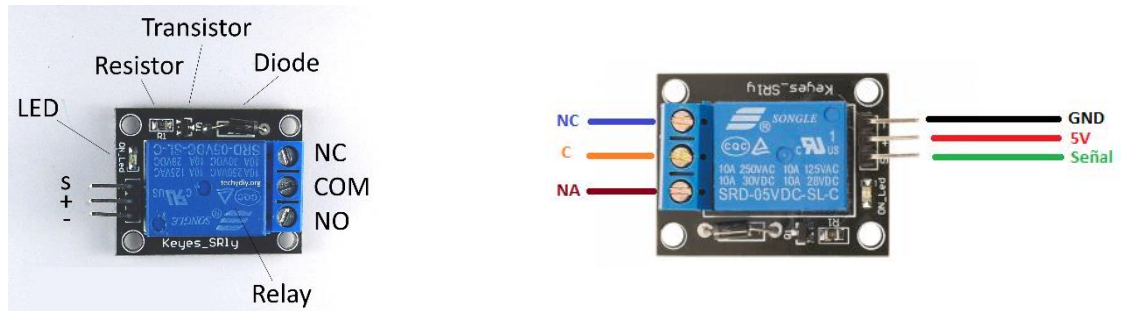


Imagen 25: Relé SRD-05VDC-SL-C autoacoplado.

Fuente: <http://wap.sciencenet.cn/blog-578676-1176621.html?mobile=1>

Este dispositivo tiene la capacidad de operar con pequeñas magnitudes de corriente para el control de máquinas con un gran consumo de potencia, por lo tanto, es una herramienta muy importante en este proyecto para el control de nuestra barrera desde el microcontrolador Arduino. En el siguiente diagrama se muestra la conexión del relé con Arduino usando el terminal NA para el control de encendido de una carga en dependencia de una variable X, en este caso la variable será la lectura del sensor RFID.

### Conexión de Arduino y Rele SRD-05VDC-SL-C autoacoplado.

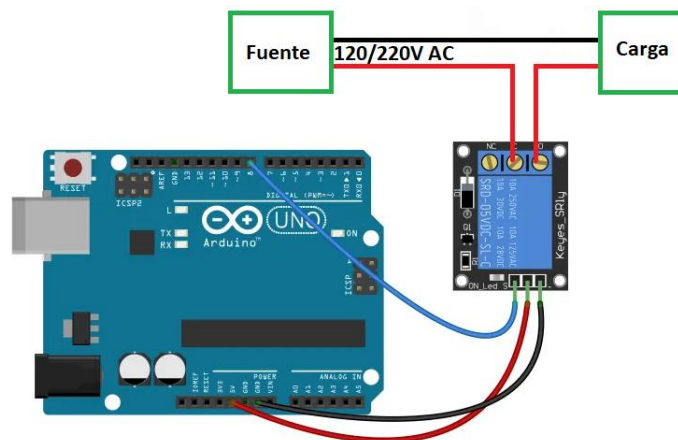


Imagen 26: Diagrama de Conexión de Arduino UNO y Relé SRD-05VDC-SL-C autoacoplado control de carga.

Fuente: <http://wap.sciencenet.cn/blog-578676-1176621.html?mobile=1>

### 8.2.4. Materiales varios.

#### Protoboar, Tabla de nodos.

Es un tablero con orificios que se encuentran conectados eléctricamente entre sí de manera interna, habitualmente siguiendo patrones de líneas, en el cual se pueden insertar componentes electrónicos y cables para el armado y prototipo de circuitos electrónicos y sistemas similares. Está hecho de dos materiales, un aislante, generalmente un plástico, y un conductor que conecta los diversos orificios entre sí. Uno de sus usos principales es la creación y comprobación de prototipos de circuitos electrónicos antes de llegar a la impresión mecánica del circuito en sistemas de producción comercial.

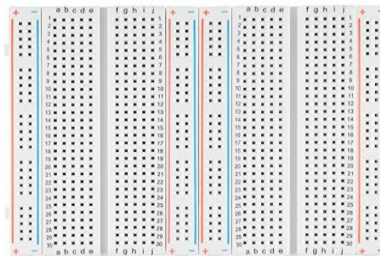


Imagen 27: Tabla de nodos.

Fuente: <https://www.amazon.es/Breadboard-Panel-Experimentaci%C3%B3n-Kontactos-Raspbeery/dp/B06XWFG9DT>

#### Conectores, cables jumpers.

Es un cable con un conector en cada punta, que se usa normalmente para interconectar entre sí los componentes en una placa de pruebas, se utilizan de forma general para transferir señales eléctricas de cualquier parte de la placa de prototipos a los pines de entrada/salida de un microcontrolador. Estos cables conectores pueden ser de conexión hembra o macho, de tal manera que se pueden conectar entre sí.

Los cables puente se fijan mediante la inserción de sus extremos en los agujeros previstos a tal efecto en las ranuras de la placa de pruebas, la cual debajo de su superficie tiene unas planchas interiores paralelas que conectan las ranuras en grupos de filas o columnas según la zona. Los conectores se insertan en la placa de prototipos, sin necesidad de soldar, en los agujeros que convengan para el conexionado del diseño.



Imagen 28: Conectores macho y hembra.

Fuente: <https://leantec.es/tienda/40-cables-macho-hembra-10cm-jumpers-dupont-254-arduino-pic-protoboards/>

### Leds.

Se utilizarán leds como medios de verificación visuales de los procesos lógicos ejecutados por el microcontrolador, los sensores y actuadores. El diodo emisor de luz o LED (light-emitting diode) es una fuente de luz que emite fotones cuando se recibe una corriente eléctrica de muy baja intensidad. El LED por lo general se encierra en un material plástico de color que acentúa la longitud de onda generada por el diodo y ayuda a enfocar la luz en un haz. El terminal positivo, o ánodo, por lo general es la más larga de las dos terminales, por lo tanto, el terminal más corto resulta ser el negativo o cátodo.



Imagen 29: Diodos leds.

Fuente: <https://www.amazon.es/MYAMIA-100Pcs-Amarillo-Blanco-Brillante/dp/B07GZ9Y197>

### Fuente de alimentación.

Para el suministro de la energía necesaria para que el sistema funcione correctamente, será a través de la conexión USB con la computadora, esto debido a que para la gestión de la información capturada por los sensores se debe establecer una conexión permanente con la computadora.

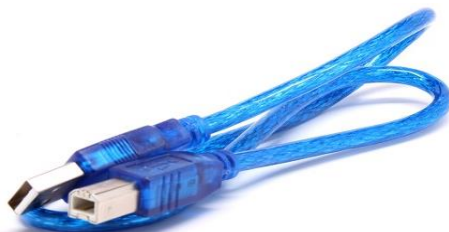


Imagen 30: Cable USB Arduino.

Fuente: <https://store.prometec.net/producto/cable-usb-uno/>

Como alternativa a casos en los que no se requiera de la administración de la información del personal que entra o sale del recinto es posible de utilizar una fuente de alimentación de respaldo a través de un adaptador de 120V AC a 5V DC, en este caso el sistema solo realizara las funciones básicas de permitir o negar el acceso, es decir, no se guardarán los registros de accesos.



Imagen 31: Adaptador 120V AC a 5V DC.

Fuente: [https://www.ebay.com/itm/YHI-YC-1018-S05-U-Power-Supply-Adapter-100-120V-AC-60Hz-Output-5V-DC-2-5A-/302906011881?\\_ul=AR](https://www.ebay.com/itm/YHI-YC-1018-S05-U-Power-Supply-Adapter-100-120V-AC-60Hz-Output-5V-DC-2-5A-/302906011881?_ul=AR)

## 9. Capítulo 3: Estudio social y económico del proyecto.

### 9.1. Estudio social.

#### 9.1.1. Alcances del estudio.

El alcance de este estudio será conocer opiniones del personal de la universidad, de los posibles futuros beneficiados por el proyecto, y la relevancia que tendría el proyecto en la universidad conociendo sus beneficios.

Esta información estará respaldada estadísticamente, ya que se harán encuestas y estas mismas estarán graficadas en este estudio.

