

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño de prototipo de pasarela de pago utilizando realidad aumentada en el sector alimenticio de la economía informal de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Fredy Armando Velásquez Fuentes para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,
2024

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de ingeniería



**Diseño de prototipo de pasarela de pago utilizando realidad
aumentada en el sector alimenticio de la economía informal
de Guatemala**

Trabajo de graduación presentado por Fredy Armando Velásquez Fuentes
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias de
la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,
2024

Vo.Bo.:



(f) _____
MBA. Ing. José Carlos Cárcamo

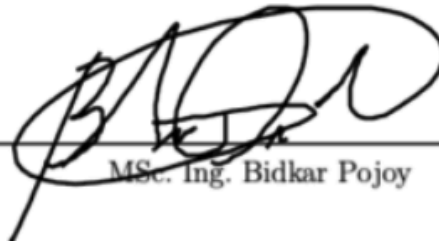
Tribunal Examinador:



(f) _____
MBA. Ing. José Carlos Cárcamo



(f) _____
PhD. Gabriel Barrientos



(f) _____
MSc. Ing. Bidkar Pojoy

Fecha de aprobación: Guatemala, 04 de Diciembre de 2024.

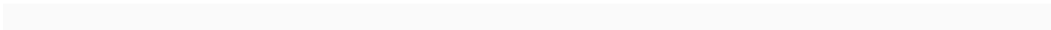


Tabla de contenido

Lista de cuadros.....	vii
Lista de figuras.....	ix
Resumen.....	xi
Abstract.....	xiii
I. Introducción.....	1
II. Justificación.....	4
III. Objetivos.....	7
A. General.....	7
B. Específicos.....	7
IV. Marco teórico.....	9
A. Economía informal.....	9
1. Economía informal a nivel mundial.....	9
2. Características operacionales de las transacciones en la economía informal.....	10
3. Retos operacionales de las transacciones de la economía informal.....	10
B. Economía informal en Guatemala.....	10
1. Estadísticas a nivel nacional.....	11
2. Desafíos.....	11
3. Iniciativas.....	11
C. Sector alimenticio en Guatemala.....	12
1. Descripción general.....	12
2. Retos del sector alimenticio Guatemala.....	12
D. Sector alimenticio informal en Guatemala.....	13
1. Retos y desafíos de la economía alimenticia informal en Guatemala.....	13
2. Soluciones tecnológicas.....	13
E. Realidad aumentada.....	13
1. Realidad aumentada.....	14
2. Aplicaciones de la realidad aumentada.....	14
F. Pasarelas de pago digitales.....	15
1. Pasarelas de pago.....	15
2. Tipos de pasarelas de pago digitales.....	16
G. Tecnologías móviles para el desarrollo de pasarelas de pago.....	16
1. Tecnologías disponibles para desarrollo móvil.....	16
2. Librerías de realidad aumentada.....	18
H. Pruebas y validación de experiencia de usuario.....	19
1. Cinco, el número mágico para pruebas de experiencia de usuario.....	19
2. Pruebas de usabilidad.....	20
3. Pruebas con prototipos de papel.....	20
I. Pruebas de software.....	20
1. Análisis estático.....	21
2. Pruebas unitarias.....	21

3. Pruebas de integración.....	21
4. Pruebas automatizadas.....	21
V. Metodología.....	23
A. Investigación y análisis.....	23
1. Briefing de marketing.....	23
2. Análisis del micro y macroentorno.....	24
3. Segmentación.....	27
4. Diseño de estrategias y herramientas.....	28
B. Análisis de solución.....	30
1. Definición de requisitos.....	31
2. Diseño de componentes y servicios.....	32
3. Diseño de solución.....	34
C. Diseño y prototipado.....	35
1. Diseño de wireframes.....	35
2. Recorrido cognitivo y creación de prototipos de papel.....	37
3. Diseño de interfaz de usuario (UI):.....	38
D. Desarrollo de la aplicación.....	43
1. Configuración del entorno de desarrollo.....	43
2. Desarrollo de funcionalidades.....	44
E. Pruebas y validación.....	45
1. Pruebas continuas.....	45
2. Pruebas de usabilidad.....	46
VI. Resultados.....	48
A. Demografía.....	48
B. Uso de efectivo.....	49
C. Pagos digitales.....	51
D. Realidad aumentada.....	54
E. Prototipos en papel.....	55
F. Pruebas de usabilidad.....	57
VII. Discusión.....	60
A. Demografía.....	60
B. Uso de efectivo.....	60
C. Tecnologías de pago digitales.....	61
D. Realidad aumentada.....	61
E. Pruebas con prototipos de papel.....	62
F. Pruebas con el prototipo de pasarela de pago.....	62
VIII. Conclusiones.....	65
IX. Recomendaciones.....	67
X. Bibliografía.....	69

