

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE ESMERALDAS



ESCUELA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

TESIS DE GRADO

SISTEMA BASADO EN TÉCNICAS DE GAMIFICACIÓN
PARA EL COBRO AUTOMÁTICO DEL PASAJE DE
TRANSPORTES URBANOS

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

KEVIN OMAR TOROSINA TOROSHINA

ASESOR

PABLO PICO VALENCIA (PhD)

Esmeraldas – febrero de 2021

Resumen

Las necesidades a nivel mundial están claramente enfocadas al desarrollo tecnológico y a la automatización de procesos. Es esto lo que ayuda a una ciudad a progresar y buscar medios para mejorar la calidad de vida de las personas. Actualmente, debido a la pandemia del Covid-19 se busca implementar procesos automatizados para reducir el contacto entre personas. El año 2020 cambió el mundo y se dieron cambios radicales en el diario vivir de las personas. Hoy en días se busca buscar métodos alternativos que ayuden a cuidar a la familias y amigos mediante normas de convivencia marcadas por el distanciamiento social y el mínimo contacto humano. En este sentido, el cobro de pasajes en transportes públicos es primordial que deba automatizarse. Es por esto que, el presente trabajo busca desarrollar un prototipo de sistema para el cobro automático del transporte urbano basado en técnicas de gamificación a fin de incentivar a los usuarios a usar tecnologías emergentes asociadas a las ciudades inteligentes, ya que actualmente romper paradigmas de conciencia tradicional es una de las pautas a trabajarse, y mediante este tipo de técnicas ayudaran hacer realidad esta propuesta ya que se aplica técnicas de diseño de juegos para conducir el comportamiento de los usuarios motivándolos a participar en el cambio. Se utilizó la situación actual del Sistema de Transporte público de la ciudad de Esmeraldas, en la cual se encontró que cuentan con 79 unidades de transporte público, de las Cooperativas Las Palmas y la Cooperativa Alonso de Illescas. Se utilizó investigación descriptiva para recolectar información necesaria de acuerdo al enfoque investigativo mixto empleado que busca medir y procesar estadísticamente todo lo recopilado acerca del uso de tecnologías RFID y las técnicas de gamificación para el desarrollo de un sistema de cobro automático, como se propone en este estudio. Los resultados, determinados mediante varias pruebas piloto, demostraron la factibilidad técnica del uso de las tecnologías RFID para registrar los usuarios y realizar las recargas de las tarjetas que se pueden usar para automatizar un sistema de transporte.

Palabras Clave:

Técnicas de Gamificación, Transporte urbano, cobro automático, Pasaje de Transporte, Tecnologías emergentes

Abstract

Worldwide needs are clearly focused on technological development and process automation. This is what helps a city to progress and look for ways to improve the quality of life of people. Currently, due to the Covid-19 pandemic, automated processes are being sought to reduce contact between people. The year 2020 changed the world and brought radical changes in people's daily lives. Nowadays, alternative methods are being sought to help take care of families and friends through coexistence rules marked by social distancing and minimum human contact. In this sense, the collection of fares in public transport is essential to be automated. For this reason, the present work seeks to develop a prototype system for automatic fare collection in urban transportation based on gamification techniques in order to encourage users to use emerging technologies associated with smart cities, since breaking paradigms of traditional awareness is currently one of the guidelines to be worked on, and this type of techniques will help make this proposal a reality by applying game design techniques to drive the behavior of users, motivating them to participate in the change. The current situation of the public transportation system in the city of Esmeraldas was used, in which it was found that there are 79 public transportation units of the Las Palmas and Alonso de Illescas Cooperatives. Descriptive research was used to collect the necessary information according to the mixed research approach used, which seeks to measure and statistically process everything collected about the use of RFID technologies and gamification techniques for the development of an automatic fare collection system, as proposed in this study. The results, determined through several pilot tests, demonstrated the technical feasibility of using RFID technologies to register users and recharge cards that can be used to automate a transportation system.

Keywords

Gamification Techniques, Urban Transport, Automatic Payment, Transportation Ticket, Emerging Technologies

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

Las ciudades actuales están encaminándose hacia el concepto de ciudad inteligente (*smart city* por su vocablo en inglés) [1], lo cual conlleva al logro de mejoras tecnológicas que permiten elevar la eficiencia en los sistemas públicos, elevar la calidad de vida y la comodidad de los ciudadanos [2]. En este ámbito, el sistema de transporte público es uno de los elementos más importantes para fortalecer la conectividad de la ciudad; pero, si no se gestiona de forma adecuada se vuelve conflictivo. Para el caso del presente estudio se toma como objeto de estudio, al transporte urbano de la ciudad de Esmeraldas.

De acuerdo con Morán [3] la calidad del servicio de transporte público en Esmeraldas presenta un alto porcentaje de insatisfacción en aspectos como el trato de conductores, cobradores, y en la conducción de los buses. En parte, estos problemas se originan en el sistema de pago manual (billetes y monedas) por varias razones. En primer lugar, se produce tardanza en el ingreso puesto que, cada pasajero debe pagar su pasaje y en ocasiones esperar el vuelto e incluso contarlo en el mismo sitio; en segundo lugar, existen choferes que se encargan ellos mismos del cobro de pasajes; en tercer lugar, el pasajero suele esperar de pie mientras le cobran el pasaje y en ocasiones el bus en movimiento ocasiona que éste pierda el equilibrio y caiga; y, finalmente, los cobradores o choferes no tienen vuelto o no aceptan billetes de alta nominación lo que es, una incomodidad para el pasajero. En consecuencia, los choferes tratan de reponer el tiempo perdido con maniobras de riesgo, alta velocidad; además de mantener una conducta a la defensiva frente al pasajero, conllevando a malos tratos.

Ante estos problemas, existen alternativas como la implementación de sistemas de cobro automático. En Ecuador la ciudad de Cuenca cuenta con este sistema desde el año 2009, aunque ha venido actualizándose, llegando a ser exclusivo desde el año 2018. En lo que respecta a Quito este sistema se plantea su implementación en el Metro desde el año 2020, y desde el año 2015 en el país funciona en la Metro vía de Guayaquil [4]. Esto demuestra que existe una tendencia hacia este tipo de sistemas por las ventajas que ofrece para facilitar y agilizar el uso de transportes urbanos; pero también por la capacidad que ofrecen para la obtención de datos que permitan regular y modificar las rutas, horarios y unidades para mejorar la dotación del servicio según la demanda de pasajeros.

Con los antecedentes previamente especificados se sugiere la implementación de un prototipo de sistema para el cobro automático del pasaje de transportes urbanos mediante tecnología RIFD (radio frecuencia). Esta tecnología utiliza tarjetas que se comunican con un lector al estar en proximidad, con esto, el pasajero ni siquiera necesitaría sacar su tarjeta del bolsillo, sino solamente atravesar la puerta de la unidad de transporten. No obstante, una gran parte de la población no suele sentirse cómoda con el cambio, y los sistemas innovadores pueden ser vistos con recelo y, por ende, dejados de lado. Tal es el caso de la tarjeta de cobro de pasajes que se trató infructuosamente de implementar en el sistema del Trolebús en Quito en el año 2006 [5]. Para evitar este particular, e incentivar a la población al uso de este sistema, se ha planteado un sistema para el cobro automático del pasaje aplicando técnicas de gamificación.

La gamificación es la aplicación de métodos y técnicas del juego a diversos ámbitos, (i.e., educación [6], medicina [7]) principalmente para promover la motivación del usuario [8]. En este sentido, es posible aplicar la gamificación en un sistema de actividad del usuario-logros-recompensas a fin de motivarlo a la utilización continua del sistema.

El prototipo del sistema diseñado cumple con varios criterios de un modelo de bajo costo que asegura su accesibilidad y permite la recarga de saldo en la tarjeta desde diversas plataformas (i.e, cabinas de cobro, puntos de comercio, vía celular, entre otras). Además, será más ágil y seguro que el cobro manual tradicional. Sin embargo, es importante resaltar que el sistema permite el uso paralelo con el sistema de cobro manual para de esta forma, si el prototipo creado se llega a implementar, se alcance a todo el segmento de la población y visitantes no frecuentes que arriben a la ciudad de Esmeraldas y que consigan a usar el sistema de transporte urbano.

Justificación

Mediante este proyecto se buscó mejorar la satisfacción del usuario del sistema de transporte urbano y reducir los inconvenientes que actualmente se presentan en el mismo. El uso de técnicas de gamificación ayudará a incentivar a los usuarios a este sistema, elevando así las probabilidades de éxito del mismo, en el caso de que se decida implementarlo. El sistema de cobro del pasaje en medios de transporte público propuesto es un insumo importante para la implementación de un sistema inteligente de transporte

que apoya el cumplimiento de la Ley de Reactivación Económica [9] en la que, se establece el uso de medios de pago electrónicos de forma paralela a la moneda física.

El estudio es original puesto que, en la ciudad de Esmeraldas no se han planteado investigaciones ni iniciativas para el uso del sistema automatizado de cobros para transporte urbano. Y aunque, actualmente existen sistemas comerciales, ninguno de ellos está personalizado para adaptarse a la cultura local de los ciudadanos y a la realidad de la ciudad de Esmeraldas. Esto aumenta la probabilidad de que, el prototipo del sistema propuesto sea usable de manera exitosa.

Respecto a los beneficiarios del estudio, por un lado, están las cooperativas y transportistas, al decidir implementar el prototipo de un sistema moderno como el propuesto, les puede ayudar a facilitar la gestión de cobro y la generación de datos relevantes para la toma de decisiones en el negocio. Por otro lado, otro de los principales beneficiarios de la propuesta, en caso de llegarse a implementar, son los usuarios o ciudadanos en general puesto que, esto facilitaría y agilizaría el uso de los sistemas de transporte urbano, y les evitaría el uso de dinero físico. Además, les permitiría gozar de promociones que se oferten por parte de las cooperativas de transportes locales. Así mismo, se beneficiaría la ciudad, por el hecho de empezar a automatizar los servicios que ofrece a sus ciudadanos, dando un paso hacia la modernidad y que apoya a que la ciudad de Esmeraldas pueda convertirse a mediano plazo en una ciudad inteligente [2].

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un prototipo de sistema para el cobro automático del transporte urbano basado en técnicas de gamificación a fin de incentivar a los usuarios a usar tecnologías emergentes asociadas a las ciudades inteligentes.

Objetivos específicos

- a) Valorar el mecanismo actual usado por las cooperativas de transporte público en la ciudad de Esmeraldas para el cobro del pasaje.
- b) Analizar las principales técnicas, mecanismos y aplicaciones de los procesos de gamificación aplicados en servicios públicos de ciudades inteligentes.

- c) Diseñar un mecanismo de gamificación orientado a incentivar el uso del servicio de transporte público en ciudades inteligentes.
- d) Desarrollar un prototipo de sistema gamificado para el cobro automático del transporte urbano basado en tecnologías de Internet de las Cosas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Bases teóricas-conceptuales

Las bases teóricas del estudio se fundamentan en los principales temas con los que tiene relación, estos son, la gamificación y el juego como parte de los procesos para motivar a los usuarios de este tipo de sistemas para que realicen acciones determinadas. Así mismo, por el hecho de emplear microcontroladores Arduino y tecnologías de comunicación inalámbrica RFID para el desarrollo del prototipo del sistema propuesto, se describen también aspectos técnicos de ambas tecnologías hardware.

1.1.1. GAMIFICACIÓN

La gamificación es una técnica o metodología que toma las bases del “juego” y las aplica a otros ámbitos, para lograr la motivación de los involucrados mediante un sistema de acción, recompensa, motivación. Otros conceptos la definen como “una estrategia de negocio que aplica técnicas de diseño de juegos a contextos no-juego para conducir el comportamiento de los usuarios, involucrándolos y motivándolos a lograr sus objetivos” [8, p. 1]. Asimismo, la gamificación suele ser concebida como un “modo de incrementar la concentración, el esfuerzo y la motivación fundamentada en el reconocimiento, el logro, la competencia, la colaboración, la autoexpresión y todas las potencialidades educativas compartidas por las actividades lúdicas” [10, p. 13]. Estos conceptos abordan la gamificación desde el ámbito empresarial y la lúdica, sin embargo, sus campos de aplicación son muy variados.

Al gamificar, se toma una actividad o proceso, y se lo adapta para lograr que los usuarios o involucrados en el mismo participen de forma voluntaria y motivados, pero, además, bajo los parámetros o reglas en las que está definido el juego.

La finalidad de gamificar es motivar, pues “a través de la mecánica de juego, se premia la actividad de los clientes, empleados, u otros usuarios asignando puntuación, insignias, superación de niveles, tablas de clasificación y desafíos” [8, p. 1]. Es decir, que mediante esta metodología se logra que los sujetos que juegan se vuelvan parte del mismo sistema, y sus acciones sean voluntarias en tanto estén motivados para hacerlo.

La gamificación permite incentivar a la participación voluntaria; pero también controlar las conductas o comportamientos dentro de los límites especificados del juego. Justamente uno de los aspectos relevantes de un juego, es que se maneja por reglas y mecánicas, y que solamente el cumplimiento de estas permite alcanzar las recompensas. Así, se puede guiar una conducta de forma correcta, no de forma obligatoria o bajo amenaza de algún castigo o penalidad, sino bajo el anhelo de obtener las recompensas que se alcanzan durante la progresión en el juego.

Otros beneficios y razones para aplicar la gamificación que se rescatan en Borrás [11, p. 5] son los siguientes:

- Mejora la motivación para aprender o desarrollar una destreza.
- Los mecanismos de gamificación requieren que se conozca el desempeño o acciones realizadas por los participantes, lo que ayuda a tener una retroalimentación constante.
- El hecho de que el sujeto participa de forma voluntaria y motivada, apoya el aprendizaje de forma significativa y lo refuerza mediante condicionamiento positivo.
- Se desarrollan competencias y conocimientos relativos al ámbito digital.
- La participación o acciones del involucrado son autónomas en un alto grado, pues solo se requiere conocer las reglas.

1.1.1.1. Modelos de comportamiento y gamificación

La base de la gamificación se basa en la motivación. Si se logra desarrollar un mecanismo que promueva la motivación del sujeto que juega, se puede lograr que su participación se mantenga o aumente. Así, diversas teorías y modelos de comportamiento pueden reseñarse pues explican de alguna forma cómo se produce la motivación en la gamificación. Estas teorías corresponden al conductismo y el cognitivismo.

Conductismo

La teoría conductista señala que el aprendizaje es el resultado de la exposición a determinados estímulos que refuerzan los comportamientos que los generan. Así, una recompensa por determinada acción la refuerza, pues posteriormente, se esperará la

misma o una mejor recompensa [11]. En este modelo la participación del sujeto está condicionada por dichos estímulos por lo que puede considerarse como una forma de manipulación, o que su comportamiento se manifieste solamente si existe la recompensa.

El conductismo originalmente surgió como una postura o modelo para la enseñanza en la que se enfatiza la adquisición de conocimientos o destrezas a partir del contacto o interacción con el mundo exterior, mediante los estímulos que condicionan y refuerzan, ya sea positivamente una acción que busca mantenerse, o negativamente una conducta a eliminarse. De modo que, en esta perspectiva teórica, el estímulo es uno de los principales factores, así, cada acción realimenta a quien la produce generando una respuesta (que puede ser tanto un nuevo conocimiento, como la comprensión del efecto que genera una acción determinada), pero esta realimentación es el estímulo positivo o negativo que condiciona dicha respuesta como efecto de la acción. Una realimentación positiva se asociará con la ejecución de una acción cualquiera que tendrá una respuesta (o recompensa) lo que motivará a que se lleve a cabo de nuevo (refuerzo). Lo mismo sucede con el refuerzo negativo, cuando la acción llevada a cabo no genera una recompensa, o incluso, produce un efecto contrario [11] .

En la gamificación son válidos ambos tipos de refuerzos para motivar el aprendizaje, y ante esto, no debe tomarse a un refuerzo y condicionamiento negativo como algo nocivo. Por ejemplo, se puede suponer que el participante del sistema de transporte sabe que cada vez que usa su tarjeta para pagar el transporte acumula puntos que luego puede cambiar por una recompensa como pasajes gratis (refuerzo positivo), pero a su vez, si no utiliza la tarjeta durante una semana, pierde el 5% de sus puntos lo que lo motivará a no dejar de usarla (refuerzo negativo).