#### 9.1.2. Importancia del estudio.

Este estudio nos servirá para tener una perspectiva además de técnica y económica, de las personas involucradas en el entorno, conocer su opinión, su expectativa y tener información específica de las personas que están siendo afectadas por el problema de espacio disponible para parqueos.

Estudio social.

#### 9.1.3. Situación del entorno (Entrevista a guardas de seguridad).

Inicialmente se había plasmado hacer una entrevista a los guardas de seguridad, ya que ellos pueden indicarnos con facilidad la situación, y comentar parte de la problemática tanto en el acceso vehicular como en el parqueo.

Desafortunadamente se hizo imposible esta opción, ya que ninguno de ellos accedió, por no tener autorización de sus superiores, esta autorización se buscó por los medios posibles, pero tampoco se nos dio respuesta.

#### 9.1.4. Impacto en las condiciones laborales.

La mejora de las condiciones para un parqueo seguro, beneficiaría al personal docente y administrativo, le permitiría trabajar más tranquilos sabiendo que su vehículo está seguro

### **9.1.5. Encuestas.**

Se tenía pensado hacer una encuesta a dos sectores, estudiantil y docente, pero no se logró encontrar información oficial para sacar una muestra real, esta información fue solicitada a UNEN, y no fue proporcionada.

La encuesta solo se realizará con los docentes y personal administrativo que posee vehículo, que son los principales usuarios del parqueo.

Preguntas:

- 1- ¿Ha tenido problemas para encontrar parqueo? (SI/NO)
- 2- ¿Con que frecuencia ha tenido este problema?
- 3- ¿Cómo ha resuelto este problema?
- 4- ¿Ha llegado a sufrir daños a su vehículo o su persona debido a este problema? (SI/NO)
- 5- ¿Ha considerado dejar su vehículo debido a este problema? (SI/NO)
- 6- ¿Crees que la instalación de un sistema de verificación de parqueo contribuiría a mejorar la situación? (SI/NO)
- 7- ¿Qué nivel de satisfacción le brindaría un sistema como este?
- 8- ¿Cree que este sistema brindaría una oportunidad de aprendizaje? (SI/NO)
- 9- ¿Contribuiría económicamente por este proyecto?

Se harán encuestas a Docentes y personal administrativo, no existe datos de él margen de error y del nivel de confianza ya que esta encuesta fue hecha como parte de un estudio explorativo como se indicó en el diseño metodológico, la muestra tomada fue de 21 personas.

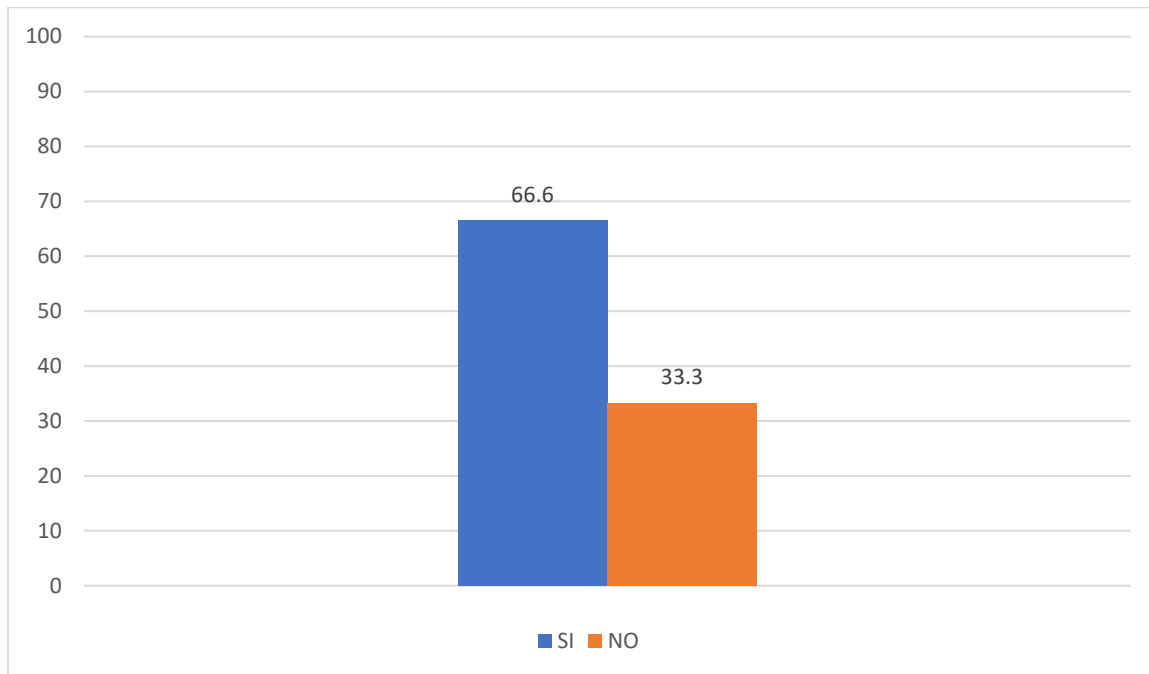
Se optó por tomar una muestra solo de la parte docente y administrativa, para que se hiciera más fácil el encontrar usuarios del sistema de parqueo del recinto, ya que el porcentaje de docentes o personal administrativo que posee vehículo es mucho mayor al porcentaje de estudiantes que hacen uso del parqueo del recinto.

Esto se comprobó a la hora de hacer las encuestas ya que solo menos de 5 docentes fueron los que indicaron que no tenían un vehículo.



**Preguntas:**

**1- ¿Ha tenido problemas para encontrar parqueo? (SI/NO)**



Gráfica 1: ¿Ha tenido problemas para encontrar parqueo?

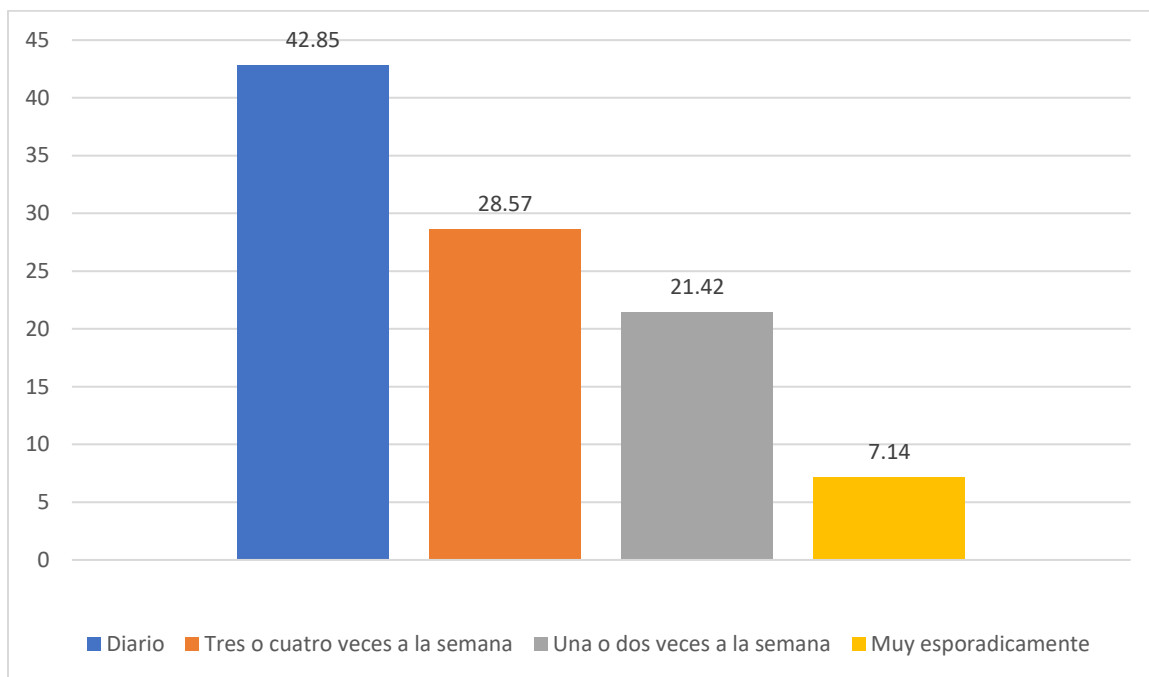
Grafica 1: Pregunta 1 Encuesta a docentes.  
Fuente: Propia

El 66.6 % dice que ha tenido problemas en encontrar parqueo y el 33.3 % dice que no, Cabe recalcar que también los usuarios explicaron que su experiencia depende de qué zona de parqueo busquen y la hora, teniendo entre las 7 am y 4 pm el horario más complicado para encontrar parqueo cerca de las oficinas, y que también antes de la ampliación del parqueo que está detrás del edificio Simón Bolívar, también tenían problemas para encontrar parqueo, muchos también señalaron la falta de sombra en los lugares disponibles.

Todos los usuarios que dijeron que han tenido problemas indicaron que tienen vehículo, a diferencia de los usuarios que poseen motocicleta, que en su gran mayoría no presentan este tipo de problemas

El porcentaje que indico que ha tenido problemas para encontrar parqueo, será el que contestará las preguntas 2,3,4 y 5 de esta encuesta.

2- ¿Con que frecuencia ha tenido este problema?



Gráfica 2: ¿Con que frecuencia ha tenido este problema?

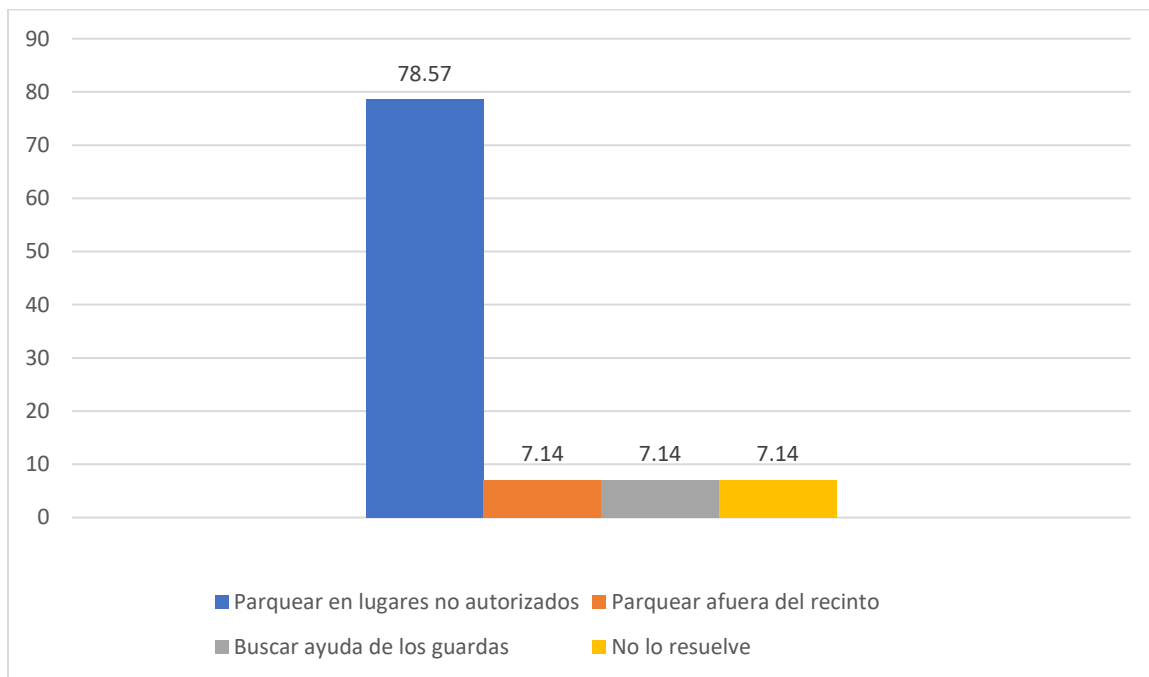
Grafica 2: Pregunta 2 Encuesta a docentes.

Fuente: Propia

El personal que ha tenido problemas para encontrar parqueo, indico la frecuencia con la cual sufre este percance en el recinto, un 42.85 % indica que sufre este problema diariamente, un 28.57% indico que encuentra este problema el 28.57% tres o cuatro veces a la semana, un 21.42% de una a dos veces en la semana, y apenas un 7.14% muy esporádicamente.

Los usuarios señalaron que la frecuencia depende mucho de la hora en cual hacen uso del sistema de parqueo en el recinto como fue anteriormente señalado.

3- ¿Cómo ha resuelto este problema?



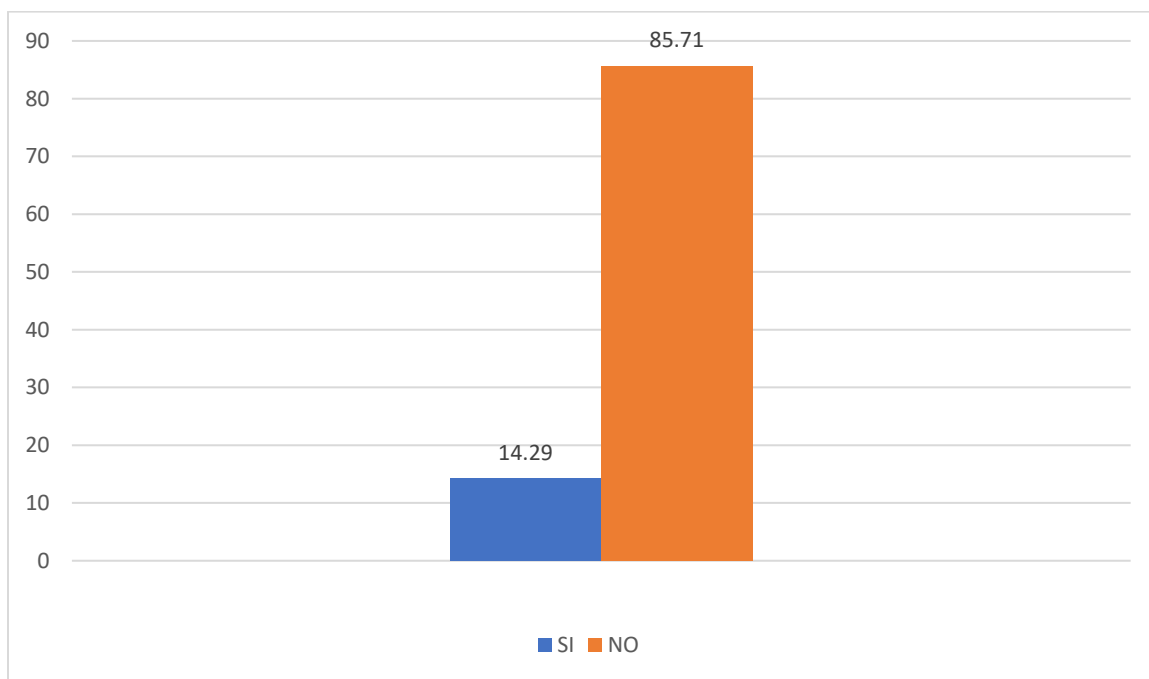
Gráfica 3: ¿Cómo ha resuelto este problema?

Gráfica 3: Pregunta 3 Encuesta a docentes.  
Fuente: Propia

Un alto porcentaje de los usuarios indicaron que la solución que tienen a la hora de presentar este problema es, el parquear en lugares no autorizados o señalados como parqueo, siendo el 78.57%

De los usuarios que señalaron esta opción, luego el 7.14% señaló que tiene que parquear afuera del recinto, otro 7.14% señaló que busca ayuda de los guardas para que estos le indiquen donde parquear, y otro 7.14% indica que no resuelve este problema, esto quiere decir que aunque este porcentaje si encuentre parqueo, no considera que esto solventa la situación, y que espera encontrar un parqueo en la zona cercana a su punto de trabajo.