Cognitivismo

Desde el cognitivismo, el aprendizaje y el comportamiento se desarrollan a partir de la interpretación que el sujeto realiza de la realidad que lo rodea. Así, la recompensa puede ser intrínseca o extrínseca. Intrínseca si no repara en las consecuencias; sino en la acción que realiza y la interpretación que hace de la misma (si es correcta o necesaria o no) [11], [1].

Este enfoque se diferencia del conductismo al atribuir tanta importancia a los factores internos o personales como a los externos, en el proceso de aprendizaje o desarrollo.

Dentro de la gamificación, el cognitivismo argumentaría que no solo se desarrollan las mecánicas mediante el sistema de acción-recompensa, sino del conocimiento y dominio de las reglas y mecánicas. Como ejemplo, en el sector del transporte se puede apuntar a reducir los accidentes y el mal servicio, pero también tratar de comprender lo que lleva a los conductores a este tipo de situaciones para actuar en consecuencia y de esta forma anticiparse para reducir el efecto negativo y maximizar el efecto positivo [10].

En todo caso, el valor del cognitivismo es lograr que el participante comprenda el juego, y no solo participe en el mismo por la recompensa; sino porque las acciones en sí mismas son interesantes o motivadoras.

1.1.1.2. Diseño de un sistema gamificación

En la Figura 1. *Proceso de diseño de un sistema gamificado* . se representa el proceso de diseño para un sistema de gamificación que toma como punto de partida los motivos por los cuales se pretende gamificar:

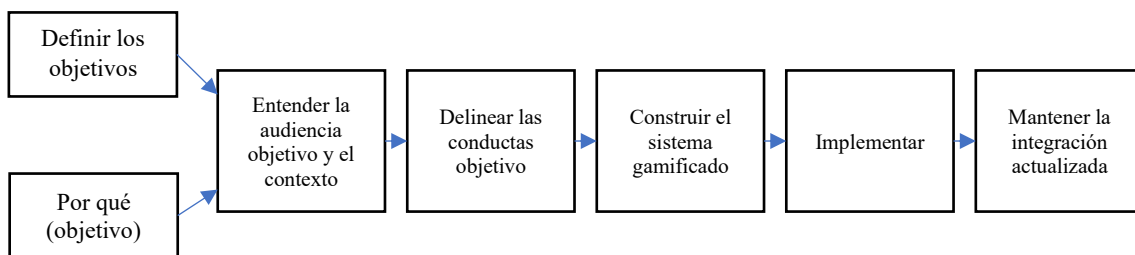


Figura 1. Proceso de diseño de un sistema gamificado [12].

El proceso para el diseño de sistemas gamificados empieza con la indagación de los objetivos que se quieren conseguir, y la razón del por qué se debe aplicar gamificación. Al identificar estas respuestas se debe observar “si para la consecución de los objetivos propuestos es necesario cambiar o inducir los comportamientos de un grupo de personas, teniendo en cuenta cuáles son las finalidades de cualquier sistema gamificado”. Para este estudio es relevante cambiar el comportamiento si se busca que se utilice con mayor frecuencia el sistema de pago mediante tarjeta.

Se debe entender a la audiencia hacia la que se destina el proyecto para poder definir las conductas que se buscan inducir. Con esto en mente se identifican los elementos a utilizarse y las métricas que ayuden a controlar el sistema en cuanto a su direccionamiento

hacia los objetivos establecidos. Por último, el paso de actualización del sistema, que se trata de un mantenimiento constante para asegurar que el sistema se adapta a los cambios de los usuarios [12].

Para este proyecto la definición de los objetivos responde a la necesidad de eliminar el cobro manual para reducir los problemas e incomodidades anexas a esta modalidad, siendo el porqué, la mejoría en el servicio a lograrse. El entender la audiencia objetivo requiere que se realice una revisión bibliográfica a la población compuesta por los pasajeros, y el análisis de estos datos ayudará a delinear las conductas objetivo. Con esta información se construye el sistema gamificado que implica, primero, establecer las reglas y recompensas, y luego, desarrollar los aspectos técnicos. La implementación y la actualización son etapas que el estudio no ha abordado pues se trata de una propuesta, sin embargo, se han dejado planteadas recomendaciones en estos aspectos. Así, se estaría cumpliendo el proceso de diseño ilustrado en la Figura 1.

1.1.1.3. Elementos implicados en los juegos

El diseño de un sistema de gamificación debe abarcar varios elementos que forman parte de los juegos en general. Así, se definen a las mecánicas y componentes, dinámicas y estética [12] como los elementos básicos de un sistema gamificado. A continuación, describen de manera breve cada uno de estos elementos:

- **Dinámicas.** Son aspectos globales a los que un sistema gamificado debe orientarse. Están relacionados con los efectos, motivaciones y deseos que se pretenden generar en el participante [11], esto es, restricciones, emociones, narrativa, progresión del juego, estatus, entre otros.
- **Mecánicas.** Son una serie de reglas que intentan generar juegos que se puedan disfrutar y que generen una cierta “adicción” y compromiso por parte de los usuarios, al aportarles retos y un camino por el que transitar. Estas mecánicas pueden ser: retos, oportunidades, turnos, acciones cooperativas, superación de obstáculos, entre otros.

- **Componentes.** Elementos concretos o instancias específicas asociadas a los dos anteriores. Pueden variar de tipo y de cantidad, todo depende de la creatividad en que se desarrolle el juego. Aquí figuran aspectos como: logros, insignias, desbloques, niveles, puntos, tablas de clasificación, entre otros.
- **Estética.** Se refiere a las respuestas emocionales que la participación en un juego provoca en el jugador. El componente estético de los juegos (y de los sistemas gamificados) está relacionado con el ámbito de las experiencias [12] Se señalan sensaciones y experiencias como: sensaciones (juego como placer empírico), fantasía (juego como recreación), narrativa (juego como un relato), reto del juego (juego como una carrera de obstáculos), camaradería (juego como un marco social), descubrimiento (juego como un mapa por descubrir), expresión (juego como un autodescubrimiento) y sumisión (juego como un pasatiempo).

1.1.1.4. Recompensas como elemento de la gamificación

Al tratarse la recompensa de un elemento fundamental en el modelo conductista, se reconocen los siguientes tipos de recompensas: tangibles (premios), intangibles o simbólicas (medallas por logros), esperadas (las que el participante sabe y anhela conseguir), inesperadas (las que recibe sin previo aviso y lo motivan a esperar lo inesperado), y contingentes (recompensas menores enlazadas a tareas específicas o que forman parte de una recompensa mayor) [11] Además, si se toma en cuenta el modelo cognitivista, las recompensas pueden ser de carácter intrínseco cuando el beneficio es generado por la propia acción, o extrínsecas cuando hay una recompensa externa, misma que puede ser de estatus (se le otorga un rango al usuario según su desempeño), de acceso (abriendo la posibilidad de acceder u obtener algo que otros no pueden aún), de poder (por ejemplo atribuyendo ventajas por sobre otros jugadores), o de cosas (es decir objetos o premios tangibles) [12].

De forma similar, las recompensas pueden estar programadas de forma temporal, o como resultado de una acción o suma de acciones. Así, pueden ser continuas si se entregan constantemente, no obstante, esto reduce el valor de la recompensa por lo que no es habitual que se manejen de esta manera en gamificación. Pueden ser de ratio fijo, es decir, que se producen cada vez que se cumple una acción un número determinado de veces,

incluso, esta ratio puede incrementarse cada vez que se consigue la recompensa. O de intervalo fijado, que se producen en acciones en las que se valora el tiempo de participación, por ejemplo, el usuario ha acumulado 100 horas en transporte público y desbloquea una recompensa [7].

El problema con el uso de recompensas continuas es que la motivación que producen las primeras veces se torna algo natural o esperado por el usuario, incluso, si estas se suspenden el participante podría sentir que el juego ya no es tan interesante. Por lo mismo, el uso de recompensas debe estar equilibrado en varios aspectos. Dos estrategias para recompensar a los usuarios se describen como sigue: (i) la recompensa debe ser equivalente al esfuerzo, es decir que un mayor esfuerzo o tiempo invertido debe producir una recompensa mayor, y (ii) la recompensa debe ser difícil de conseguir, pero no demasiado pues se busca la motivación y el refuerzo de la misma mediante el logro. Además, debe considerarse los mecanismos que pueden prevenir que el participante se “aproveche” de una de las mecánicas del juego para beneficiarse de más. Por esto, ciertas recompensas pueden ser de carácter único por participante.

1.1.1.5. Motivación como elemento de gamificación

A más de la recompensa, el factor más importante en la gamificación es la motivación, entendida como el sentimiento o actitud que impulsa a una persona a actuar o tomar una decisión. Según la teoría de las necesidades de Abraham Maslow [13] una persona valora sus necesidades y se motiva a actuar según la relevancia de las mismas en una escala representada en forma de pirámide. En la base se encuentran las necesidades fisiológicas y son fundamentales para la vida, por tanto, son las que primero busca satisfacer una persona, así, en este punto se encuentra la alimentación y el descanso, por ejemplo. Una vez que se han satisfecho, el sujeto se motivará por cumplir sus necesidades de seguridad (seguridad física, salud, familiar, moral, propiedad privada). En tercer lugar, si las dos necesidades previas se encuentran satisfechas, buscará suplir sus necesidades de afiliación (amistades, intimidad, romance). Posteriormente seguirán las necesidades de reconocimiento (confianza, respeto, éxito) y de autorrealización (creatividad, moralidad, educación, crecimiento personal) [14].

Al conocer las necesidades del sujeto, se puede direccionar las recompensas para hacerlas más atractivas. Sin embargo, otras teorías como la de la autodeterminación de

Ryan y Deci [15] sugieren que un individuo no sea motivado sin recompensa; sino por su personalidad proactiva. Bajo estos enfoques, se tienen tres rangos de motivación que se definen como sigue [11]:

- **Sin motivación.** Cuando el sujeto no tiene voluntad alguna de actuar o decidir dentro del proceso.
- **Motivación externa o extrínseca.** Cuando ésta se genera por recompensas externas. Puede existir una regulación externa cuando el individuo responde a la autoridad de otro, esto es: introyección (el individuo realiza la acción para sentirse mejor, aun se siente como algo controlado o dirigido por otros), identificación (piensa que lo que hace vale algo o es importante, es más autónoma), e integración (autónoma, el sujeto hace la acción porque es buena para él).
- **Motivación intrínseca.** Cuando la actividad se produce porque es satisfactoria para el sujeto.

Respecto a la motivación, ésta es el centro de un sistema de gamificación, por lo que debe considerarse el tipo de tecnologías que se aplicarán para poder diseñar de forma adecuada las reglas del juego y definir los modos de progresión y las recompensas. Para el presente trabajo se han utilizado tecnologías inalámbricas para autoidentificación como base del sistema de gamificación de pago del servicio de transporte con tarjetas RFID. A través de esta tarjeta es posible almacenar la información de los usuarios del transporte y aplicar los métodos de gamificación diseñado en esta investigación.

1.1.2. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS DE AUTOIDENTIFICACIÓN

Un sistema de autoidentificación se basa en la comunicación entre componentes, o en el reconocimiento a partir de una base de datos. La autoidentificación “es la habilidad de una máquina para leer una identidad y se aplica normalmente cuando es un objeto el que tiene que ser identificado” [16]. No obstante, para el sistema de transporte urbano, lo óptimo es trabajar con la comunicación entre componentes al requerirse un soporte para el pasajero como una tarjeta recargable.

Un sistema de identificación por radiofrecuencia requiere de tres componentes básicos, esto es: un *tag* o etiqueta electrónica que incluye un transceptor y/o una micro antena, un lector de *tags*, y una base de datos [16].

El tag es una etiqueta que posee un microchip (componente que posee un transceptor y memoria). Al tratarse de una etiqueta puede ser adherido a cualquier objeto, o en este caso, a una tarjeta. El microchip contiene un código de identificación que es reconocido en la base de datos y asociado a una información específica. De modo que, cuando el pasajero carga su tarjeta, el sistema asigna los fondos al código atribuido a dicha tarjeta. Estas etiquetas pueden ser pasivas o activas. Pasivas cuando no necesitan una forma de alimentación de energía externa, y activas cuando poseen una batería propia.

1.1.2.1. Principio de funcionamiento

Es importante la presencia de un lector y una etiqueta para el funcionamiento correcto de un sistema con tecnología RFID, como se indica en la *Figura 2*; ya que esta establece la comunicación y la transferencia de información. Se debe considerar realizar la configuración por ambas partes; ya que, si se tiene una configuración errónea con diferentes frecuencias, es más probable que se pierda información por la pérdida de sincronismo en la comunicación establecida. En la comunicación establecida mediante radiofrecuencia, el lector espera que la etiqueta detecte la señal emitida por medio del microchip con la antena que se encuentra internamente en un extremo de la etiqueta para que transfiera la información ya sea para sólo lectura o para lectura/escritura.

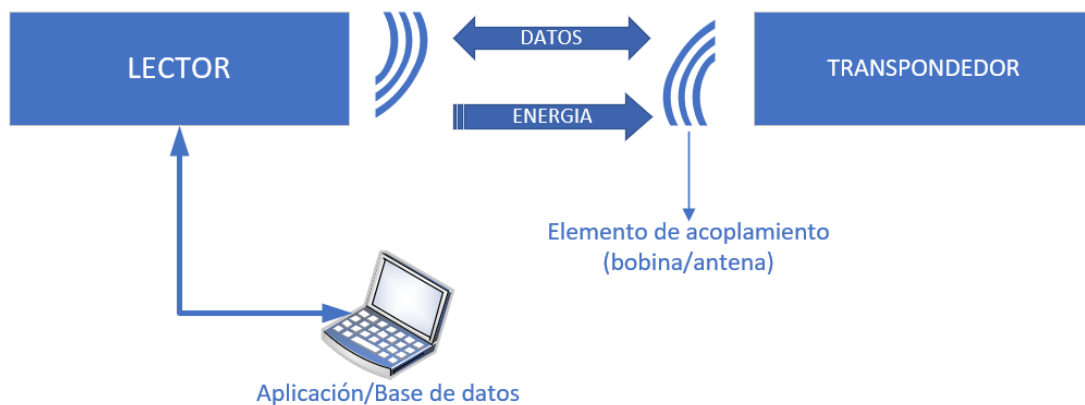


Figura 2 Esquema de un sistema con tecnología RFID [17].

1.1.2.2. Aspectos técnicos

Existen trajectas RFID de diferentes modelos y comercializados por distintos fabricantes. No obstante, de acuerdo con la frecuencia a la que operan, éstas presentan aspectos técnicos tal como se describe en la Tabla 1. Aspectos técnicos de la tecnología RFID .

Tabla 1. Aspectos técnicos de la tecnología RFID [17].

Frecuencia	UHF (850-960) MHz	HF (13.56) MHz	LF (120-134) KHz
Distancia de Lectura	> 3m	<1m	0,5-1 m
Coste	Bajo	Medio	Alto
Penetración en materiales	Pobre	Muy Buena	Excelente
¿Le afecta el agua?	Si	No	No
Tipo de antena	Dipolo (plancha metálica)	Bobina inductiva	Bobina inductiva
Tipo de elemento	Activo/Pasivo	Pasivo	Pasivo
Transmisión de datos	Rápido	Lento	Más lento
Anticolisión	Muy Buena	Buena	Pobre
Aplicaciones	Trazabilidad de paquetes, automatización industrial	Farmacia, librerías, transporte, aplicaciones de pago	Control de acceso, identificación, llaves de acceso a vehículo

Elaborado por: El autor

Como se observa en la tabla anterior los aspectos técnicos más importantes recabados con relación a la tecnología, es decir con la frecuencia con la que operan son la UHF(850-960) MHz, donde su distancia de lectura es >3m, la lectura de coste es bajo y su penetración en materiales es pobre, al cual si le afecta el agua tiene la utilización de la antena de Dipolo(plancha metálica) con un tipo de elemento activo/pasivo y la transmisión de datos sea rápido con una anticolisión muy buena y aplicaciones Trazabilidad de paquetes, automatización industrial, por otra parte, HF(13.56)MHz, donde su distancia de lectura es <1m, la lectura de coste es medio y su penetración en materiales es muy buena, al cual no le afecta el agua tiene la utilización de la antena de Bobina inductiva con un tipo de elemento pasivo y la transmisión de datos sea lento con una anticolisión buena y aplicaciones Farmacia, librerías, transporte, aplicaciones de pago y LF(120-134) KHz, donde su distancia de lectura es de 0,5-1m, la lectura de coste es alto

y su penetración en materiales es excelente, al cual no le afecta el agua tiene la utilización de la antena de Bobina inductiva con un tipo de elemento pasivo y la transmisión de datos más lenta con una anticolisión pobre y aplicaciones de control de acceso, identificación de llaves de acceso y vehículos.