4- ¿Ha llegado a sufrir daños a su vehículo o su persona debido a este problema? (SI/NO)



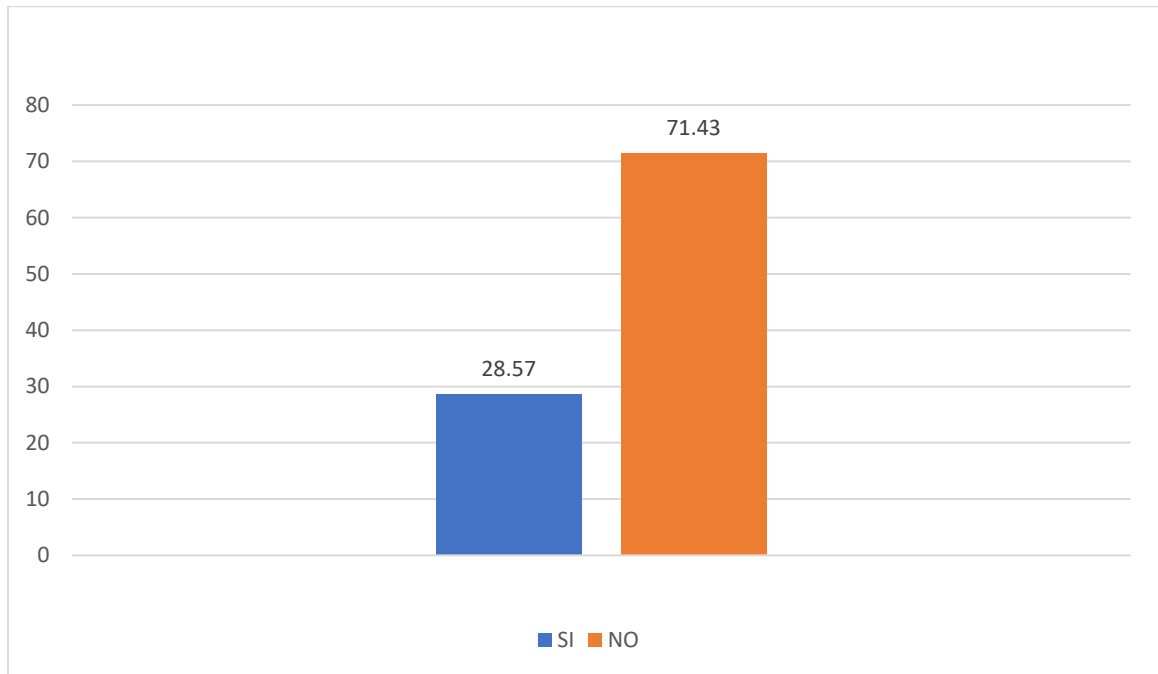
Gráfica 4: ¿Ha llegado a sufrir daños a su vehículo o su persona debido a este problema

Grafica 4: Pregunta 4 Encuesta a docentes.

Fuente: Propia

El 14.29% ha llegado a sufrir daños a sus vehículos, algunos usuarios en la encuesta, compartieron que han llegado a sufrir de robos a sus automóviles, y atribuyen esta experiencia a la larga distancia que hay de las zonas de parqueo no autorizadas al personal de seguridad del recinto.

Muchos también compartieron que no han llegado a sufrir daños, pero que conocen a personal que, si lo ha tenido, personal el cual desafortunadamente no fue encuestado, daños causados en sus vehículos provocados por impacto de ramas o de lámparas, encima de los vehículos del personal administrativo. Otros encuestados también compartieron que tenían conocimiento de personal que también ha sufrido robos en sus vehículos.

**5- ¿Ha considerado dejar su vehículo debido a este problema? (SI/NO)**

Gráfica 5: ¿Ha considerado dejar su vehículo debido a este problema?

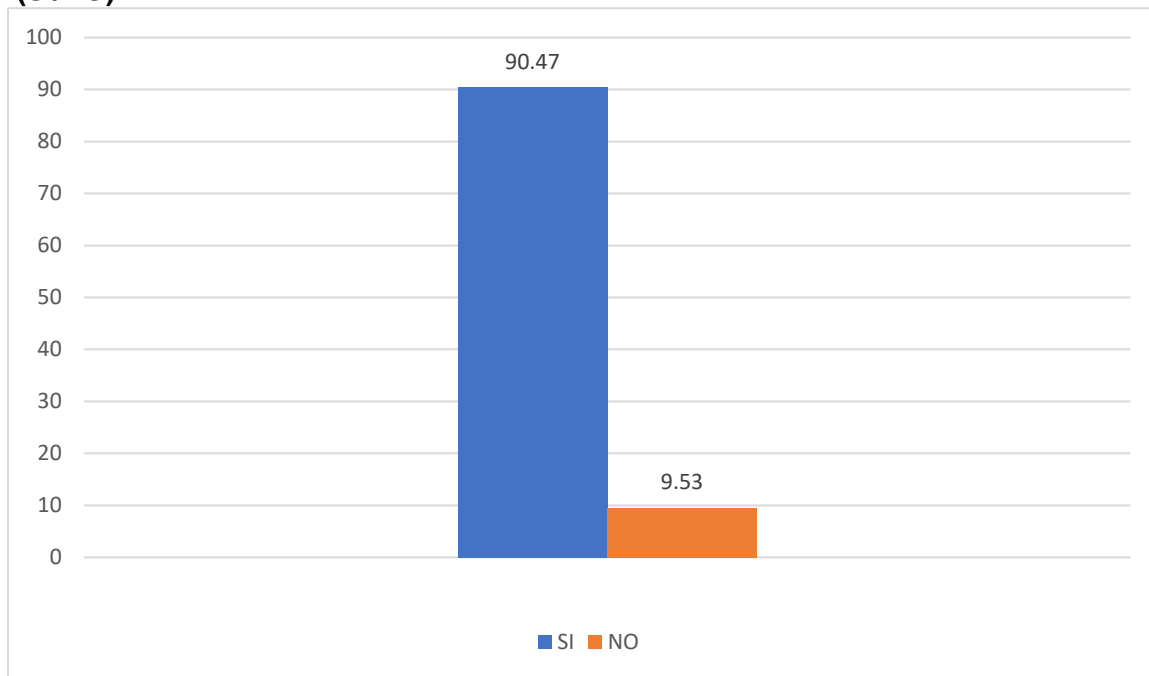
Grafica 5: Pregunta 5 Encuesta a docentes.  
Fuente: Propia

El resultado de esta final de esta pregunta en esta encuesta, muestra que el 28.57% de los usuarios han pensado dejar su automóvil en su domicilio a raíz de los problemas en el sistema de parqueo en el recinto universitario, el 71.43% dijo que no.

Muchos de los encuestados mencionaron que no solo han pensado tomar esta medida si no que en varias ocasiones lo han hecho, esto claramente nos muestra que los diversos problemas del sistema de parqueo, perjudican directamente en la comodidad del personal docente y administrativo.

Muchos encuestados también dijeron que no pueden dejar el vehículo, aunque hayan pensado en tomar esta medida, porque este es sumamente necesario para su movilización debido a que ellos recorren largas distancias para llegar al recinto universitario

6- ¿Crees que la instalación de un sistema de verificación de parqueo contribuiría a mejorar la situación?  
(SI/NO)



Gráfica 6: ¿Crees que la instalación de un sistema de verificación de parqueo contribuiría a mejorar la situación?

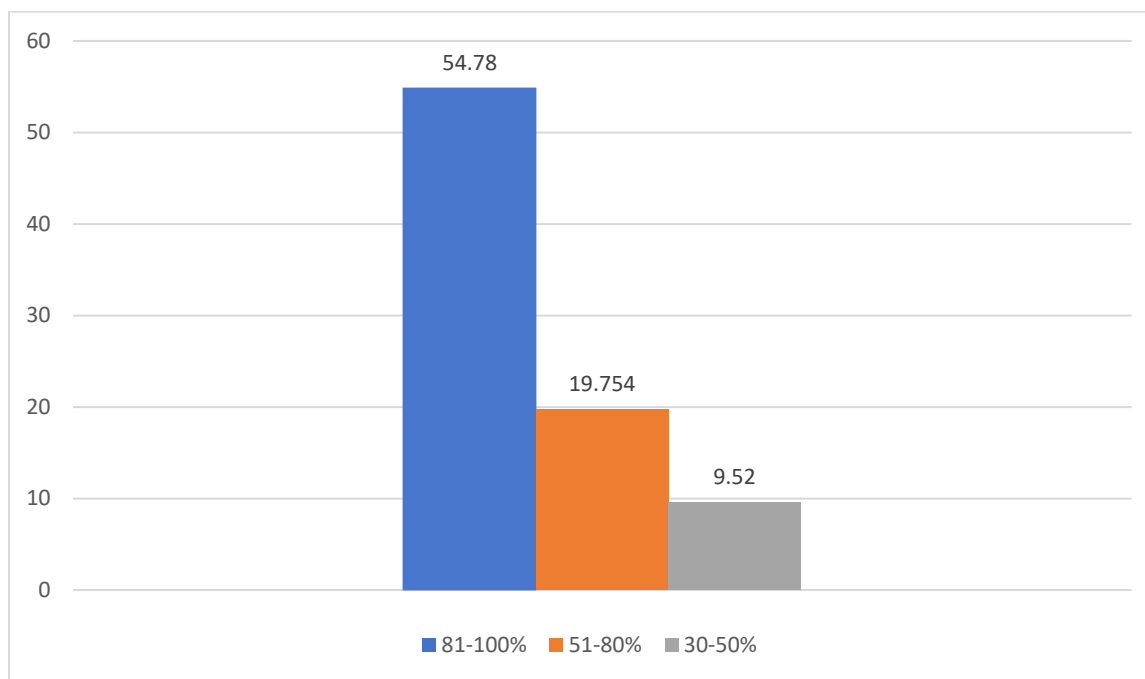
Grafica 6: Pregunta 6 Encuesta a docentes.  
Fuente: Propia

Un 90.47% de los encuestados creen que el sistema propuesto contribuiría a la mejora del funcionamiento del sistema de parqueo del recinto y un 9.53% cree que no contribuiría a la solución de problemas.

Muchos de los encuestados que dijeron que no, plantearon que se necesitan otras cosas en el sistema de parqueo además de esto, por lo tanto, no estiman que un sistema así contribuya a la situación actual del sistema.

Que este porcentaje sea mayor al porcentaje de usuarios que han tenido problemas para encontrar parqueo, indica que, aunque ciertos usuarios no tienen problemas para encontrar parqueo, creen que la instalación de un sistema de verificación de parqueo contribuiría a la comodidad de los usuarios.

7- ¿Qué nivel de satisfacción le brindaría un sistema como este?



Gráfica 7: ¿Qué nivel de satisfacción le brindaría un sistema como este?

Grafica 7: Pregunta 7 Encuestas a docentes.  
Fuente: Propia

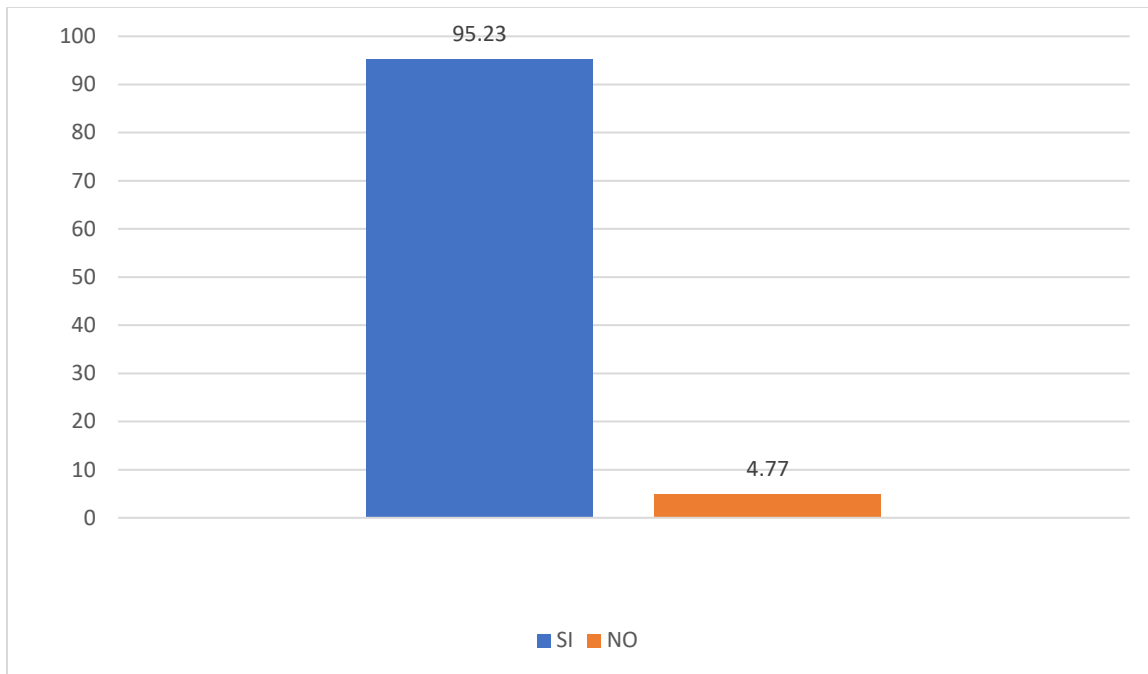
El nivel de satisfacción proyectado, es una forma de medir en que porcentaje creen los usuarios que podría contribuir un sistema como este, a resolver sus problemas en el sistema de parqueo del recinto.

Cabe recalcar que más de la mitad de los encuestados (54.78%) creen que un sistema como el propuesto, les daría un nivel de satisfacción de entre un 81 y 100%, un 19.75% cree que un sistema así les daría un nivel de satisfacción entre 51 y 80% y un 9.52% cree que el sistema les brindaría entre 30 y 50% de nivel de satisfacción.

Es importante decir también que gran parte de los encuestados transmitió que el porcentaje podría ser mayor, si en caso de ser ejecutado el proyecto este funcionara de manera eficiente y resuelva los problemas que pretendía.

El promedio final fue de un 82%, es decir que, si el proyecto se ejecutase, el nivel de satisfacción inicial de los usuarios es alto, y podría ir a mejor si el proyecto logra trabajar eficazmente.

**8- ¿Cree que este sistema brindaría una oportunidad de aprendizaje? (SI/NO)**



Gráfica 8: ¿Cree que este sistema brindaría una oportunidad de aprendizaje

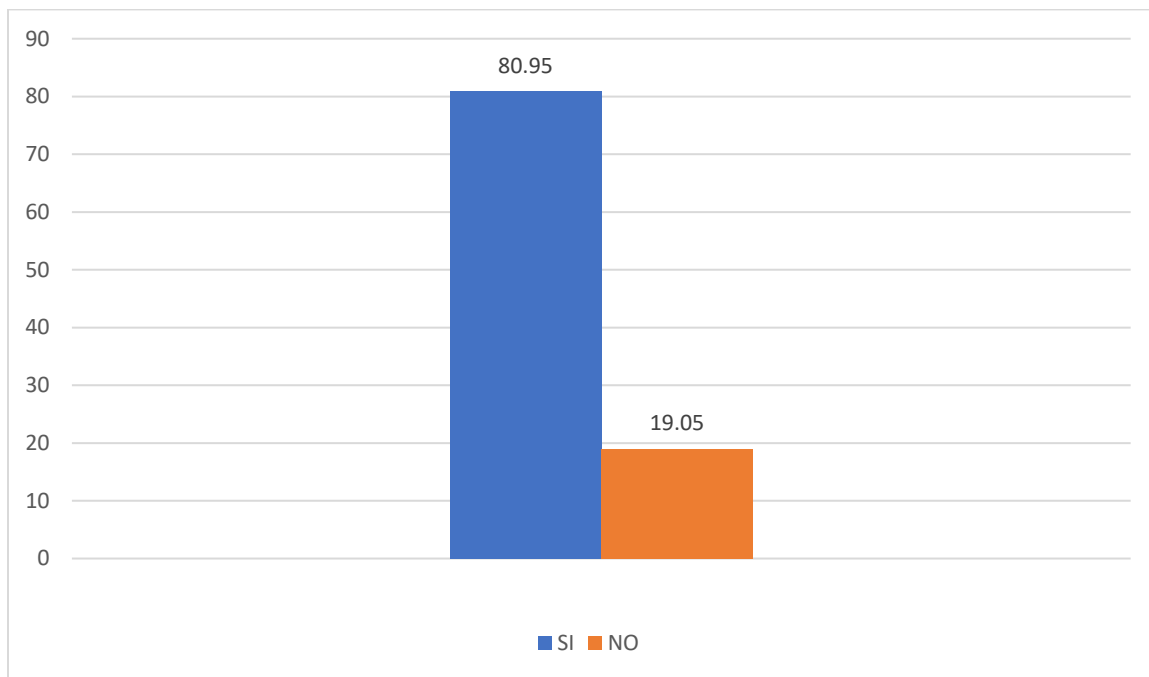
Grafica 8: Pregunta 8 Encuesta a docentes.  
Fuente: Propia

El 95.23% cree que un sistema como el que está planteando en este proyecto brindaría oportunidad de aprendizaje a los estudiantes de diversas carreras del recinto y el 4.77% no.