Con la información recabada anteriormente, se presenta como evidencia que la propuesta más viable de las tres frecuencias sería HF (13.56) MHz ya que demuestra que las medidas a implementarse serán de mucha más fácil eficiencia y eficacia.

1.1.2.3. Aplicaciones y usos

En una investigación titulada como un diseño de antenas miniatura para la aplicación de radio identificación (RFID) a 900MHZ donde se explora de manera profunda cada una de ellas en beneficio de las redes actuales conectadas a la misma y de las aledañas a la misma [18].

Por otra parte, en otra investigación titulada “La tecnología 5G en el Ecuador. Un análisis desde los requerimientos 5G”, la misma que se enmarca en la realización de un análisis de un producto con relación a la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador, donde se han tomado en cuenta artículos científicos anteriores al mismo, dando como resultado las constantes demandas de una tecnología de calidad, junto con la promulgación de leyes que impulsan, gestionan y regulan las telecomunicaciones del país. [19]

Adicionalmente, en otra investigación titulada educación y nuevas tecnologías de la información ¿hacia un paradigma educativo innovador? Donde se aporta una visión que sustenta a las tecnologías de la información y comunicación ha crecido de forma considerable y con ello la necesidad de contar con espacios de educación que posean algún apoyo educacional de manera que el desarrollo tecnológico y económico [20]

Finalmente, la investigación tecnología educativa y su papel en el logro de los fines de la educación se encuentra, dirigido a develar que tiene la tecnología educativa para que contribuya con los fines didácticos con la educación [21].

1.1.3. Microcontroladores de bajo coste

1.1.3.1. Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto que se utiliza para construir proyectos electrónicos. Arduino consiste en una placa de circuito programable física y una pieza de software o IDE que se ejecuta en la computadora, A partir de este IDE se genera y carga el código de la computadora a la placa física [22]. Este microcontrolador de desarrollo es muy utilizado en la actualidad, para realizar proyectos de gama media, ya que fue desarrollada con fines educativos para el aprendizaje de las ramas de programación y electrónica, en diferentes campos como: la robótica, instalaciones eléctricas, domótica, entre otras.

Entre varias versiones que se disponen en estas placas figuran: Arduino Uno, Mega, Yun, entre otras. Para el prototipo de sistema de cobro automático se escogió la placa Arduino Uno ya que esta placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo al momento de ir realizando el prototipo.

Como se aprecia en la *Tabla 2* los microcontroladores que se han investigado con Arduino UNO, con una dimensión de 2.7 in x 2.1 in, procesador de Atmega 328p, velocidad del reloj de 16MHz, memoria flash de 32, EEPROM de 1, SRAM de 2, nivel de voltaje de 5V, pines digitales de 14 y digitales de 6; Arduino MEGA con una dimensión de 4 in x 2.1 in, procesador de Atmega 2560, velocidad del reloj de 16MHz, memoria flash de 256, EEPROM de 4, SRAM de 8, nivel de voltaje de 5V, pines digitales de 54 y digitales de 15.

Esta placa de microcontrolador tiene todo lo necesario para el prototipo del hardware del sistema propuesto. Arduino UNO tiene comunicación USB incorporada, lo que permite que este microcontrolador aparezca en una computadora conectada como un mouse y teclado, además de un puerto serie/COM virtual (CDC).

Tabla 2. Comparativa de microcontroladores Arduino [23].

Nombre del módulo	Arduino Micro	Arduino Uno Rev3	Arduino Leonardo	Arduino Mega2560 Rev3	Arduino Due	Arduino Nano	Arduino Uno WiFi Rev2
Microcontrolador	ATmega32u4	ATmega328	ATmega32u4	ATmega2560	SAM3X8E ARM	ATMega328P	ATMega4809
Frecuencia [MHz]	16	16	16	16	84	16	20
Interfaz	UART TTL (5V)	USB & UART TTL (5V)	USB & UART TTL (5V)	USB & UART TTL (5V) - 4 UARTS	USB & UART TTL (5V) - 3 UARTS		UART, SPI, I2C
Voltaje de operación	5	5	5	5	3.3	5	5
Voltaje de entrada máximo - recomendado [V]	12	12	12	12	12	12	12
Voltaje de entrada mínimo - recomendado [V]	7	7	7	7	7	7	5
Opciones de alimentación	USB/ Ext (Auto)	USB/ Ext (Auto)	USB/ Ext (Auto)	USB/ Ext (Auto)	USB/ Ext (Auto)	USB/ Ext (Auto)	USB/ Ext (Auto)
GPIO (PWM)	20 (7)	20 (6)	20 (7)	70 (15)	70 (12)	22 (6)	20 (5)
Entradas analógicas	12	6	12	16	12	8	6
Salidas analógicas	0	0	0	0	2	0	0
Memoria flash [kB]	32	32	32	256	512	32	48
SRAM [kb]	2	2	2	8	96	2	6
Puertos USB	Micro Type B	B	Micro Type B	B/A	Micro B/ Micro B	Mini B	USB A

Longitud [mm]	48	69	69	102	102	44	69
Ancho [mm]	18	53	53	54	54	18	53
Peso [g]	13	25	20	35	36	5	25
Compatibilidad con shields	No se utilizan shields para esta placa	Perfecta - trabaja con mayoría de placas	Buena - algunas diferencias en pinouts	Buena - algunas diferencias en pinouts	Mala - solo dedicadas shields	No se utilizan shields para esta placa	Perfecta - trabaja con mayoría de placas
Otras características			Cliente de USB		Cliente y host de USB		Incorpora IMU y módulo criptográfico
Soporte de comunicación inalámbrica	Sin soporte	Sin soporte	Sin soporte	Sin soporte	Sin soporte	Sin soporte	WiFi
Recomendaciones	Perfecta para prototipos de pequeños dispositivos	Una buena y potente base para empezar con Arduino	Una mejora de Arduino uno con nuevo microcontrolador y un convertidor USB menos	La más avanzada placa de esta comparación - mucha flexibilidad y potencia combinada con alta compatibilidad	La placa más potente pero con muy limitada compatibilidad	Una paso más adelante en la portabilidad comparando a Arduino Micro con dimensiones aún disminuidos	Arduino Uno equipado con módulo WiFi, criptográfico y módulo IMU

Elaborado por: El autor

1.1.3.2. Microcontrolador de NodeMCU Wifi

NODEMCU es una placa de desarrollo de bajo costo que consolida pines GPIO, I2C, UART, PWM, ADC y Wi-Fi. Con tecnología de suministro de 3.3V y ESP8266 junto con un regulador de tensión y USB en serie [25].



Figura 3(b). NodeMCU V3 [25].

En la Figura 3(b) se muestra el microcontrolador NodeMCU en su tercera versión. Esta placa está basada en el ESP8266, el cual nos facilita en lo que queremos desarrollar dispositivos conectados. Se basa en acelerar el desarrollo de proyectos. En la parte superior trasera se encuentra el SoC ESP8266, el cual cuenta con un microcontrolador Tensilica de 32 bits.

Todo el dispositivo integra 4MB de memoria flash, un reloj de 80 MHz y alrededor de 50Kb de RAM disponible [26]. Todo esto con un transmisor-receptor de Wi-Fi. En la Figura 3(c) se muestra la configuración y funcionalidades de sus pines.

ESP-12E DEVELOPMENT BOARD PINOUT

NOTES:

- ▲ Typ. pin current 6mA (Max. 12mA)
- ▲ For sleep mode, connect GPIO16 and EXT_RSTB. On wakeup, GPIO16 will output LOW for system reset.
- ▲ On boot/reset/wakeup, keep GPIO15 LOW and GPIO2 HIGH.

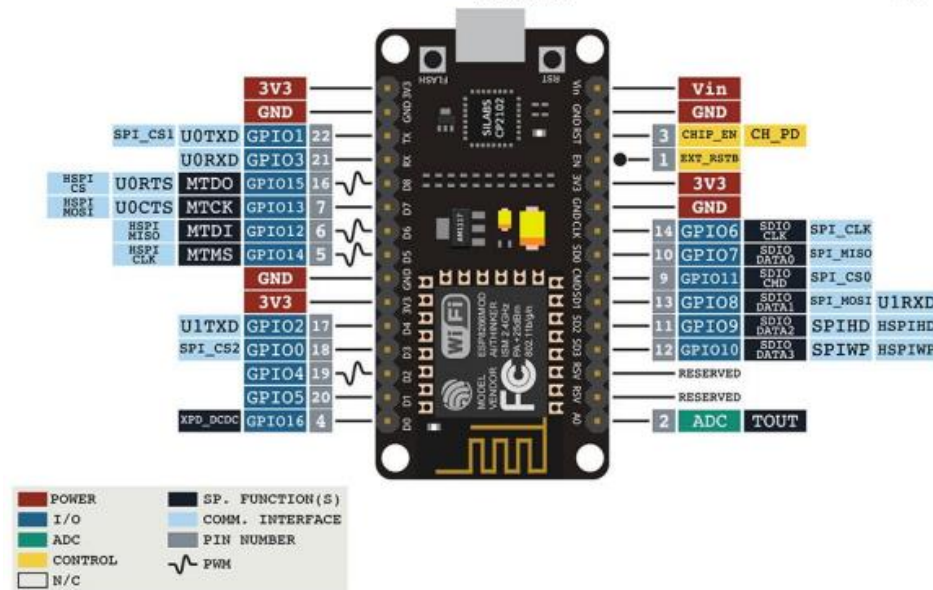


Figura 3(c). Configuración de pines del NodeMCU [27]

Entre sus características más relevantes es que es abierto, interactivo, programable, de bajo costo, simple, inteligente e incorpora la tecnología Wi-Fi. Nos permite el control de hardware mediante una API avanzada, consiguiendo una reducción del trabajo de configuración y manipulación hardware mediante lenguaje Arduino.

El SoC ESP8266 cuenta con dos certificaciones importantes; la FCC (Federal Communications Commission) de los Estados Unidos de Norteamérica, y la CE (Conformité Européenne) del Área Económica Europea [28]. . La certificación FCC es un requisito para ciertos dispositivos eléctricos para poder ser comercializados en USA (Estados Unidos de América), mientras que la certificación CE es un símbolo de libre comercialización en Europa. Por este motivo, es frecuente encontrar este tipo de SoC dentro de productos comerciales, especialmente del campo de la automatización, domótica e IoT.

1.1.3.3. Interfaz Periférica Síncrona (SPI)

El protocolo de comunicación SPI (del anglosajón *Synchronous Peripheral Interface*) es un estándar de comunicaciones utilizado principalmente para la comunicación entre circuitos integrados electrónicos, permitiendo controlar casi cualquier dispositivo

electrónico que acepte los datos sincronizados por una señal de reloj, ya que es un protocolo síncrono [29], como se muestra en la *Figura 4*.

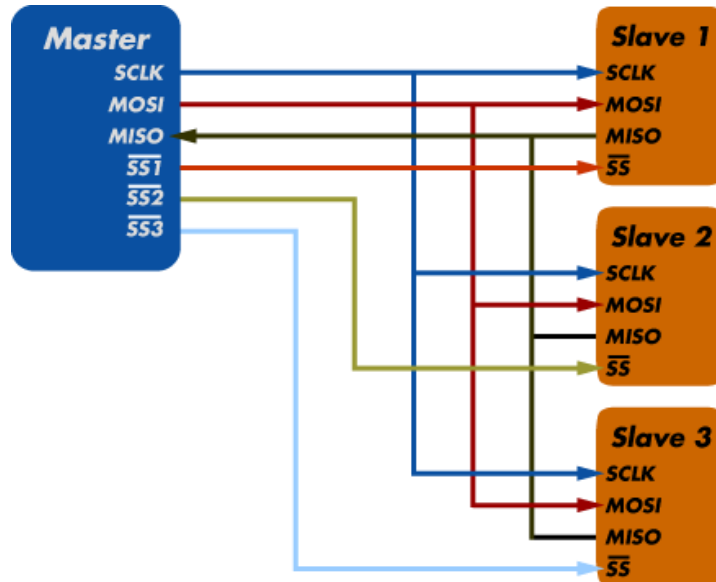


Figura 4. Estructura de las señales del protocolo SPI [29].

El prototipo del sistema propuesto tiene este protocolo de comunicación, ya que permite altas velocidades de transmisión (hasta 8 MHz en Arduino) y puede mandar secuencias de bit de cualquier tamaño, sin dividir y sin interrupciones.

Redes a bajo costo. Las redes de sensores inalámbricas se basan en dispositivos de bajo costo y bajo consumo que pueden obtener información de su entorno, localmente y comunicarla a través de enlaces sin un nodo central de coordinación. Los nodos actúan como elementos de la infraestructura enviando los mensajes transmitidos por más nodos al centro de coordinación [30].

Sensores inalámbricos. La red de sensores inalámbricos está formada por dispositivos distribuidos en el espacio que utilizan sensores para diversas condiciones en diferentes puntos, incluidos sensores de temperatura, sonido, vibración, presión y movimiento o

contaminantes. Los dispositivos son unidades independientes que constan de un microcontrolador, fuente de alimentación, transceptor de radio y un elemento sensor [31].

1.2. Antecedentes

En el ámbito de la gestión del transporte urbano en ciudades inteligentes varios trabajos han sido propuestos e implementados. Algunos de los más relevantes giran alrededor del uso de tarjetas inteligentes, sistemas de cobro automático del pasaje y la gestión de mecanismos de seguridad para brindar un servicio seguro al cliente. Las investigaciones analizadas han sido orientadas a la realidad ecuatoriana.

En primer lugar, la relación al uso de tarjetas inteligentes, Jiménez y Soto [32] propusieron el diseño de una matriz origen-destino de viajes mediante técnicas de muestreo estadístico en Pereira-Colombia, las cuales suelen requerir una implementación compleja y gran costo por las metodologías de levantamiento de datos. La recopilación de datos mediante tarjetas inteligentes ofrece las mismas posibilidades a un bajo costo. La metodología propuesta por los autores permite “depurar la base de datos teniendo en cuenta las particularidades del sistema, como las formas de ingreso, tipo de tarjeta, reventa de pasajes” entre otros datos. Así, para el presente estudio es válido considerar que el funcionamiento del sistema mediante tarjetas RFID, necesita también de un sistema de gestión que pueda caracterizar la demanda del servicio.

Por otro lado, en lo referente a los sistemas automático de cobro del pasaje en medios de transporte, Toapanta [33], propone la implementación de un prototipo de sistema para la recaudación electrónica del cobro de pasajes para el transporte urbano en la ciudad de Quevedo. Este sistema tiene como objetivo mejorar el servicio de recaudación, además de que permite que, se mantenga la transparencia total, tanto para los usuarios del sistema como para los inversores. Para la aplicación del sistema se consideraron tres alternativas: el uso de códigos de barras, bandas magnéticas o tecnología de RFID, siendo esta última la que presentó mayor factibilidad técnica. El diseño del sistema requirió de tres aplicaciones para integrar RFID, esto es, una para la gestión administrativa y lectura de las tarjetas, otra para la recarga de las tarjetas y consulta del saldo mediante una aplicación web, y otra para la gestión de la transferencia de datos del cobro de pasaje en línea.

En lo relacionado a la gestión de las comunicaciones usadas en sistemas para el cobro automático del pasaje, Portilla [34] realizó un análisis de comunicaciones y seguridades

en la implementación del cobro de servicios de transporte público mediante tecnología NFC basada en la plataforma de dinero electrónico del Ecuador. El estudio abarcó el diseño automático mediante tecnología NFC que interactuaba de forma directa con el sistema de dinero electrónico del Ecuador. Mediante este tipo de tecnología se propuso un sistema de pago seguro que se acopla a equipos celulares que cuentan con esta tecnología. Esto que reduciría los costos del sistema al no requerirse la elaboración de tarjetas.

De manera similar, Mantilla [35] propuso un sistema de cobro y recargas prepago mediante una interfaz hombre máquina (HMI) controlada por NodeMCU (Plataforma de *Internet of Things* de código abierto) basado en la tecnología de identificación inalámbrica. La autora investigó sobre diferentes tecnologías, tarjetas de desarrollo y lectores, inclinándose por las tarjetas NFC. Se diseñó un módulo de cobro, la interfaz de visualización, el servidor y un sitio web en donde se muestra las ganancias generadas de la unidad de transporte. El prototipo utiliza tecnología NFC debido a que es de corto alcance y maneja una frecuencia única de 13,56 MHz. En cuanto al NodeMCU [36] se lo escogió por tener integrado Wi-Fi. En este caso, es importante analizar y comparar la tecnología NFC frente a la RFID, además de las placas Arduino frente a la NodeMCU.