Profesores de diversas materias como física, microprocesadores, estadística, etc. Encuentran la viabilidad de ocupar como referencia este sistema en el desarrollo de sus clases, en ciertos temas.



9- ¿Contribuiría económicamente en este proyecto?



Gráfica 9: ¿Contribuiría económicamente en este proyecto?

Grafica 9: Pregunta 9 Encuesta a docentes.  
Fuente: Propia

Esto quiere decir que un 80.95% estaría dispuesto a dar una contribución económica (dependiendo de la cantidad) para la ejecución del proyecto con este sistema planteado, y un 19.05% no, esto no quiere decir que parte del 19.05 no quisiera el proyecto, solo que no contribuiría económicamente para su desarrollo.

El proyecto como tal no tiene planteado pedir una contribución económica los usuarios del sistema de parqueo, y su ejecución económica quedaría 100% a cargo del recinto, pero esta pregunta deja planteada una posible contribución por si es necesaria, para la ejecución del proyecto.

### **9.1.6. Participación estudiantil post ejecución.**

La ejecución de este proyecto permitiría a los estudiantes de carreras como ingeniería eléctrica y electrónica, ver en campo un sistema de automatización, y poder tener ejemplo donde los conocimientos adquiridos en clase estén aplicados.

### **9.1.7. Condiciones del sistema.**

Con motivos de explicar a la perfección el sistema propuesto en esta investigación, también es necesario dejar planteados todas las condiciones necesarias, que este sistema necesita para operar correctamente, por lo tanto, reducir el porcentaje de error en su funcionamiento.

Este sistema contribuirá a un mejor funcionamiento tanto para la seguridad del recinto con su control de acceso, como para la comodidad de los usuarios, con la verificación de espacios disponibles de parqueo, pero este sistema no corregirá, todos los errores, y no pretende ser la solución a todas las condiciones que pueden ser vistas como un problema por los usuarios que ingresan al recinto.

Al realizar el estudio social, hemos encontrado muchos otros problemas señalados por los usuarios, como los de falta de sombra en los parqueos, robos, daños por impacto de ramas en vehículos, etc. Problemas los cuales no están al alcance de este sistema.

Se hará en este estudio, un análisis de sensibilidad técnico que pretende dejar propuestas condiciones para el sistema, sus alcances técnicos de operación, como los posibles escenarios de fallo y donde este sistema estará limitado a trabajar.

Todas las condiciones planteadas en este estudio tienen una gran importancia, pero para solucionarlas todas se necesita una mayor inversión, por lo tanto, para hacer viable este proyecto, se limita a los alcances, y se dejan planteadas las debilidades de este mismo.

**Visitantes deberán de identificarse.**

El acceso estará garantizado para los usuarios que tengan en su vehículo su etiqueta RFID entregada por las autoridades de la universidad y debidamente instalada, pero se presentaran casos donde miembros de la comunidad universitaria podrían llegar en otro vehículo o visitantes que no son parte de la comunidad universitaria, intentaran ingresar al recinto por actividades, búsqueda de información, etc. Estos visitantes tendrán que presentar su identificación a un guarda de seguridad el cual tendrá la potestad de decidir si garantizar su acceso o no, esta acción podría retrasar la operación del sistema, aumentando el tiempo de espera para su ingreso, y afectando a algún posible usuario que esté detrás de este vehículo.

El sistema no presentara una solución a este problema debido a que aumentaría significativamente el coste del proyecto, porque la solución a esta circunstancia seria, instalar una barrera extra y tener un carril extra disponible donde se puedan presentar todos los visitantes o miembros de la comunidad sin su etiqueta RFID, así ellos no retrasarían a los usuarios autorizados en la entrada al recinto, y continuarían teniendo la comodidad de no detenerse para su control de acceso, como está planteado en el protocolo previamente presentado.

**La cantidad de espacio disponibles es menor a la cantidad de vehículos que ingresan al recinto.**

El recinto en el periodo de las 7 am y 4 pm tiene una mayor afluencia de vehículos, es posible que, en ciertos momentos, no haya espacios disponibles suficientes, este sistema no puede asegurar que habrá espacios disponibles para todos, por lo tanto, tampoco puede negarles el acceso a los usuarios, aunque no haya parqueo, pero si les brindara la información de que no hay espacios disponibles. En caso de que la universidad quisiera negar el acceso se encontró la siguiente dificultad.

**No existe vía de retorno, en dado caso que un usuario no tenga acceso al recinto.**

Esto dificulta la operación del sistema debido a que no hay espacio para que un vehículo pueda maniobrar para retornar.

**Los usuarios deberán hacer uso de sus vías de acceso correspondientes (IES).**

Está planteado que este sistema solo sea para usuarios del RUSB, para tener un mayor control de la base de datos y de la entrega de las etiquetas RFID, de no ser así, todos los usuarios del IES deberán tener su etiqueta RFID para que puedan acceder con normalidad, por lo tanto, la universidad deberá de hacerse responsable de la coordinación con las partes correspondientes

para obtener la información necesaria de estos usuarios, si los miembros del IES no tendrán autorización para ser usuarios de este sistema, deberán de hacer uso de una vía de acceso distinta , de no ser así, se entorpecería en gran manera el acceso, debido a que todos ellos serían visitantes y tendrán que registrarse con el personal de seguridad correspondiente, retrasando a los miembros autorizados como se explicó previamente.

**Sistema deberá de estar siempre energizado para operar en su totalidad.**

No se tiene planteado como parte del sistema un sistema de respaldo de energía, por lo tanto, los sensores y el interfaz no podrán operar en esta condición y el control de la aguja será manual.

**Este proyecto no contempla su operación sin ayuda de un operador humana.**

Por las diversas circunstancias que pueden presentarse como previamente se ha explicado en este estudio, se recomienda el que siempre haya un personal de seguridad, debidamente capacitado, para poder resolver y atender circunstancias que pueden presentarse día a día, como la identificación de visitantes o la operación de la aguja manualmente.

**Reductores de velocidad.**

Se requiere la instalación de reductores de velocidad cerca de la barrera para garantizar la velocidad adecuada y la distancia entre vehículos necesaria, así el lector podrá hacer lecturas independientes, y no podrá entrar ningún vehículo con el tiempo de apertura de la barrera del vehículo que está delante, esto da mayor control al sistema porque recolectará todos los datos de los usuarios al entrar, y podrá almacenarlos en la base de datos.

**Usuarios reportaran vehículos robados.**

En un dado caso que un miembro de la comunidad universitaria tenga un percance y pierda su vehículo en un robo, y este aún tiene la etiqueta RFID instalada, este usuario deberá de reportar este robo a los autoridades pertinentes de la universidad para que sea dado de baja del sistema, y no pueda ingresar ningún otra persona con su identificación, de lo contrario este miembro de la comunidad universitaria deberá de hacerse responsable si hay daños en el recinto a cargo de las personas que entraron sin autorización.

**Parqueos sin sombra.**

Se encontró la disconformidad de los usuarios de falta de parqueo con sombra al realizar la encuesta, este sistema no puede solucionar este problema, y no puede controlar la decisión de los usuarios si prefieren estacionar sus vehículos en lugares no autorizados por este motivo.