Finalmente, en otro estudio, Martín [37] propuso la automatización para el control de acceso mediante lectores RFID para zonas de acceso restringido, enfoque que puede adoptarse para un sistema de transporte. El autor menciona que la tecnología RFID es la que se adapta mejor a las necesidades de los potenciales usuarios de los controles de acceso. Como parte del sistema el autor propone el uso de torniquetes automáticos y antenas de recepción de radiofrecuencia, a más de las tarjetas RFID. El uso y su factibilidad técnica para el desarrollo e implementación de sistemas automáticos de cobro del transporte ha motivado para el uso de la tecnología RFID en el desarrollo del prototipo propuesto en esta investigación.

1.3. Bases legales

Dentro de las bases legales que deben tomarse en cuenta para el presente proyecto se estipulan la siguientes: Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial [38], Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial [39] y la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor [40].

En la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial [38] se menciona, en el artículo 201, que entre los derechos de los pasajeros del transporte público está el ser transportado con un nivel adecuado de servicio a una tarifa correspondiente; esto es, que el servicio sea de calidad y que el pago sea justo. Con el presente proyecto se busca mejorar la eficiencia y calidad del servicio, no solo promoviendo una forma diferente en el cobro, sino, mediante la gamificación, mejorar la conducta del pasajero. Además, en el Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial se establecen los parámetros para el funcionamiento de las diversas modalidades de transporte público. Sin embargo, en ninguno de estos instrumentos se hace mención alguna a temas relacionados con la automatización.

Además, se ha considerado tomar en cuenta la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor [40], por tanto, cualquier iniciativa debe tomar en cuenta los derechos del consumidor establecidos en el artículo 4, relacionados con la protección a su integridad, a la calidad de los bienes y servicios, a recibir información adecuada y oportuna; entre otros.

Por último, se puede mencionar a la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador [41], misma que se ha considerado en el desarrollo del proyecto de manera que se han empleado herramientas hardware y software de licencia libre. Principalmente, se ha optado por software de código abierto lo cual tampoco incurre en costos asociados por el pago de licencias.

2. METODOLOGÍA

2.1. Descripción espacial

El proyecto se realizó tomando como base la realidad del sistema de transporte público de la ciudad de Esmeraldas. Por ello, el espacio geográfico sujeto a estudio corresponde a toda la ciudad. No obstante, los sistemas de cobro automático estarían ubicados en las unidades de transporte público que operan en esta ciudad. Es importante señalar que para el presente estudio se consideró solo la realización de un prototipo del sistema para el cobro del transporte urbano por lo que no se realizó implementación en ninguna de las cooperativas que operan en dicha ciudad.

Sin embargo, las cooperativas proporcionaron información útil para conocer su forma de operación. Esta información, en conjunto de información bibliográfica y sitios webs de las cooperativas fueron usadas como datos para el desarrollo del proyecto. Por ejemplo, se pudo constatar que las diferentes cooperativas cubren varias rutas en la ciudad, tales como el centro de Esmeraldas, Las Palmas, Tripa de Pollo, Nuevos Horizontes, Cananga, Vuelta Larga, Casa Bonita, El Gatazo, Judiciales, 15 de marzo, Puerto Pesquero y entre otros, y cuenta actualmente con cerca de 97 unidades de transporte urbano [42]. La limitante que no permitió la implementación del sistema propuesto en una de las cooperativas de transporte público de la ciudad se debe a que su implementación requería gestiones administrativas y éstas no aseguraban que los propietarios de las cooperativas en cuestión inviertan para que el sistema opere en sus unidades. Aun así, el prototipo desarrollado es funcional en caso de que se requiera implementarlo.

La recopilación de información se llevó a cabo desde el 15 de mayo de 2020 hasta el 20 de ese mismo mes y año, tiempo en el cual se investigó a 2 de las cooperativas que conforman el transporte público de Esmeraldas.

2.2. Población y muestra

La investigación consideró como población sujeta a estudio las cooperativas de transporte públicos que operan en la ciudad de Esmeraldas. Dicha población corresponde a las 2

cooperativas que operan en dicha ciudad, esto es, La Cooperativa Las Palmas y la Cooperativa Alonso de Illescas. Además, como proceso analizado solo se consideró el proceso de pago del pasaje.

2.3. Tipo de investigación

El desarrollo del sistema de cobro automático basado en técnicas de gamificación se ha diseñado considerando a los usuarios del transporte urbano. Por esto, se llevó a cabo de una investigación que permitió conocer el punto de vista, las opiniones y necesidades de los usuarios que puedan ser resueltas mediante un sistema de cobro automático. En consecuencia, el estudio se calificó como descriptivo, mixto y experimental.

La investigación descriptiva permite de manera general, conocer “quién, dónde, cuándo, cómo y por qué del sujeto de estudio” [43]. En este sentido, el estudio fue de tipo descriptivo porque durante el proceso se ha recopilado información sobre quiénes son los usuarios del sistema de transporte urbano, dónde lo toman, en qué rutas, además de información sobre los problemas o necesidades que puedan ser resueltas mediante un sistema de cobro automático como el propuesto en este estudio.

Por otro lado, de acuerdo con el enfoque de investigación, el estudio desarrollado ha sido una investigación mixta puesto que ha abordado un enfoque cualitativo y cuantitativo. En la investigación cuantitativa los datos se midieron de forma numérica y fueron procesados mediante técnicas de la estadística descriptiva. Asimismo, la investigación fue de tipo cualitativa debido a que permitió obtener argumentos o razones que han dado respuesta a las interrogantes sobre cómo usar las tecnologías RFID y las técnicas de gamificación para el desarrollo de un sistema de cobro automático [43].

Por último, la investigación desarrollada fue de naturaleza experimental puesto que a partir del levantamiento de datos que se ha realizado para obtener información sobre el sistema de transporte de la ciudad de Esmeraldas, se validó en experimentos de laboratorio. A partir de las pruebas realizadas, se consideraron algunas de las especificaciones técnicas para el desarrollo del sistema de cobro automático basado en técnicas de gamificación.

2.4. Variables de análisis

Considerando que la investigación propuesta constituye un estudio de tipo cualitativo y cuantitativo, se plantearon un conjunto de variables a partir de las cuales se ha realizado el análisis de los resultados. Estas variables de análisis se describen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tal es el caso, que en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pudo determinar todas las variables que fueron sujetas a esta investigación; las mismas que se subdividieron en información del método actual de cobro, y método propuesto de cobro que incluyó el mecanismo de gamificación. En cada caso se determinaron un conjunto de indicadores de tipo cualitativo y cuantitativo, los cuales también son descritos en la Tabla 3.

2.5. Métodos de investigación

En este estudio se ha aplicado el método analítico-sintético. Dicho método inicia con el estudio de los hechos o del objeto de estudio, descomponiéndolo en partes para ser estudiadas de manera individual (análisis), de forma posterior, estos datos obtenidos se analizan de forma integral (síntesis) para llegar a un nuevo conocimiento [44]. Este método se ha aplicado al analizar el sistema de cobro de pasajes en diversos módulos, esto es, el dispositivo para realizar el pago del pasaje, el sensor para el cobro, los sistemas de recarga, entre otros. También se aplicó dicho método para analizar las necesidades del usuario en cuanto a intensidad del uso del transporte público, su opinión respecto al servicio y su percepción sobre los principales problemas en el cobro manual del pasaje.

Por otro lado, se empleó el método experimental, teniendo en cuenta que el método experimental es un conjunto de diseños de investigación que se valen de manipulaciones y tests controlados para poder explicar ciertos procesos causales. Normalmente, se manipulan una o más variables para establecer su influencia sobre alguna variable de tipo dependiente, dentro de la presente investigación se realizaron varios experimentos los mismos que fueron de laboratorio completamente permitiendo la experimentación formar u criterio de desarrollo y obtención de resultados de los mismos. En la *Tabla 3* se muestra las variables en que se sujetó el estudio en la investigación.

Tabla 3. Variables sujetas a estudio en la investigación.

Variables	Indicadores	Descripción	Tipo
Sistema de cobro automático	Dimensiones	Dimensiones que posee el instrumento	Cuantitativa
	Costos asociados	Costos de transporte	Cuantitativa
	Componentes hardware	Gabinete, monitor, motherboard, memoria RAM	Cualitativa
	Componentes software	Instrucciones para el desarrollo de la computadora	Cualitativa
	Eficiencia de cobro	Rapidez, eficiencia, eficacia, confiabilidad	Cuantitativa
	Usabilidad	Facilidad de uso por parte de los usuarios	
Modelo de gamificación	Modelo de gamificación	Desarrollo de nuevos modelos	Cualitativa
	Método de recompensa	Ganancias favorables	Cualitativa
	Eficacia del método	Rapidez estructural	Cuantitativa
Mecanismo de cobro actual	Proceso	Continuo	Cualitativa
	Limitaciones	Poca información y accesibilidad	

Elaborado por: El autor

2.6. Materiales

Dentro del prototipo del sistema que se diseñó se encuentran varios dispositivos o componentes hardware (Figura 5) con tecnologías y principios de funcionamientos diversos que fue necesario conocer antes de desarrollar el prototipo final. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

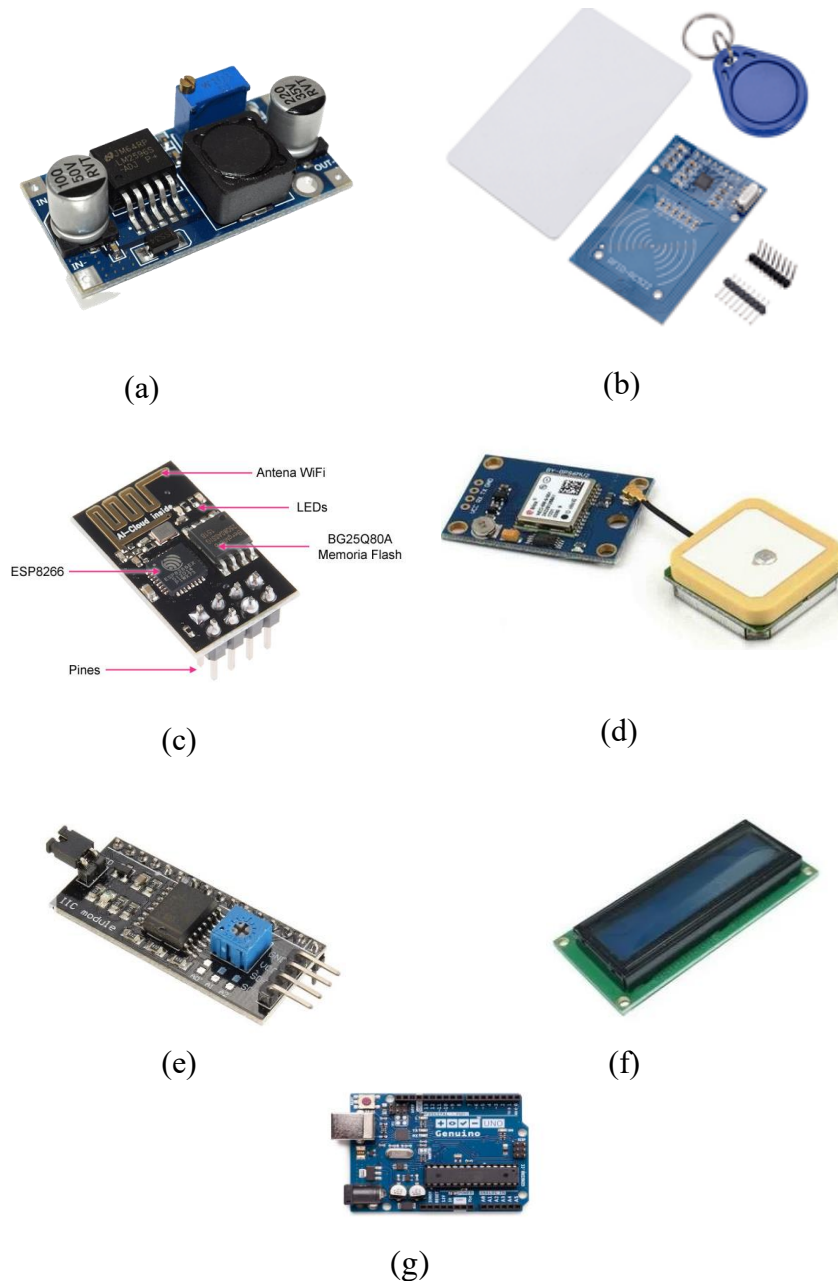


Figura 5. Tecnología empleada para el desarrollo del sistema. (a) módulo LM2596 [45], (b) módulo RFID RC522 y TAGS [46], (c) módulo ESP8266 Esp-01 WIFI [47], (d) Modulo GPS Neo-6m [48], (e) Modulo I2C, (f) Pantalla LCD 12c, (g) Arduino.

- **Módulo LM2596 (Regulador de voltaje):** Este circuito, ilustrado en la Figura 5a permite tener un voltaje regulado a partir de una fuente de alimentación con un voltaje mayor, para el uso con microcontroladores: Arduino, PICs, Raspberry Pi, fuentes variables, etc.
- **Módulo RFID RC522:** Este módulo se comunica por SPI, por lo que se puede implementar con cualquier microcontrolador con interfaz SPI, en este caso Arduino Uno. Su funcionamiento consiste en pasar un TAG, en este caso Tarjetas Mifare, cerca del lector RFID, el TAG envía la información al lector. Dicha información puede ser desde un simple código o todo un paquete de información guardado en la memoria del Tag 5b.
- **Módulo ESP8266 WIF:** Este módulo es un SOC autónomo con una pila de protocolo TCP / IP integrada que puede dar acceso a cualquier microcontrolador, en este caso al Arduino Uno, a una red WiFi. El módulo es capaz de alojar una aplicación o descargar todas las funciones de red Wi-Fi de otro procesador de aplicaciones [49]. Permite enviar toda información obtenida por el lector RFID a una base de datos en la nube. Ofrece una completa y autocontenida solución de conectividad Wi-Fi, permitiéndole trabajar como host de aplicaciones o descargar la carga de comunicaciones de otro procesador 5c.
- **Módulo GPS Neo-6m:** El sistema de posicionamiento global (GPS) utiliza las señales enviadas por los satélites en las estaciones espaciales y terrestres para determinar con precisión su posición en la Tierra [48]. El módulo receptor utiliza la comunicación USART para comunicarse con el microcontrolador (Arduino Uno). Recibe información como la latitud, longitud, altitud, hora UTC, de los satélites en forma de cadena NMEA (National Marine Electronics Association). Esta cadena necesita ser analizada para extraer la información que se quiere 5d.
- **Módulo I2C:** Este módulo para LCD permite la comunicación entre un Arduino o microcontrolador y un LCD16x2 por medio de I2C, lo cual facilita las conexiones a la hora de llevar a cabo cualquier tipo de aplicación. Este adaptador

permite administrar de una manera óptima la distribución de puertos ya que se pueden llevar a cabo la presentación de datos a través de solamente dos cables 5e.

- **LCD 2X16 con Backlight:** Pantalla matricial LCD de 2 líneas que tiene la capacidad de mostrar 16 caracteres - BL-1602 5f.

2.7. Técnicas de investigación

Como técnicas de investigación se utilizó la experimentación y la revisión documental/bibliográfica. En primer lugar, la experimentación se trata de una colección de diseños de investigación que utilizan la manipulación y las pruebas controladas para entender procesos causales. En general, esta técnica se aplicó para analizar la relación entre las variables sistema de cobro automático, comunicaciones inalámbricas y el modelo de gamificación integrado, todas ellas definidas en la *Tabla 3*.

En segundo lugar, la revisión bibliográfica es, principalmente, una modalidad de trabajo académico para elaborar artículos científicos y trabajos de investigación. El objetivo principal de esta técnica es recopilar información ya existente sobre un tema o problema. Por ello, en esta investigación en particular se aplicó esta técnica con el propósito de identificar los casos de éxito de sistemas similares al propuesto en países que ya han implementado este tipo de sistemas en sus servicios de transporte público o privado. Además, la revisión bibliográfica permitió conocer las bases de las tecnologías RFID y las bases conceptuales de la gamificación aplicada en el servicio de transporte.

2.8. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos empleados en esta investigación estuvieron principalmente orientados a levantar datos sobre los principales sistemas de cobro automático de pasajes implementados en ciudades desarrolladas que se encontraban documentos de forma científica, del funcionamiento del sistema propuesto y del actual sistema de cobro implementado por las cooperativas de transporte de la ciudad de Esmeraldas.

Para identificar algunas buenas prácticas de sistemas de cobro automático del pasaje en países desarrollados se empleó la revisión bibliográfica y con ello, se empleó un instrumento que determinó entre otros aspectos, el protocolo de búsqueda científica seguido, así como, una ficha nemotécnica en la que se especificaron las principales características de los sistemas de cobro de pasaje automático, investigados. Esta ficha se ilustra en el Anexo 1.

Cabe destacar que los instrumentos realizados en este estudio, fue principalmente la observación directa, la misma que permitió acoger ideas empíricas, esta se la realizó previo al desarrollo y planteamiento de la metodología; pues tuvo el objetivo de recolectar información previa y oportuno para el posterior desarrollo investigativo. Posteriormente, se utilizó la revisión bibliográfica, la misma que permitió respaldar el desarrollo del presente estudio; con el objetivo de experimentar en el prototipo, en base a la información recopilada; luego, se realizó una correlación entre los países que cuentan con un sistema de ciudades inteligentes como: Holanda, Londres, Tokio; con el objetivo de controlar el funcionamiento del prototipo; y finalmente, se procedió a una tabulación de datos que permitieron arrojar los resultados del presente estudios.

2.9. Técnicas de procesamiento y análisis

El procesamiento de la información se lo realizó de la siguiente manera: en el caso de la experimentación del prototipo se comprobó que el prototipo tenía un buen funcionamiento y pudo cumplir con las normas establecidas en una gamificación en movilidad y transporte, la misma que ayuda al diseño del sistema de gamificación y de sus recompensas. Los datos fueron corroborados luego de poner en operación el prototipo en laboratorio.

Dentro de la presente se ha hecho uso de la estadística descriptiva de manera que la información que se obtuvo de la correlación entre dos variables que aporten de la mejor manera al proyecto. La experimentación y la correlación se adjuntan como Anexo 1 y Anexo 2.

2.10. Normas éticas

El estudio fue desarrollado en el marco del Reglamento de Grados de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, mantenido coherencia con las buenas prácticas académicas (respeto de la propiedad intelectual), y los valores éticos y morales vigentes en la sociedad ecuatoriana.

3. RESULTADOS

En este capítulo se presenta la comparación de los sistemas de cobro automático de tres ciudades en el mundo, y en base al análisis de la tabla de comparación, se propuso un sistema de gamificación para el prototipo propuesto. Se analizó el comportamiento del prototipo, y así se pudo comparar el sistema de cobro manual y automático (prototipo).

3.1 Sistemas de cobro automático en producción

Las herramientas de cobro de dinero automático actualmente se han visto envueltas más en el cobro electrónico para hacer que las actividades principales como la adquisición de bienes y servicios a las personas, de manera que sean mucho más fáciles, es decir, ahorren tiempo más accesibles para todos, sin que las tecnologías emergentes introducidas sean poco usable y accesible para aquellas personas como los adultos mayores o personas que no saben leer y escribir. En esta línea, se han planteado actividades de desarrollo profesional de utilidad para el cobro de pasajes, de manera que sean mucho más fáciles de usar y se implementen de la mejor manera [50].

Dentro de los sistemas de cobro existen varios beneficios para aquellas personas que hacen uso de ellos de manera que aporten una forma más confiable de asegurar su bienestar como lo es la verificación de la autenticidad de billetes y monedas en sus distintas denominaciones, una caja sin descuadres con un recuento automático inmerso dentro de la misma, permite agilidad en los cobros reduciendo las colas de espera, elimina errores de cobro, registro de rutas y tiempos de mayor uso, y cambio de efectivo; beneficiando a aquel que hace uso del mismo [51].

Este tipo de sistemas son muy comunes en ciudades de países desarrollados que con el pasar de los años han invertido en sistemas que apoyan el desarrollo de ciudades inteligentes. A continuación, se describen algunos casos del funcionamiento de sistemas de cobro automático para el transporte público a nivel internacional. Se tomaron como casos de análisis un sistema implementado en Londres, Corea y Holanda. En la Tabla 5, se presenta compara los sistemas Oyster Card, T-Money y OV-Chipkaart, todos ellos, implementados respectivamente en las ciudades previamente especificadas. Los resultados del análisis han servido para desarrollar el sistema propuesto.

Tabla 4. Comparativa de los sistemas de cobro de pasaje automático: Oyster Card (Londres), T-money (Corea) y OV-chipkaart (Holanda)

Aspecto	Oyster Card (Londres)	T-Money (Corea)	OV-Chipkaart (Holanda)
Definición	Es una especie de tique electrónico que se usa en los servicios de transporte público dentro de Londres.	Es una serie recargable de tarjetas inteligentes y otros dispositivos "inteligentes" que se utiliza para el pago de las tarifas de transporte en y alrededor de Seúl y otras áreas de Corea del Sur.	La OV-Chipkaart es un sistema de pago único válido para el transporte público de Ámsterdam y de toda Holanda. Se trata de una tarjeta recargable, fácil de usar, que al llevarla siempre consigo no tendrá que preocuparse por la compra de boletos individuales.
Características	Al comprar esta tarjeta no hace falta elegir para qué zonas de transporte te hace falta, si no que puedes utilizarla para todas las zonas de transporte de Londres sin problema, y el precio se calcula según el trayecto.	Ahorra tener que comprar boletos de un solo viaje cada vez que viaje en tren; pues ofrece un descuento de ₩ 100 (alrededor de \$ 0.1) en las tarifas regulares de metro y autobús.	Entre los dos tipos de tarjeta que dispone este sistema, la que más se puede resaltar es la Anónimo OV-Chipkaart, ya que es más barato al usarlo y se puede utilizar en cualquier transporte público del país. Cualquier persona la puede usar.
Beneficios	Es un boleto electrónico específico para el pago de transporte; es reutilizable. Se recarga en máquinas expendedoras o en las tarjetas Oyster estándar si registra la tarjeta	Puede usar la tarjeta T Money para comprar una botella de agua en Busan, o pagar un taxi en la isla de Jeju y mucho más. Esta tarjeta se la adquiere en los locales de 7-Eleven en las principales zonas turísticas de Seúl.	Es una tarjeta específica para el uso del transporte público holandés; es reusable. Esta tarjeta se la puede adquirir en máquinas expendedoras de boletos del transporte público, aeropuerto y otros proveedores de transporte, o en caso del tipo de tarjeta personal, se la puede adquirir online.

Tipo de tecnología	Es una tarjeta inteligente sin contacto (RFID), con un rango de proximidad de alrededor de 8 centímetros	Utiliza tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID),	Es un sistema de tarjetas inteligentes que funciona con un chip RFID integrado (tecnología sin contacto).
Pagos	Puede utilizar tarjetas bancarias propias con sistema sin contacto como si fuesen una Oyster Card; y la tarifa no cambia	No aplica	No aplica
Descuentos	Si son adultos mayores de más de 60 años y son residentes de Londres; el viaje es gratis. Los niños menores de 11 años pueden viajar gratis en el metro de Londres	30% de descuento en el boleto de pasaporte diario. 30% descuento en boleto de admisión Everland, entre otros.	La OV-Chipkaart Personal da derecho, de forma automática, a un descuento para los niños de 4 a 11 años y a los adultos mayores de 65 años. La OV-Chipkaart Anónima no permite las tarifas reducidas o la tarificación especial.
Tipo de tarjeta	La tarjeta es gratuita, pero debe pagar una fianza; y es prepaga.	Es una tarjeta prepaga.	Es una tarjeta prepaga.
Extra	No aplica	Diseño por escoger	No aplica
Ventajas	- Con la Oyster Card siempre se cobrará la tarifa más barata que existe en el trayecto que esté realizando	- Utiliza tecnología de identificación por radiofrecuencia - T-Money es una tarjeta prepagada que puede usar para pagar sus tarifas de transporte en Corea del Sur. Da un	- Se puede comprobar en línea, a todo momento, los detalles de su viaje. - Se evitan las colas para la compra de billetes en la estación.

	<ul style="list-style-type: none"> - Si un usuario tiene poco saldo y has hecho varios viajes, puede continuar viajando, aunque se termine, se te acumulará un saldo negativo que se cobrarán en la siguiente recarga - Aunque la tarjeta Oyster Card es gratuita, se debe pagar una fianza de £5, que te devuelven al darla de baja - Se puede usarla para todo tipo de transporte 	<p>descuento cada vez que tome el autobús o el metro</p> <ul style="list-style-type: none"> - También puede usarse en tiendas selectas, como Starbucks, Gong Cha, Lotteria y lalavla. - El precio de una tarjeta T-Money es de alrededor de ₩ 2,500-4,000 o \$ 2-3. Es más barato comprar uno en el Aeropuerto Internacional de Incheon o en tiendas de conveniencia como CU, 7-Eleven o GS25 - Permite elegir un diseño que más guste al usuario 	<ul style="list-style-type: none"> - Se puede viajar en autobús, tranvía, metro y trenes sin necesidad de comprar billetes específicos
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Esta tarjeta es unipersonal, es decir, que solo la puede utilizar una persona por trayecto, ya que las penalizaciones y multas de la Oyster Card por el uso indebido de la tarjeta son caras - No se puede usar la tarjeta Oyster, en el tren Heathrow Express - La gran desventaja para el turista extranjero es que el reembolso se recibe en un cheque en libras esterlinas 	<ul style="list-style-type: none"> - Al estar disponible en la aplicación móvil es propenso al robo de información 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo elevado - Es capaz de registrar todos los viajes de transporte público realizados, generando preocupación por la privacidad - Los grupos grandes que viajan juntos deben comprar tarjetas separadas y todos los registros de entrada y salida individuales - Si no tienen un boleto o no se ha registrado, se enfrentan a una multa estándar

Fuente: [52].

En la Tabla 4, se compara algunas características del sistema de pago de tarifas del transporte público de tres ciudades, en este caso, Londres, Seúl y Ámsterdam. Los tres sistemas usan tarjetas inteligentes sin contacto, es decir, usan tecnología con chip RFID. Con las tres tarjetas se puede pagar la tarifa del transporte público, pero la tarjeta T-money de Corea del Sur tiene un beneficio adicional y es que con la tarjeta se puede comprar en tiendas selectas y hasta pagar un taxi en ciertas ciudades del país. Por otro lado, una de las principales ventajas del sistema de Londres es que se puede utilizar tarjetas bancarias propias del usuario con sistema sin contacto como si fuesen una Oyster Card para pagar la tarifa del transporte público.

En el caso de tarifas reducidas o la tarificación especial, en los tres sistemas tienen este tipo de tarifas en diferentes aspectos, como descuentos a niños y adultos mayores (en el caso de Londres, los niños menores de 11 años y adultos mayores de más de 60 años viajan gratis) o descuentos en específicos viajes. Las tres tarjetas son prepagadas. En Corea del Sur te dan la libertad de escoger el diseño de tarjeta que desees sin importar el tipo de usuario.

Los sistemas analizados OV-Chipkaart, Oyster y T-Money, aportan soluciones innovadoras para que la experiencia en el transporte sea una de las mejores, rápidas y sin limitantes, eminentemente son más las ventajas que las desventajas que se han podido encontrar, entre las principales el ahorro de tiempo, dinero, y el uso de nuevas tecnologías de información y comunicación. Se recomienda implementar algunas de estas nuevas ideas para dinamizar el uso de la tecnología en Ecuador, aplicando nuevas medidas que conlleven al desarrollo económico, social y tecnológico.

3.1. Sistema propuesto

3.1.1. Modelo de gamificación

Teniendo en cuenta que el sistema de gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos, ya sea al ámbito educativo o al profesional, con el fin de conseguir motivar a los usuarios a usar los sistemas aplicando estrategias generalmente aplicadas en los juegos.

Un sistema de transporte urbano tiene el objetivo de trasladar de un lugar a otro a las personas, por lo que, se considera como fundamental para la movilidad humana [53].

Dos aspectos importantes relacionada con este tipo de sistemas automatizados o no automatizados son las formas de pago y los sistemas de cobre. Ambos se describen a continuación:

Formas de cobro

- *Tarifa plana:* es muy beneficiosa para las personas que recorren grandes distancias, no obstante, para quienes recorren tramos cortos no les beneficia.
- *Tarifa zonal:* este tipo de tarifa se establece acorde a las distancias recorridas.

Sistemas de cobro

- *Directo con moneda:* es el pago al conductor.
- *Electrónico:* su forma de pago es con tarjetas electrónicas.
- *Servicio mixto:* Se utilizan las dos formas de pago ya sea directo o con moneda.
- *Sistema de recaudo:* Administran bienes económicos recolectados por el transporte urbano.

En la **Figura 3** se presenta el componente principal, mecánicas y las dinámicas que se harán uso en el desarrollo del sistema de cobro automático gamificado, propuesto en este estudio.

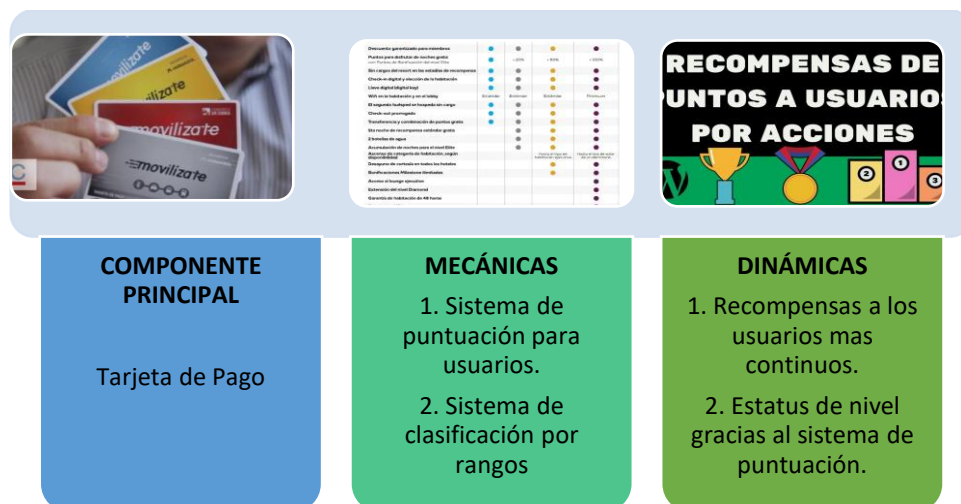


Figura 3. Metodología del Sistema de Gamificación.

Elaborado por: El autor

Se utilizó una metodología en la cual se motiva, se premia y se puntúa al usuario que lleve un uso continuo de la tarjeta de cobro. A continuación, se describe el objetivo del modelo de gamificación, comportamientos, las técnicas de gamificación y sus actividades correspondientes.

Etapa 1: Objetivos. Crear un mecanismo que incentive a los usuarios del transporte urbano a usar tecnologías emergentes asociadas al pago del transporte público con el sistema automatizado de tarjeta en ciudades inteligentes.

Etapa 2: Nuevo comportamiento. El uso de tecnologías emergentes contribuye a mejorar la calidad de los usuarios del transporte público. El sistema de cobro del transporte público mediante tecnologías de identificación por radiofrecuencia permite en términos generales: agilizar y automatizar los procesos para el servicio del transporte, apoyar a la eficiencia y dinamiza la atención al usuario y digitalizar la información y apoya al uso de dinero electrónico.

Etapa 3: Seleccionar técnicas de gamificación. Mecánicas y dinámicas. Para el sistema de gamificación del presente proyecto, se acoge a una metodología de recompensa por consumo; con lo cual se pretende premiar a los clientes que tengan mayor consumo en cuanto a la utilización de la tarjeta; por lo que para mayor detalle se muestra la **Figura 3. Metodología del Sistema de Gamificación.**

Etapa 4: Tipo de actividades. En la Tabla 5 se presentan las diferentes actividades de mecánicas y dinámicas enmarcadas en un sistema de puntos, niveles, premios, bienes virtuales y sistema de clasificaciones, con las dinámicas de recompensa, estatus, auto expresión, competición y altruismo.