**Falta de parqueo cerca de las oficinas.**

Otra disconformidad encontrada fue la falta de espacios de estacionamiento cerca de las zonas de trabajo de las áreas administrativas, y este sistema tampoco tiene previsto resolver este problema, y no puede controlar la decisión del usuario si pretende parquear en zonas no autorizadas para quedar en una cercana a su área de trabajo, esta función la cumplirá el personal de seguridad del recinto, haciendo valer la normativa o política de trabajo del recinto.

**Priorización de parqueo.**

Parte de las opiniones y experiencias recolectadas en la encuesta al personal docente y administrativo, fue la falta de priorización de parqueo para ellos, y si a los visitantes del recinto, esta circunstancia se seguirá presentado aun con el sistema instalado, ya que este sistema no brindará espacios reservados a los usuarios, los únicos espacios reservados que habrá son los designados por las autoridades de la universidad.

**Coordinación de espacios de parqueo.**

Se tiene conocimiento de que la universidad reserva espacios de parqueo a ciertos usuarios del parqueo del recinto, se requerirá la información de estos espacios para que puedan ser tomados en cuenta a la hora de hacer la interfaz gráfica y así estos espacios no se vean reflejados como disponibles en el interfaz a la hora de su operación, entorpeciendo el funcionamiento de este, brindando información falsa a los otros usuarios.

## 9.2. Estudio económico del proyecto.

### 9.2.1. Alcance del estudio.

El alcance de este estudio será el de cuantificar monetariamente, el esfuerzo o inversión requerida, para el posible desarrollo de este proyecto. Se plantearán un modelo único con sus respectivos costes. Se dejarán indicados precios de otros sistemas alternativos de identificación que se encuentran en el país y fuera de él.

### 9.2.2. Importancia del estudio.

Este estudio tiene un alto valor para poder comprender mejor esta Tesis, ya que lo reflejado en el estudio técnico, También está reflejado en este análisis económico, lo que nos permitirá, poder evaluar mejor las opciones planteadas, Viendo tanto los costes de instalación hasta los costes de mantenimiento.

### 9.2.3. Sistemas alternativos de identificación y acceso.

En esta investigación se ha planteado un sistema de identificación con tecnología RFID, pero actualmente hay diversas opciones en el mercado, la justificación de esta opción está referida en el estudio técnico, los costes de estos sistemas estarán indicados en una tabla con sus proveedores.

Sistema	Coste	Proveedor
Lector de huella dactilar para exterior	150\$	Vintech
Lector de código de barra	35\$	Vintech
Lector de RFID	196\$	Diselnic
Sistema de reconocimiento facial	1500\$	Amazon

Tabla 6: Tabla de precios de sistema de identificación y control de acceso

Fuente: Proveedores (Vintech, Diselnic, Amazon)

### 9.2.4. Evaluación financiera de la inversión.

#### VAN (Valor Actual Neto)

Este es un criterio económico para inversiones, que pondrá en balance la inversión requerida para ejecutar un proyecto, y sus beneficios.<sup>25</sup>

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Imagen 32: Ecuación de Valor actual neto.

Fuente: <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

$F_t$  son los flujos de dinero en cada periodo  $t$ .

$I_0$  es la inversión realiza en el momento inicial ( $t = 0$ ).

$n$  es el número de periodos de tiempo.

$k$  es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión.

El VAN de este proyecto sería negativo debido a que no recibirá flujo positivo económico en años posteriores.

#### TIR (Tasa Interna de Retorno)

La TIR es un porcentaje que mide la viabilidad de un proyecto o empresa, determinando la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados generados por una inversión.<sup>25</sup>

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

Imagen 33: Ecuación de Tasa interna de retorno.

Fuente: <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>

Donde:

$F_n$  = es el flujo de caja en el periodo  $n$ .

$n$  = es el número de períodos.

$I$  = es el valor de la inversión inicial.

<sup>25</sup> Blog. Rankia. (2019). Tasa Interna de Retorno (TIR): definición, cálculo y ejemplos.

La TIR en este proyecto será igual a cero debido a que flujo positivo económico en años posteriores.

**Gastos.**

En esta parte del estudio se dejarán planteados todos los costes necesarios para la ejecución del proyecto y funcionamiento posterior, como los de mano de obra, materia prima, y mantenimiento periódico.

La mano de obra fue cotizada con multiservicios canales, empresa con amplia experiencia en la instalación de sistemas de control de acceso vehicular.

<b>Equipos</b>	2304\$
<b>Mano de obra</b>	700\$

Tabla 7: Tabla de precios de Equipos y mano de obra.

Fuente: Proveedores (Vintech, Diselnic, Amazon) y Multiservicios canales

<b>Equipos</b>	<b>Costo</b>
Sensor de proximidad C/U(Parqueo)	3\$ c/u
Barrera ZkTeco PB1000	1242\$
Cable UTP Para exterior	5\$ p/mt
Shield max232	12\$
1 lector UHF Series 10	196\$
1 LED rgb	6\$
3 Arduino Mega	24\$ c/u
2 pulsadores NA	8\$ c/u
2 módulos Puente H 24V DC 10AMP	19\$ c/u
1 fuente AC-DC 5V 10AMP	20\$
1 fuente DC 24V 25 AMP	40\$
1 modulo Relay	12\$

Tabla 8: Tabla detallada de precios de equipos.

Fuente: Proveedores (Vintech, Diselnic, Amazon, Ebay, Arduino Nicaragua)

Este sistema requerirá un mantenimiento cada 8 meses con un costo de mantenimiento 120\$.

Todos los costes están dolarizados para que estas cotizaciones tengan más tiempo de validez por el deslizamiento de la moneda.



**Ingresos.**

Este proyecto no tiene la idea original de recibir ningún tipo de ingreso ya que se instalará en las inmediaciones de una institución pública, no obstante, esta la opción de desarrollar un método de remuneración mínimo para costear a largo plazo la inversión de este proyecto.

**9.3. Sustentabilidad del proyecto.**

Como se detalla anteriormente en la evaluación financiera de la inversión, se puede ver que la inversión no tendría un retorno, y la universidad no tendría una ganancia monetaria con este proyecto, por eso, todo el beneficio de esta propuesta está planteado desde el punto de vista social, como se pudo comprobar en la encuesta, la gran mayoría de los usuarios creen que un sistema de verificación de parqueo y control de acceso vehicular como el que plantea esta investigación, les brindaría un nivel de comodidad muy alto.

## **10. Conclusiones.**

1. Basándonos en la investigación técnica de los diferentes sistemas de identificación expuestos anteriormente, valorando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos y de las necesidades u objetivos planteados en el desarrollo de un sistema de identificación para control de acceso vehicular, se ha llegado a la conclusión que el sistema de identificación automática por radiofrecuencia RFID, es el sistema que mejor se adapta para el funcionamiento óptimo de este proyecto debido a las numerosas ventajas en comparación con otros sistemas de identificación.
2. En el proceso de construir este sistema de control de acceso vehicular con tecnología Arduino y RFID se recolecto la información necesaria para realizar la selección correcta de cada uno de los dispositivos mencionados para el óptimo funcionamiento de la demostración de este proyecto, así mismo, se establecieron alternativa para la aplicación en campo, debido a limitaciones técnicas y económicas.
3. Se concluye en que se pudo detallar todos los costes para la posible ejecución de este proyecto, y comprobar su viabilidad con las técnicas correspondientes, cumpliendo en su totalidad el tercer objetivo específico planteado en el protocolo.
4. Se ha logrado construir un modelo a escala en una maqueta, que muestra el funcionamiento del sistema plateado en esta tesis.
5. Hemos propuesto un sistema de control de acceso vehicular para el recinto universitario Simón Bolívar, tomando en cuenta todos los aspectos importantes para el diseño y ejecución de este proyecto.