Tabla 5. Tipos de actividades

Mecánicas	Dinámicas
<p>Sistema de puntos por nuevas rutas Este sistema puntúa al usuario en base a la frecuencia con la que usan la tarjeta, el número de rutas que usan y las nuevas rutas que adquieren.</p>	Recompensa
<p>Niveles: Umbrales cumplidos a través de los puntos conseguidos.</p>	Estatus

<p>Premios: Acreditaciones por bonos recibidos según el puntaje se creará un sistema de rangos el cual premiará a los usuarios según el nivel de su rango.</p> <p>Bienes virtuales: Se expresa la individualidad.</p>	Autoexpresión
<p>Sistema de Clasificaciones: Existirá una comparación con los demás usuarios para distinguirse.</p> <p>Desafíos: Competiciones por las rutas buscadas, entre los usuarios.</p> <p>Retos: Enfrentar algo planeado.</p>	Competición
<p>Regalos: Ofrecer rutas gratuitas.</p>	Altruismo

Fuente: [7].

A continuación, se describen algunas técnicas, mecánicas y dinámicas para aplicar la gamificación utilizando y aprovechando la tecnología RFID con el fin de proporcionar características lúdicas al prototipo del sistema. Dentro de estas propuestas se hace énfasis en la identificación de los objetivos transversales para lograr la motivación intrínseca que se desea al usar el sistema de cobro automático.

Las estrategias y técnicas de aplicación están basadas principalmente en el esquema de un prototipo de un sistema de cobro automático basado en tecnología RFID como el principal medio de conexión del usuario. Estas estrategias de aplicación tratan de estructurar una metodología base para la evaluación continua del pasajero. En ella, mientras el pasajero hace uso del sistema basado en técnicas gamificadas para lograr el pago de su pasaje, de forma implícita, los progresos, frecuencia de uso, nivel de adaptación, rutas más transitadas, resolución de desafíos serán el proceso constante para la obtención de resultados tanto parciales como totales, los cuales el gerente de la cooperativa de transporte podrá observar en todo momento y así podrá tomar decisiones futuras.

Seguidamente, se presentan una descripción de las técnicas a usar para este prototipo del sistema:

- **Obtención de la tarjeta inteligente:** Para incentivar a los usuarios para que adquieran las tarjetas RFID y puedan usar así, el sistema de pago del pasaje se recomienda que el valor de la adquisición de la tarjeta sea de \$1.50 con opción a 2 pasajes a usuarios normales y 3 a estudiantes, discapacitados y tercera edad.
- **Descuento:** Al hacer uso de la tarjeta inteligente para pagar el pasaje del transporte urbano se hará un descuento del 5% del valor normal que se paga con el sistema de cobro manual.
- **Acumulación de puntos:** Cada vez que el usuario haga el uso de la tarjeta RFID ganará 5 puntos que se irán acumulando a medida que se vaya usando y cuando el usuario logre una cierta cantidad de puntos se hace acreedor de premios, descuentos y ofertas dependiendo en qué rango de puntos esté ubicado.
 - Usuario junior (40 puntos): El usuario tendrá un 30% de descuento en su siguiente pasaje a un usuario normal y 50% a estudiante, discapacitado y tercera edad, aparte del descuento del 5% por hacer uso de la tarjeta.
 - Usuario bronce (80 puntos): pasaje gratis.
 - Usuario plata (120 puntos): 2X1, ingresan 2 personas y paga 1.
 - Usuario oro: (180 puntos): Uso de la tarjeta gratis por un día.
 - Nota: Los puntos vuelven a cero cada mes.
- **Ofertas:** Los usuarios oro podrán acceder a ofertas de tarjetas diarias, mensuales y anuales.
- **Tarjetas personalizadas:** Cada vez que el usuario obtenga un rango, obtendrá pegatinas gratis dependiendo el rango obtenido para personalizar su tarjeta. Este es un modelo que puede ser dinámico para que el sistema sea siempre novedoso para los usuarios y se adapte a temporadas especiales como festivos, cambios en normativas, entre otros.

3.1.2. Tecnología hardware

3.1.2.1. Diseño del prototipo

En la Figura 7 muestra el diagrama de bloques del prototipo del sistema. Como microcontrolador se utilizó el Arduino Uno que permitió la integración de varios

componentes o módulos para poder realizar el prototipo. La placa contiene su fuente de alimentación y su regulador de voltaje (Módulo LM2596).

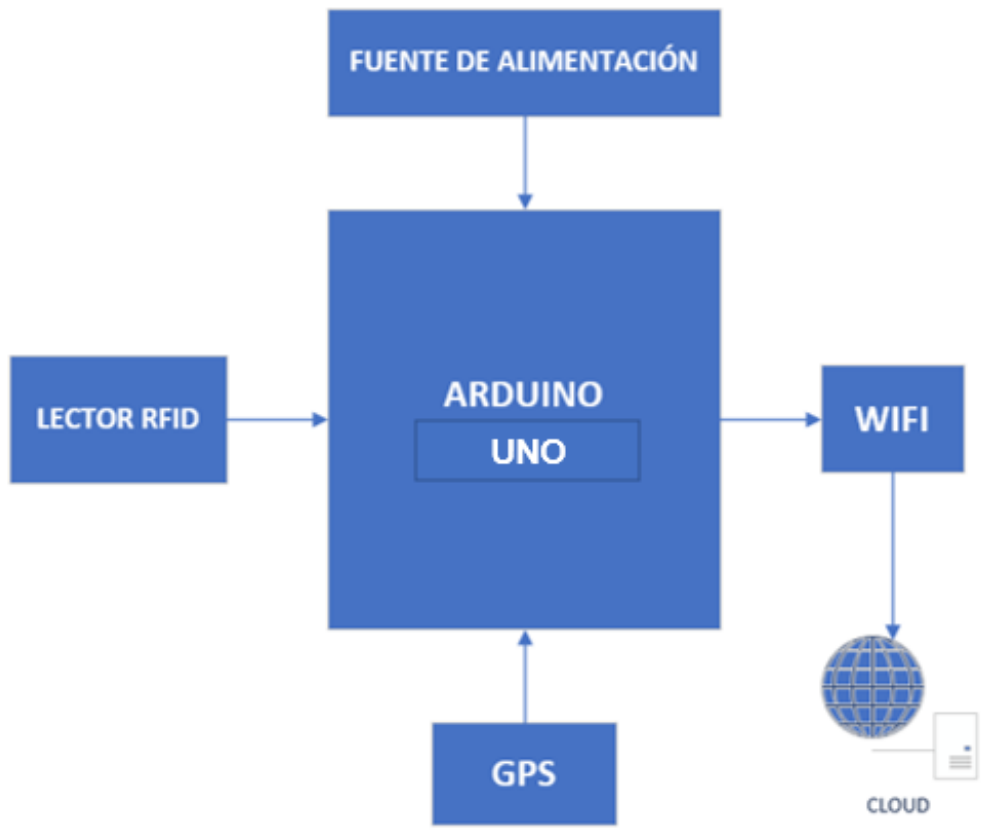
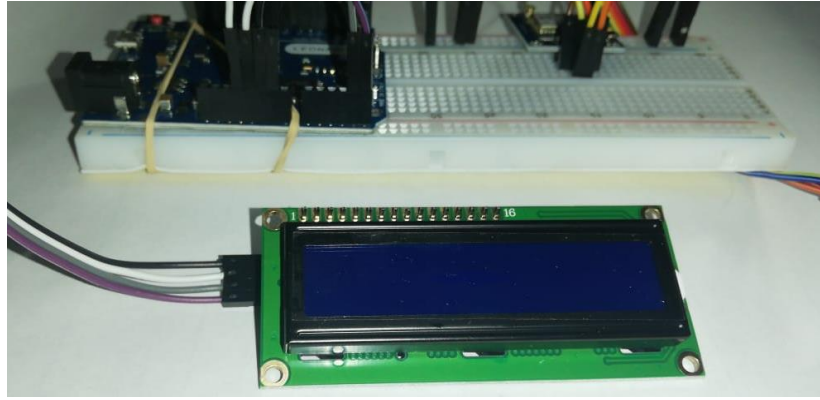
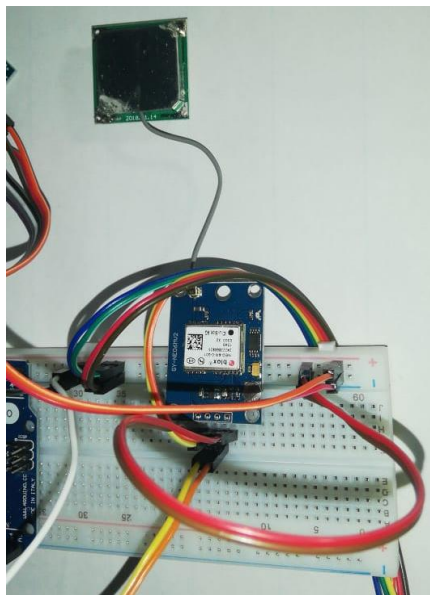


Figura 7. Diagrama de bloques del prototipo del hardware del sistema.

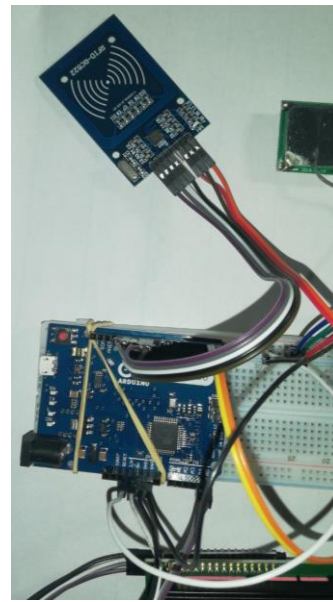
La tecnología RFID consta de dos componentes, etiqueta RFID y lector RFID, para esta tecnología se utilizó el módulo RFID RC522 cuyo funcionamiento consiste en pasar un TAG, en este caso Tarjetas Mifare, cerca del lector RFID, el TAG envía la información al lector, es decir, que este módulo permite receptor el cobro de la tarifa del pasaje y realizar la recarga. Dicha información contiene información del pasajero como nombre, cédula, edad y tipo de usuario. Para visualizar que los pagos de la tarifa de los pasajes se realizan correctamente se utilizó una pantalla LCD 2X16 con Blacklight, ésta también permite visualizar el saldo que cada pasajero dispone en su tarjeta. Dicha pantalla se muestra en la Figura 8.a.



(a)



(b)



(c)

Figura 8. Prototipo del sistema de cobro automático. (a) Pantalla LCD, (b) Módulo GPS, (c) Módulo RFID.

Para obtener la información de las coordenadas de la ubicación (latitud, longitud, altitud, hora UTC) de donde cada pasajero toma el autobús, se utilizó el módulo GPS Neo-6m. Este módulo permitió obtener dicha información para conocer los lugares más frecuentes que usan los pasajeros el transporte urbano. El módulo usado y conectado al dispositivo hardware creado se muestra en la Figura 8.b.

Toda la información obtenida por los módulos GPS y RFID es enviada al microcontrolador (Arduino Uno) y esta información es enviada a un servidor (CLOUD)

a través de un módulo Wifi, en este caso, se usó el modulo ESP8266 WIFI. Su forma de conexión en el prototipo hardware se ilustra en la Figura 8.c.

Este servidor registra todos los cobros realizados y las coordenadas de los lugares donde los pasajeros toman el transporte urbano, también este servidor está conectado a una Web donde se puede visualizar la información de los pasajeros y lugares más frecuentes donde toman el transporte, de igual manera se puede realizar la recarga de las tarjetas de los pasajeros y ver sus saldos disponibles.

El circuito completo del sistema, una vez se integraron todos los componentes electrónicos se muestra en la Figura 9.

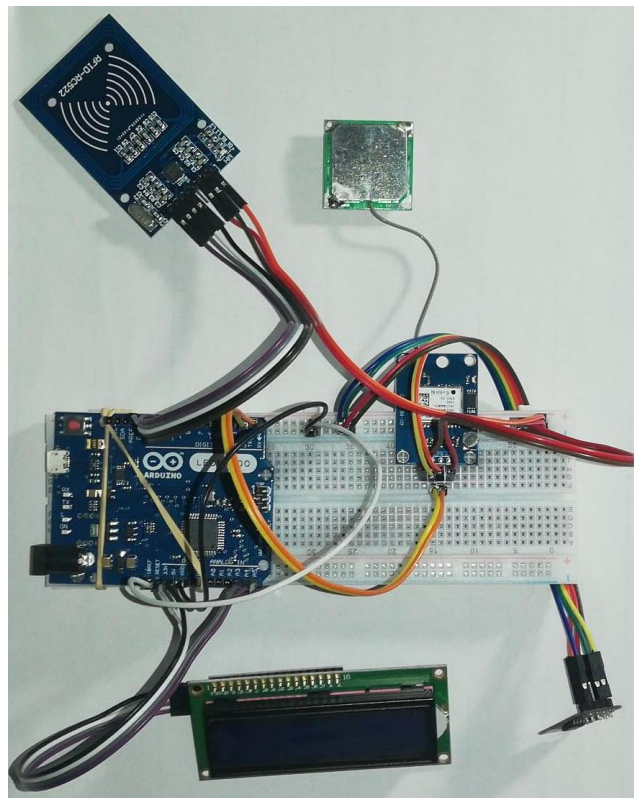


Figura 9. Vista del prototipo del sistema de cobro automático

Este prototipo consta de un lector RFID que se utiliza para identificar al pasajero, una unidad de control que utiliza la base de datos para monitorear factores como el saldo de la cuenta y la recarga del boleto. El sistema también incluye GPS para encontrar las rutas de embarque más usadas por los pasajeros.

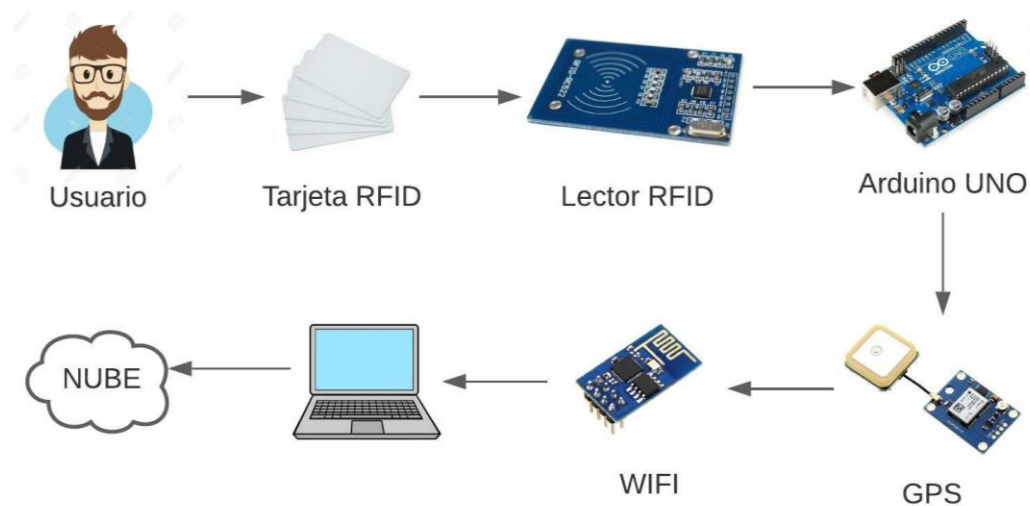


Figura 10. Infografía del sistema RFID

Un sistema RFID consta de un tag (etiqueta), básicamente de un lector con una antena. La mayoría de las etiquetas RFID contienen al menos dos partes, una es un circuito integrado para almacenar y procesar información, modular y demodular una señal de radiofrecuencia (RF). La segunda es una antena para recibir y transmitir la señal. El pasajero que ingresa al autobús deseado debe colocar la etiqueta RFID frente al lector. Cuando la etiqueta se coloca antes del circuito del lector, la etiqueta se activa y el lector lee los datos digitales únicos detrás de ella. Por lo tanto, la etiqueta revela información relevante para el circuito lector. El circuito lector almacena esta información en su memoria interna temporalmente y también se vincula al sistema de base de datos común que tiene todos los detalles del pasajero en particular (verifica la identidad de la persona).

Habiéndose vinculado con el sistema de base de datos común, también verifica si el pasajero tiene saldo suficiente en su cuenta para el viaje. Solo una persona con un saldo mínimo de cuenta e identidad verificada podrá viajar en el autobús, lo que garantiza un sistema de transporte seguro y confiable. Es importante señalar que el pago del pasaje también se puede realizar al conductor del autobús, pero a un precio estándar, generalmente mayor al que se pagaría si se usara la tarjeta. De forma gráfica, en la Figura 10 se muestra la forma en que los usuarios emplearían su tarjeta RFID.

El GPS se utiliza en diversos campos, como la navegación, el seguimiento y también en algunas de las aplicaciones de vigilancia. En el prototipo se utilizó el GPS para obtener la ubicación GPS de embarque de los pasajeros y almacenarlo en una base datos común.

Las tarjetas inteligentes pueden proporcionar identificación, autenticación, almacenamiento de datos y procesamiento de aplicaciones. Estas tarjetas pueden usarse como identificaciones de pasajeros. Cada pasajero lleva una tarjeta. La tarjeta tiene información como el número de identificación de usuario y el saldo disponible. Estas tarjetas pueden ser recargadas, de modo que el pasajero pueda usarlas una y otra vez. Combinando tecnología GPS, WIFI y estas tarjetas, se diseñó un prototipo de un sistema de cobro automático del transporte urbano. Este prototipo se implementa utilizando una etiqueta RFID que es recargable.

3.1.3. Software del sistema

3.1.3.1. Servidor y Web

En términos de software, el sistema propuesto consta de un servidor en el cual se definen las variables que se muestran en una página web que es de interés para los que brindan el servicio de transporte público urbano.

En el servidor web del prototipo se registran los datos de cobro, usuarios y coordenadas GPS del embarque del pasajero, recibidos del módulo Wi-Fi del prototipo para su visualización en la página web. Este gestor proporcionó las herramientas necesarias para la creación de la base de datos del sistema, así como el monitoreo y disposición de la misma, para ser conectada con otras de su misma clase o, en consecuencia, ser exportadas o aprovechadas por los gestores de desarrollo web que incorporan la herramienta. En la Figura 11 se muestra el diagrama de bloque de las acciones ejecutadas por el software desarrollado.

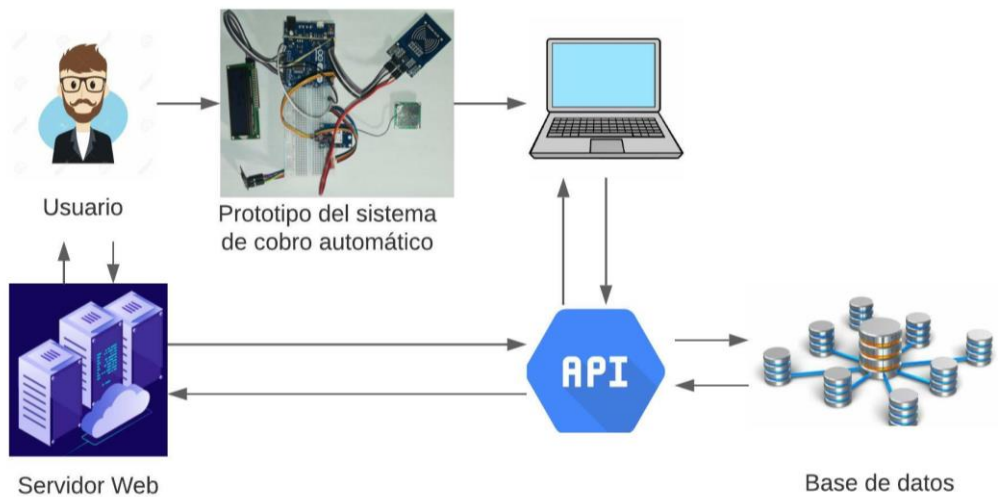


Figura 11. Arquitectura del software del prototipo del sistema.

En Figura 12 se muestra la interfaz de la página web del sistema, en donde los usuarios del sistema pueden registrarse y realizar las recargas de sus tarjetas.

Sistema de cobros de transporte

Registrar usuario

Número de tarjeta

Nombre

[Registrar](#)

Recargar tarjeta

Número de tarjeta

Monto inicial

[Recargar](#)

Figura 12. Interfaz de la página web del sistema.

En la Figura 13 se muestra el diagrama del funcionamiento del software del sistema, donde se indica los pasos para poder registrarse en el sistema y también poder recargar su tarjeta después de haberse registrado.

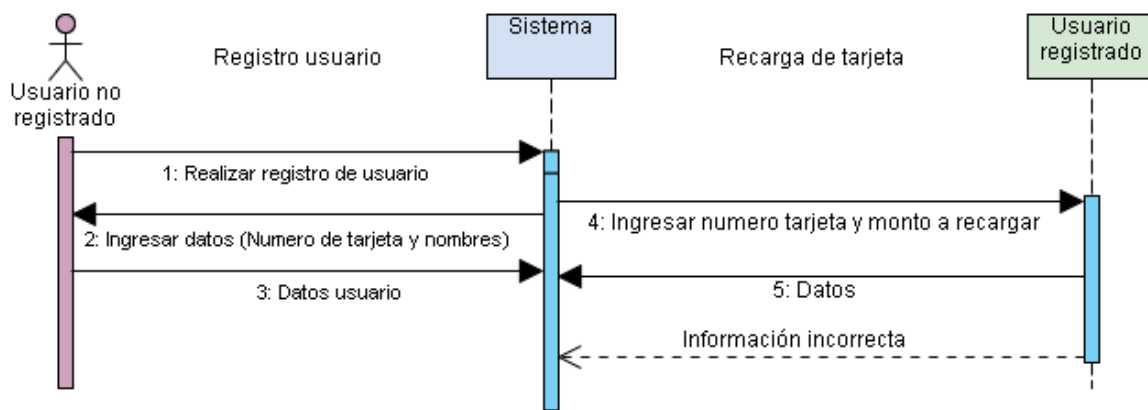


Figura 13. Diagrama de secuencia del registro de usuario y recarga de tarjeta.

En el siguiente enlace se presenta el repositorio del software del sistema de cobro automático: https://github.com/xavidj/tesis_

3.2. Evaluación del sistema de cobro manual

Se realizó un estudio en la ciudad de Esmeraldas en el cual se evaluó el tiempo que se demora un usuario del transporte público en hacer su pago en efectivo al abordar el autobús.

Tabla 5. Cronometraje de usuarios pago con efectivo en el centro de la ciudad de Esmeraldas.

Tipo de usuario	Cantidad de usuarios	Tiempo de transacción de pago
Adulto	4	24 segundos aprox.
Menor de edad	3	30 segundos aprox.
Tercera edad	2	32 segundos aprox.

Fuente: Elaboración propia en día laboral normal mayo 2021

Este estudio realizó en paradas conocidas del centro de Esmeraldas y no se tomó en cuenta el tiempo que tarda el usuario en subir al autobús, solo el que demora en hacer su pago.

3.2.1. Incidentes presentados

- Algunos usuarios se quedan sin abordar porque el autobús no puede estar detenido mucho tiempo.
- En ciertos buses el conductor desvía totalmente la atención de conducir por estar cobrando.
- Usuarios se quedan sin abordar por pagar con billetes grandes.

3.2.2. Comportamiento del prototipo

Para verificar el comportamiento del sistema y compararlo con el sistema de cobro manual de pasajes, se realizó pruebas de laboratorio. En la siguiente tabla 6, se presenta el tiempo de transacción que demora los usuarios de laboratorio del transporte público en hacer su pago con tarjeta en el centro de la ciudad de Esmeraldas.

Tabla 6: Cronometraje de usuarios del transporte público de pago y recarga con tarjeta RFID en el centro de la ciudad de Esmeraldas.

Tipo de usuario	Cantidad de usuarios	Tiempo de transacción de pago	Tiempo de transacción de recarga de tarjeta
Adulto	4	13 segundos aprox.	4 minutos aprox..
Menor de edad	3	10 segundos aprox.	6 minutos aprox.
Tercera edad	2	8 segundos aprox.	8 minutos aprox.

Fuente: Elaboración propia en día laboral normal mayo 2021

Si se llega a implementar este sistema de cobro automático en el transporte público de la ciudad de Esmeraldas se logrará erradicar el fraude por parte de los operadores como de los usuarios.

Con este estudio de laboratorio se puede concluir que un usuario del transporte público demora en realizar su pago con la tarjeta RFID 4 segundos aproximadamente y con efectivo 11 segundos aproximadamente, a continuación, en la Figura 14 se muestra una comparación del tiempo en el cobro manual con el cobro con tarjeta.

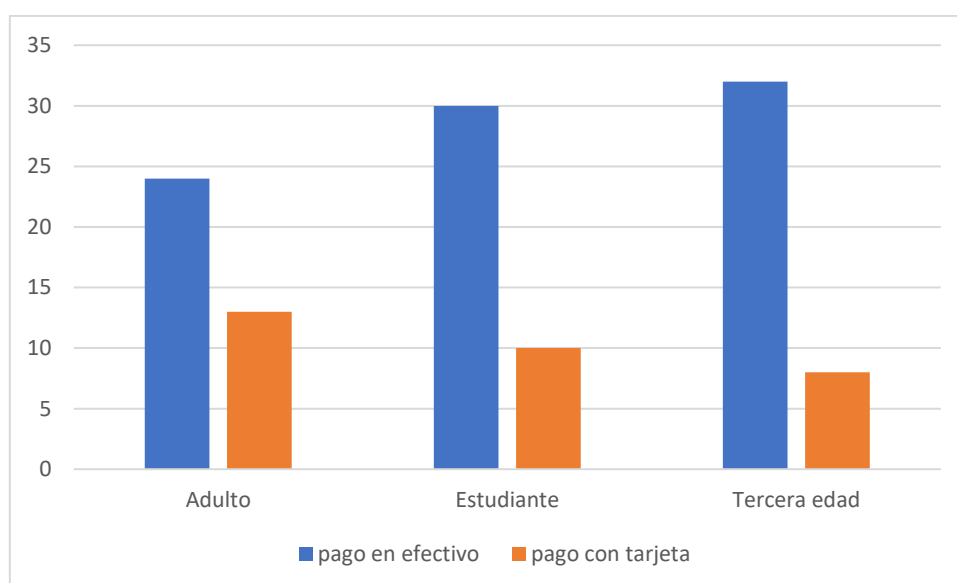


Figura 14. Comparativa de tiempo en segundos.

Como se muestra en la Figura 14, la implementación de este sistema de cobro automático impactaría de manera positiva en el transporte público de la ciudad de Esmeraldas, beneficiando mucho tanto a los operadores de los autobuses como los usuarios del mismo.

En lo que se refiere al tiempo de transacción al recargar la tarjeta, en la Tabla 6 se muestra los tiempos de cada usuario en realizar una recarga. En los tiempos hay que tomar en cuenta que la primera vez antes de realizar el uso de la tarjeta el usuario debe registrarse. Los usuarios estudiantes y tercera edad tornan a tener más tiempo ya que necesitan de ayuda de terceros para poder realizar el registro y la recarga.

4. DISCUSIÓN

Iniciar por un proceso automatizado del sistema de pago y cobro de pasajes es dar el primer paso a crecer y desarrollar al país, ya que las nuevas tecnologías están a la vanguardia del desarrollo de grandes ciudades y en base a estas experiencias podemos buscar implementarlas a nuestra realidad es así que, se desarrollaron diversos tipos de investigaciones con el fin de implementar este tipo de procesos automatizados para transporte público dentro de Latinoamérica y Europa, tal como lo menciona Jiménez y Soto [32] quienes presentaron como opción para Pereira en Colombia las tarjetas inteligentes RFID, que usaban técnicas de muestreo estadístico y depuración en base de datos, así también Toapanta [33] presentó un prototipo para la ciudad de Quevedo en Ecuador, en esta se menciona tres tipos de alternativas para la aplicación del sistema entre estos se encuentran las bandas magnéticas, código de barras o tecnología RFID. En dicha investigación se concluyó que la utilización de tecnología RFID era la más viable y presentaba mayor factibilidad técnica, Portilla en cambio presento en su análisis la posibilidad de utilizar la tecnología NFC la misma que se basa en el manejo de la plataforma de dinero electrónico ya implementado en Ecuador mediante el uso de equipos celular, algo parecido fue lo expuesto por Mantilla [35], la cual propuso un sistema de cobro y recarga prepago por medio del uso de una interfaz hombre máquina, la cual basaba su tecnología en identificación inalámbrica, con el uso de tarjetas NFC, así también Martín 2016 propuso en su investigación el uso de la tecnología RFID es la que se adapta mejor a las necesidades de los potenciales usuarios de los controles de acceso. Dentro del sistema se propone el uso de torniquetes automáticos y antenas de recepción de radiofrecuencia, adicional a las tarjetas RFID.

Una de las fortalezas del presente estudio radica en que es una propuesta que no está lejos de la realidad por lo que es totalmente factible su implementación. Dicha propuesta no ha sido la primera ya que en el año 2006 ya se buscó la implementación de esta tecnología en Quito mediante el uso de tarjetas; pero no tuvo éxito, pero. Por ello, en base a los errores y la retroalimentación es que uno supera y mejora; y cabe recalcar que la realidad nacional cambió totalmente en el presente año y debido a esto se busca la reactivación económica mediante cuidados óptimos y respecto a la salud. a la vez una debilidad de la propuesta podría ser el alto costo, pero al tratar de mejorar y automatizar sistemas de uso masivo se debe considerar como una inversión para la ciudad que llegaría a ser un activo y parte del patrimonio. Además, su implementación y buen manejo

administrativo por parte de las autoridades ayudaría para que la ciudad de Esmeraldas vaya introduciendo sistemas emergentes, ampliamente usados en ciudades inteligentes.

Es por esta razón que se usó la tecnología RFID en el desarrollo del prototipo propuesto en esta investigación, donde se encontró que, este tipo de automatizaciones generan un gran ambiente de estrategias que solucionan situaciones actuales mediante innovaciones con respecto al servicio de transporte público, que mejoran significativamente su desempeño como por ejemplo, la optimización de tiempo de los usuarios, evitar realizar largas colas por adquisición de tickets para pagos especialmente ayuda a que, la población sea más abierta en el uso de nuevas tecnologías y procesos que actualmente se evidencia con gran magnitud este requerimiento debido a que, la pandemia crea esta necesidad de mantenerse conectados y continuar con las labores cotidianas para impulsar la economía, que tan fuerte afecto a países a nivel mundial, es así que en este contexto se encontraron situaciones para las cuales no se había estado preparados, siendo una de estas el uso del transporte público y mediante este tipo de actualizaciones tecnológicas se podrán sobrellevar nuevos retos impuestos por la realidad actual y mantener nuestra visión en el desarrollo económico tecnológico y social del Ecuador.

Los resultados obtenidos del sistema fueron los esperados ya que se logró con el objetivo del proyecto, a pesar de que hubo momentos en que se complicaba la realización del sistema, como, por ejemplo, un dispositivo se dañaba y tocaba reemplazarlo, o un dispositivo no era compatible con el microcontrolador, pero a pesar de los contratiempos se pudo solucionarlos y terminar el prototipo propuesto.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El prototipo planteado ha permitido la utilización de técnicas de gamificación aplicándolas para desarrollar un sistema de cobro automático del pasaje en el transporte urbano; permitiendo que el propio sistema llegue a ser un motivante para usar el transporte público gracias a componentes como la acumulación de puntos, rankings y entrega de insignias. Además, la gamificación hace que el sistema no solo sea un sistema de cobro automático; sino que va más allá, llevando a la aplicación de distintas dinámicas como retos, competición, retroalimentación y recompensas, las cuales motivarían a los usuarios a optar por el uso de estas nuevas tecnologías emergentes. No se ha implementado el sistema en Esmeraldas; pero por experiencias de otras áreas como la educación y el uso de estos sistemas en países desarrollados; conlleva a concluir que podría tener un alto nivel de aceptación, principalmente porque los esmeraldeños les gusta participar en eventos cuando hay algo novedoso.
- El proceso de cobro de pasaje que se usa en la actualidad por las compañías de transporte urbano de Esmeraldas es anticuado ya que se maneja mediante un controlador humano quien se sitúa en la puerta mientras va recibiendo el dinero por parte de los pasajeros. Esto aumenta el tiempo en el que el bus debe estar detenido hasta que todos los pasajeros hayan cancelado su pasaje, generando multas a los buses por no completar su ruta en el tiempo adecuado. En este sentido, un sistema como el propuesto reduce significativamente el tiempo necesario para el cobro del pasaje a los usuarios de forma automática, evitando errores humanos al tener que devolver cambio.
- Para que un proyecto de gamificación obtenga los resultados esperados, además de un adecuado proceso de desarrollo, se necesita que este tenga estrategias que sepan llegar al público, mismas que pueden ser dinámicas (un sistema de puntuación al usuario) y mecánicas (recompensas), las cuales incentivan de manera directa a que los pasajeros obtén por usar el servicio de pago automático.