## Bibliografía.

### Libros

- 1-Kim, D. Solomon, M. (2010). *Fundamentals of Information Systems Security*. Jones & Bartlett Learning. pp. 144-. ISBN 978-0-7637-9025-7.
- 2-Whitman, M. Mattord, H. (2013). *Management of Information Security*. Cengage Learning. pp. 346-. ISBN 978-1-305-15603-6.
- 3-Parra, L. Microprocesadores (2012) ISBN 978-607-733-181-0

### Webgrafía.

- 4-Ecured. (2017). *Geometría de la mano*.  
[Rhttps://www.ecured.cu/Geometr%C3%ADa\\_de\\_la\\_mano](https://www.ecured.cu/Geometr%C3%ADa_de_la_mano)
- 5-Ecured. (2019). *Interruptor Eléctrico*. Recuperado el 25 de febrero de 2013 de [https://www.ecured.cu/Interruptor\\_el%C3%A9ctrico](https://www.ecured.cu/Interruptor_el%C3%A9ctrico)
- 6- NUO. (2019). *¿Qué es RFID?* Recuperado el 01 de enero de 2019 de <https://www.by.com.es/blog/que-es-rfid/>
- 7- Wikipedia. (2019). *Reconocimiento de Iris*. Recuperado el 17 de mayo de 2019 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento\\_de\\_iris#Principio\\_de\\_funcionamiento](https://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_de_iris#Principio_de_funcionamiento)
- 8-NUO. (2019). *Reconocimiento de iris vs escaneo de retina*. Recuperado el 01 de enero de 2019 de <https://www.by.com.es/blog/reconocimiento-de-iris-y-escaneo-de-retina/>
- 9-Wikipédia. (2019). *Sistema de reconocimiento facial*. Recuperado el 10 de abril de 2019 de [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_reconocimiento\\_facial#Funcionamiento](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_reconocimiento_facial#Funcionamiento)
- 10-Fermax Professional. (2019). *Sistemas de identificación en el control de acceso: ¿Cuál elegir?* Recuperado el 30 de noviembre de 2016 de <https://blog.fermax.com/esp/int/sistemas-de-identificaci%C3%B3n-en-el-control-de-accesos-cu%C3%A1l-elegir-0>

- 11-Megalabel. (2016). Tipos de código de barras. Recuperado el 10 de septiembre de 2019 de <http://megalabel.com.mx/tipos-de-codigos-de-barras/>
- 12-Cibergenius. (2017). Los inicios de la tecnología de radio frecuencia RFID. Recuperado de <https://cibergenius.com/tecnologia-rfid/>
- 13-Ecured. (2019). Identificación por radio frecuencia. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Identificaci%C3%B3n\\_por\\_radiofrecuencia](https://www.ecured.cu/Identificaci%C3%B3n_por_radiofrecuencia)
- 14-Nuoplanet. (2019). ¿Qué es RFID? Recuperado de <https://nuoplanet.com/blog/que-es-rfid/>
- 15-Madrimasd.org. (2019). Tecnología de identificación por radio frecuencia RFID: aplicaciones en el ámbito de la salud. Recuperado de <http://www.madrimasd.org/>
- 16-Tarjetashid-mifare-rfid. (2020). ¿Qué es la tarjeta de proximidad? Recuperado de <https://www.tarjetashid-mifare-rfid.com/que-es-tarjeta-proximidad-rfid.html>
- 17-Wikipedia. (2020). RFID. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/RFID>
- 18- Arduino. (2019). Comenzando con los productos Arduino. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>
- 19- Arduino (2019). Productos Arduino. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- 20- Arduino (2019). Arduino UNO REV3. Recuperado de <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- 21-Freenove. (2019). Tutorial. Recuperado de <http://www.freenove.com/tutorial.html>
- 22- ZkTeco. (2019). Lector de largo alcance. Recuperado de <https://www.zktecolatinoamerica.com/uhf>
- 23- Wikipedia. (2019). Ultrasonido. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Ultrasonido>
- 24.-Aprendiendoarduino.wordpress. (2016). Aprendiendo Arduino. Recuperado de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/pwm/>

- 25- Blog. Rankia. (2019). Tasa Interna de Retorno (TIR): definición, cálculo y ejemplos. Recuperado de <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>.
- 26- ZkTeco. (2019). Barrera Vehicular ZkTeco PB1000. <http://www.zkteco-eq.com/download/PB1000.pdf>
- 27- Wikipedia. (2019). Hoja de cálculo. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Hoja\\_de\\_c%C3%A1lculo](https://es.wikipedia.org/wiki/Hoja_de_c%C3%A1lculo)
- 28- Wikipedia. (2020). Microsoft Excel. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Excel](https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel)
- 29- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. Recuperado de: <https://dle.rae.es/?w=software>
- 30- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. Recuperado de: <https://dle.rae.es/?w=interfaz>
- 31- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. Recuperado de: <https://dle.rae.es/?w=red>
- 32- Master Magazine (2019). Portal de tecnología Recuperado de: <http://www.mastermagazine.info/termino/4384.php>
- 33-Wikipedia. (2020). Java (lenguaje de programación). Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Java\\_\(lenguaje\\_de\\_programaci%C3%B3n\)#cite\\_ref-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Java_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n)#cite_ref-1)
- 34- Conner, Margery (9 de mayo de 2010). Sensors empower the "Internet of Things" (Issue 10). pp. 32-38. ISSN 0012-7515.
- 35- hetpro-store. Blog de tecnología (2017) Arduino pinMode, sintaxis y ejemplos  
Recuperado de: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/arduino-pinmode/>
- 36- hetpro-store. Blog de tecnología (2017) Arduino digitalWrite uso, ejemplos y aplicaciones  
Recuperado de: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/arduino-digitalwrite/>

37-hetpro-store. Blog de tecnología (2018) Uso de un push button con Arduino digitalRead. Recuperado de: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/push-button-con-arduino-digitalread/>

38- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. Recuperado de: <https://dle.rae.es/?w=transductor>

39-Wikipedia. (2019). Modulación por ancho de pulsos. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n\\_por\\_ancho\\_de\\_pulsos](https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_ancho_de_pulsos)

40- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. Recuperado de: <https://dle.rae.es/?w=led>

41- Wikipedia. (2019). Organización Internacional de Normalización. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n\\_Internacional\\_de\\_Normalizaci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_Internacional_de_Normalizaci%C3%B3n)

42- Wikipedia. (2019). I<sup>2</sup>C. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C#cite\\_note-1](https://es.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C#cite_note-1)

43- Wikipedia. (2019). Microcontrolador PIC. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador\\_PIC](https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC)

44- Wikipedia. (2019). Raspberry Pi. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)

45- Wikipedia. (2019). EEPROM. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/EEPROM>

46- Wikipedia. (2019) Megahercio. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Megahercio#cite\\_ref-Guardian\\_1-0](https://es.wikipedia.org/wiki/Megahercio#cite_ref-Guardian_1-0)

47- Xataka (2019) NFC: qué es y para qué sirve. Recuperado de: <https://www.xataka.com/moviles/nfc-que-es-y-para-que-sirve>

48-Arg Seguridad. Blog de seguridad electrónica. (2016) Que es la protección IP de resistencia al agua? Recuperado de: <https://www.argseguridad.com/blog/que-es-la-proteccion-ip-de-resistencia-al-agua/>

49-Ecured (2020) UHF. Recuperado de: <https://www.ecured.cu/UHF>

50-"Windows". En: Significados.com. Disponible en: <https://www.significados.com/windows/> Consultado: Consultado: 10 de febrero de 2020, 11:01 am.

51- Wikipedia. (2019). iOS. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/IOS>

52-Guía de instalación de Debian GNU/Linux. Blog Educativo (2020) ¿Qué es GNU/Linux? Recuperado de: <https://www.debian.org/releases/jessie/armhf/ch01s02.html.es>

53-Ecured (2019). Compuertas TTL. Recuperado de: [https://www.ecured.cu/Compuertas\\_TTL](https://www.ecured.cu/Compuertas_TTL)

54- Wikipedia. (2019). RS-232. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/RS-232>

55-Keyence. Portal tecnológico (2020). ¿Qué es un sensor ultrasónico? Recuperado de: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>

56-Diselnic (2020) Quiénes somos. recuperado de <http://www.diselnic.com/>