En relación con este aspecto, el mecanismo de gamificación propuesto ayudará mediante estrategias, recompensas y promociones a que los usuarios de transporte urbano opten por comprar la tarjeta RFID para el pago automatizado del pasaje, misma que agilizará todos los procesos relacionados con el mismo. Varios de estos mecanismos han sido empleados en países desarrollados, sin embargo, la cultura y el nivel de educación juega un papel predominante en el éxito que puede tener un sistema como el creado.

- Gracias a las tecnologías brindadas por el Internet de las Cosas se pudo lograr integrar los sistemas de cobro automático con la tarjeta RFID que cada usuario portaría, permitiendo el cobro de los pasajes con tecnologías de contacto. Para la cooperativa genera un costo medianamente alto ya que permite la eficiencia y eficacia en las operaciones de cobro de las tarifas de pasaje; más pasajeros si se promociona el sistema, y más ahorro ya que no se requiere un oficial que cobre el pasaje en el interior del autobús.

5.2. Recomendaciones

- Para un correcto desempeño del sistema de gamificación se recomienda actualizar periódicamente los sistemas de actividades dinámicos como puntos, rankings e insignias para que el funcionamiento del mismo no llegue a convertirse en monótono.
- Se debe tener en cuenta que los dueños y choferes de los buses se deben adaptar a esta nueva metodología para brindar un excelente servicio, mediante los sistemas de juegos y recompensas. Para ello, deben contar con una visión innovadora y un cambio de paradigma, con la finalidad de mejorar en lo posible a través de cambio diarios.
- Se debe tener en cuenta que al ser un prototipo el planteado en este trabajo, el mismo debe ser mejorado en futuras investigaciones de manera que permita que sea beneficioso para la sociedad y se aplique en más cooperativas, y siendo más optimistas, en otros cantones y provincias del Ecuador.

- Se recomienda ampliar la población objetivo a investigar, ya que los tipos de segmentación y comportamientos van cambiando a lo largo del tiempo, es por ello, que surgen las nuevas generaciones, las mismas que presentan nuevas exigencias como parte de un grupo usuario potencial, esto lleva a que su prestador de servicio busque la satisfacción del cliente. Este aspecto empata con lo dinámico que debe ser el sistema de gamificación para que los mantenga a los usuarios que usen el sistema y ganar nuevos usuarios en el futuro.
- También se recomienda que para las futuras investigaciones se estudie el manejo actual de la gamificación en las empresas de servicios, debido a que las preferencias evolucionan y van cambiando a lo largo del tiempo. Además, es importante que se evalúen la aplicación de la gamificación para que se explote en diversas ramas y que rompa las barreras de uso en el dominio de la educación, área en la que mayoritariamente es empleada y aplicada.
- Se sugiere replicar esta experiencia con un mayor grado de control, profundizando en la medición del nivel de motivación de los usuarios, considerando los efectos de variables externas, como por ejemplo las condiciones de las instalaciones de los buses o la novedad de trabajar con una estrategia diferente, es decir, incorporar la parte cualitativa a los estudios futuros para conocer las percepciones de los usuarios hacia los procesos de cobro automático gamificados.
- Además, se propone el diseño de nuevos estudios que permitan determinar la correlación entre el desempeño y otros factores como: la satisfacción, autonomía, creatividad y pensamiento crítico de los usuarios del transporte público cuando se usa la estrategia de gamificación para mejorar el sistema de cobro de pasajes.
- Al implementar cambios en los sistemas de transporte público, los usuarios requieren de tiempo para adaptarse a esta nueva tecnología, por ende, se recomienda que este proyecto cuente con un programa de socialización y adaptación para todas las personas que utilicen el transporte público de la ciudad de Esmeraldas, con el fin de obtener el máximo provecho del sistema propuesto y sobre todo aportar con un granito de arena en la reducción de contaminación ambiental.

REFERENCIAS

- [1] R. Sainz, *Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas*, Barcelona, España: Editorial Ariel S. A., 2011.
- [2] B. Tapia, «Smart City. La ciudad Sostenible del futuro,» *Revista Medio Ambiente*, vol. 28, pp. 1-8, 2018.
- [3] G. Morán, «Análisis a la calidad del servicio de transporte urbano de buses en la ciudad de Esmeraldas desde la óptica del usuario,» Esmeraldas, Ecuador, 2016.
- [4] El Comercio, «El pago de pasaje electrónico avanza en Cuenca,» *Diario El Comercio*, 06 enero 2018.
- [5] Diario La Hora, «Pago a través de tarjeta,» *Diario La Hora*, 27 Marzo 2006.
- [6] A. Ortiz-Colón, J. Jordán y M. Agredal, «Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión,» *Revista Educação e Pesquisa*, vol. 44, pp. 1-17, 2018.
- [7] C. Dorado y M. Chamosa, «Gamificación como estrategia pedagógica para los estudiantes de Medicina nativos digitales,» *Investigación en educación médica*, vol. 8, nº 32, pp. 61-68, 2019.
- [8] A. Chila, «Gamificación,» Colombia, 2015.
- [9] SRI, *Ley de Reactivación Económica*, 2017.
- [10] F. Sánchez, «Gamificación,» *Education in the Knowledge Society*, vol. 16, nº 2, pp. 13-15, 2015.
- [11] O. Borrás, *Fundamentos de la Gamificación*, Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, 2015.
- [12] F. Teixes, *Gamificación: fundamentos y aplicaciones*, España: Editorial UOC, 2015.
- [13] A. Maslow, *El Management Según Maslow: Una Visión Humanista para la Empresa de Hoy*, España: Grupo Planeta, 2005.
- [14] A. Maslow, *Motivación y personalidad*, España: Ediciones Díaz de Santos, 1991.
- [15] E. Gámez y H. Marrero, *¿Porqué hacemos lo que hacemos? Dimensiones básicas de la motivación*, España: Ediciones IDEA, 2006.
- [16] J. Ortegón, «¡Las tecnologías inalámbricas RFID y la privacidad humana!,» *Revista Clepsidra*, nº 7, pp. 39-43, 2008.
- [17] J. Diego Cruz Freire Darwin Vinicio Chimbo Chimbo, «Implementación de un prototipo de cobro y recar de prepago de tarifas para el servicio de transporte público urbano mediante una hmi controlada por nodeMCU,» 2018.
- [18] D. Campiña, «Diseño de antenas miniatura para aplicaciones de radioidentificación (RFID) a 900 MHz,» *Revista scielo*, 2016.
- [19] J. Anchundia, «La tecnología 5G en el Ecuador. un análisis desde los requerimientos 5G,» *Revista polo del conocimiento*, vol. 5, nº 42, p. 18, 2020.

- [20] F. Díaz, «Educación y nuevas tecnologías de la información,» *Revista electrónica sinéctica*, vol. 2, n° 30, pp. 1-15, 2018.
- [21] P. Torres , «Tecnología educativa y su papel en el logro de los fines de la educación,» *Revista de artículos arbitrarios*, vol. 5, n° 8, p. 5, 2019 .
- [22] Y. K. P. B, «Smart Bus Management System using IOT,» *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 6, n° 4, pp. 4817-4827, 2018.
- [23] Solectroshop, «Comparación de las placas Arduino con recomendaciones de Solectroshop,» 25 03 2020. [En línea]. Available: <https://solectroshop.com/es/blog/comparacion-de-placas-arduino-con-recomendaciones-de-solectroshop-n5>.
- [24] Jadiaz, «Placa arduino UNO,» 21 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>.
- [25] A. N. S. GRANDA, «Desarrollo de una solución informática que permita administrar un hogar inteligente,» LOJA, 2020.
- [26] Zerynth, «Documentación Zerynth,» [En línea]. Available: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/12559/T.3291.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [27] naylampmechatronics, «MÓDULO ESP-12E ESP8266 WIFI,» [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/176-modulo-esp-12e-esp8266-wifi.html>.
- [28] ESP_Alfred, «El SoC Wi-Fi ESP8266EX ha sido certificado por FCC y CE,» 24 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://bbs.espressif.com/viewtopic.php?f=9&t=59#p209>.
- [29] Microcarsil, «PRACTICA # 18 Protocolo de comunicación SPI en PS,» 11 11 2014. [En línea]. Available: <http://microcarsil.blogspot.com/2014/12/practica-18-protocolo-de-comunicacion.html>. [Último acceso: 30 06 2020].
- [30] C. Egas, «Implementación de una red inalámbrica de sensores para la gestión de luminarias utilizando IPv6,» *Revista de informática*, vol. 8, n° 2, p. 5, 2018.
- [31] L. Omega, «Sensores inalámbricos,» *Revista spectrus company* , vol. 2, n° 1, p. 4, 2017.
- [32] M. Jiménez y J. Soto, «Utilización de tarjetas inteligentes para estimar matrices origen-destino. Aplicación al sistema Megabús, Pereira,» *Revista de Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 26, n° 2, pp. 73-73, 2016.
- [33] C. Toapanta, «Análisis de un sistema tecnológico para el control tarifario del transporte público, y su incidencia en el registro de ingresos de la compañía de servicio urbano Ciudad de La Maná S.A. Año 2014,» Quevedo, Ecuador, 2015.
- [34] J. Portilla, «Análisis de comunicaciones y seguridades en la implementación del cobro de servicios de transporte público mediante tecnología NFC basada en la plataforma de dinero electrónico del Ecuador,» Quito, Ecuador, 2016.

- [35] A. Mantilla, «Implementación de un prototipo de cobro y recarga prepago de tarifas para el servicio de transporte público urbano mediante una HMI controlada por nodeMCU,» Riobamba, Ecuador, 2018.
- [36] NodeMcu Team, «NodeMcu,» 2018. [En línea]. Available: https://www.nodemcu.com/index_en.html.
- [37] F. Martín, «Automatización sistema control de acceso con lectores RFID,» Madrid, España, 2016.
- [38] Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*, 2014.
- [39] *Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*, Quito, 2012.
- [40] *Ley orgánica de Defensa del Consumidor*, Quito, 2000.
- [41] Congreso Nacional, «Ley de propiedad Intelectual,» Registro oficial N° 320 , Lima , 2016.
- [42] Diario La Hora, «Cooperativa Las Palmas incorpora buses climatizados : Noticias Esmeraldas : La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo,» *Diario La Hora*, 2019.
- [43] M. Naghi, *Metodología de la Investigación*, Editorial Limusa, 2012.
- [44] C. Bernal, *Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*, México: Pearson Educación, 2006.
- [45] S. M. L. Pierdas, «Descripción Descripción Descripción Shield Arduino Nano Converti el Nano En Uno Descripción,» [En línea]. Available: <https://www.electrogeekshop.com/?pdfcat&all>.
- [46] L. LLamas, «Lectura de tarjetas rfid con arduino y lector mifare RC522,» 13 10 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-rfid-mifare-rc522/>.
- [47] L. d. V. Hernández, «ESP8266 todo lo que necesitas saber del módulo WiFi para Arduino,» [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/>.
- [48] Redaccion, «Módulo GPS e Interfaz con Arduino UNO,» [En línea]. Available: <https://descubrearduino.com/modulo-gps/>.
- [49] K. J., «Automatic bus fare collection system using gps and rfid technolog,» *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 118, n° 20, pp. 1119-1124, 2018.
- [50] Y. Escobar, A. Carvajal y E. Espinoza, «Influencia del pago electrónico en los procesos contables y aqddministrativos,» *Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento*, vol. 2, n° 1, p. 12, 2018.
- [51] Centro de investigación en matemáticas, A.C., «Sistemas de pago para comercio electrónico,» *Revista de reporte técnico* , vol. 1, n° 2, p. 23, 2018.

- [52] K. G. G. P. World Bank Group, «Public Transport Automatic Fare Collection Interoperability Assessing Options for Poland,» *Public Transport Automatic Fare Collection Interoperability Assessing Options for Poland*, 2016.
- [53] S. Molinero, «Transporte público,» [En línea]. [Último acceso: Julio 2020].
- [54] The Flipped Classroom, «La motivación, elemento clave en el aula gamificada,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.theflippedclassroom.es/motivacion-ramp-saps/>. [Último acceso: 28 Noviembre 2019].
- [55] C. Alayza, *Iniciarse en la investigación académica*, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2017.
- [56] K. R. Ravindranath, A. I. Sanjay y C. M. Prashant, *RFID based supermarket shopping system*, Pune, 2017.
- [57] *RFID based supermarket shopping system*.
- [58] K. R. Ravindranath, A. I. Sanjay y C. M. Prashant, «RFID based supermarket shopping system,» de *2017 International Conference on Big Data, IoT and Data Science (BIG DATA)*, Pune, 2017.
- [59] D. S. Wibowo, R. W. T. Hartono, M. Y. Fadhlán, F. H. Suwanda, A. W. Fauziah y J. P. Tarigan, «e-Dokuw is A Smart Wallet : Identifying Nominal Money Using Homography Estimation Methodes,» de *2019 IEEE 5th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, Yogyakarta, 2019.
- [60] A. E. H. B.-C. P. U. R. a. D.-M. Platform, «An Electronic Hospital Bedside-Card Prototype Using RFID and DVB-MHP Platform,» de *10th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms, and Networks*, Kaohsiung, 2009.
- [61] J. Oliver, «Aspectos fundamentales del sistema MEDCOM,» *Hilos Tensados*, vol. 1, pp. 1-476, 2019.
- [62] K. How, «Digital Guide IONOS,» 2 8 2019. [En línea]. Available: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/servidor-web-definicion-historia-y-programas/>.
- [63] M. Naghi, *Metodología de la Investigación*, Editorial Limusa, 2012.
- [64] K. G. G. P. World Bank Group, «Public Transport Automatic Fare Collection Interoperability Assessing Options for Poland,» *Public Transport Automatic Fare Collection Interoperability Assessing Options for Poland*, 2016.
- [65] N. West, «Turning transport high tech,» n° June, pp. 14-15, 2005.
- [66] P. Tobar , «Mecanismos de inclusión financiera"IF" en Ecuador,» *Revista de la superintendencia de Bancos* , vol. 4, n° 1, pp. 23-34, 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Experimentación del Prototipo

Objetivo: Obtener datos referenciales sobre el prototipo en la inclusión sistema de transporte público.

PROYECTO: SISTEMA BASADO EN TÉCNICAS DE GAMIFICACIÓN PARA EL COBRO AUTOMÁTICO DEL PASAJE DE TRANSPORTES URBANOS			
UBICACIÓN: Provincia de Esmeraldas, Ciudad de Esmeraldas.			
ENSAYADO: KEVIN OMAR TOROSINA TOROSHINA			
Ejecución del sistema basado en técnicas de gamificación para el cobro automático del pasaje de			
EXPERIMENTO: transportes urbanos aplicado a 5 usuarios			
ESPECIFICACIONES DEL EXPERIMENTO			
TIPO:			
NORMA:			
EXPERIMENTO DEL PROTOTIPO			
1. Para el desarrollo del experimento se requirió de 5 individuos con la única característica que, sea de Esmeraldas, utilice el transporte público urbano.			
2. Se solicitó que los participantes describan sus requerimientos al momento de usar el transporte.			
3. Se encontró que, la persona A, busca que sea fácil el ingreso y que reciba su descuento en tarifa. Por ser de la tercera edad.			
4. La persona B, busca evitar filas y tener acceso pronto ya que lleva consigo un menor de edad que no paga valor en el pasaje.			
5. la persona C, busca tener un buen servicio y seguridad adicional a esto, requiere pagar medio pasaje por ser estudiante.			

6. La persona D, busca un servicio a tiempo y sin retrasos.

7. La persona E, busca un servicio agradable y cordial que respete el descuento por ser discapacitado.

Evaluación:

Al evaluar todas las situaciones encontradas se puede considerar que para la implementación de un sistema automatizado de cobro de pasaje de transporte público se requiere tener en cuenta que cada una de las tarjetas proporcionadas al usuario posea características para cada una de estas situaciones así también se busca que las tarjetas proporcionen seguridad para el usuario y ayude a mejorar el entorno social de los beneficiados.



MECANICAS

M1: Sistema de puntuación
hacia los usuarios

M2: Sistema de clasificación
por rangos.

Componente principal la
tarjeta de pagos.

DINAMICAS

D1: Recompensas a los usuarios más
continuos.

D2: Estatus de nivel gracias al sistema de
puntuación.