Lista de cuadros

Cuadro 1: Listado de características de seguridad y casos de uso.....	32
Cuadro 2: Dependencias instaladas.....	43
Cuadro 3: Distribución de edad.....	48
Cuadro 4: Principales razones para usar efectivo.....	50
Cuadro 5: Características deseadas en soluciones de pago.....	53
Cuadro 6: Sentimientos hacia el uso de realidad aumentada en pagos.....	54
Cuadro 7: Resultados generales por tarea.....	56
Cuadro 8: Evaluación de la dificultad y satisfacción por tarea.....	56
Cuadro 9: Patrones observados.....	56
Cuadro 10: Resultados generales por tarea utilizando la aplicación.....	57
Cuadro 11: Reacción ante características no disponibles.....	58

Lista de figuras

Figura 1: Diagrama de componentes.....	33
Figura 2: Diagramas de servicios.....	33
Figura 3: Diagrama lógico.....	34
Figura 4: Diagrama técnico.....	35
Figura 5: Diagrama de navegación en la aplicación.....	36
Figura 6: Diseño a bajo nivel de las pantallas.....	37
Figura 7: Prototipo en papel.....	38
Figura 8: Pantalla de inicio de sesión/registro.....	39
Figura 9: Pantalla de inicio y para realizar pago.....	40
Figura 10: Pantalla de consulta de historial de pagos.....	40
Figura 11: Pantalla para escanear objetos creados con realidad aumentada.....	41
Figura 12: Pantalla para la confirmación de datos de pago.....	41
Figura 13: Pantalla de pago realizado con éxito.....	42
Figura 14: Pantalla de error.....	42
Figura 15: Distribución geográfica.....	49
Figura 16: Uso de efectivo en el sector alimenticio informal.....	49
Figura 17: Problemas con el manejo de efectivo.....	50
Figura 18: Tipos de problemas más comunes con el uso de efectivo.....	51
Figura 19: Conocimiento sobre herramientas de pago digitales.....	52
Figura 20: Tipos de pagos digitales utilizados.....	52
Figura 21: Barreras que impiden la adopción de tecnologías de pago.....	53
Figura 22: Conocimiento sobre realidad aumentada.....	54
Figura 23: Necesidades para adoptar realidad aumentada en pagos.....	55
Figura 24: Intentos para escanear el objeto generado con realidad aumentada.....	57
Figura 25: Tiempo para realizar una transacción por aplicación.....	58

Resumen

El presente trabajo desarrolla un prototipo de pasarela de pago digital con realidad aumentada, enfocado en el sector alimenticio informal de Guatemala, donde el uso de efectivo sigue siendo predominante y las soluciones digitales de pago son escasas debido a los desafíos específicos de este sector. A partir de un análisis de viabilidad y un estudio de mercado, se determinó que el 80% de los participantes conoce las herramientas de pago digitales, el 74% ha enfrentado problemas con el uso de efectivo, y el 60% muestra interés en la realidad aumentada como método de pago.

El prototipo incluye funcionalidades primordiales como inicio de sesión/registro, generación y escaneo de un objeto en realidad aumentada para pagos, consulta de historial y cierre de sesión, mostrando una usabilidad alta en pruebas de usuario con una tasa de éxito del 100% en las tareas asignadas y un nivel de satisfacción promedio de 4.6 sobre 5. Con un tiempo promedio de 23 segundos por transacción, los resultados evidencian una disposición positiva del usuario hacia esta tecnología.

Se concluye que la aplicación es viable y puede ser aceptada en el sector alimenticio informal, abriendo la posibilidad de su futura expansión a otros sectores de la economía informal en Guatemala para adaptar mejor la solución a las necesidades de este mercado y potenciar su adopción.

Abstract

This paper presents the development of a digital payment gateway prototype using augmented reality, aimed at the informal food sector in Guatemala, where cash usage remains predominant and digital payment solutions are limited due to specific challenges within this sector. A feasibility analysis and market study revealed that 80% of participants are aware of digital payment tools, 74% have encountered issues with cash, and 60% show interest in augmented reality as a payment method.

The prototype includes core functionalities such as login/registration, augmented reality object generation and scanning for payments, transaction history, and logout. User testing demonstrated high usability, achieving a 100% success rate in assigned tasks and an average satisfaction level of 4.6 out of 5. With an average transaction time of 23 seconds, the results highlight a positive user attitude toward this technology.

It is concluded that the application is viable and could be accepted in the informal food sector, with the potential for future expansion to other sectors of the informal economy in Guatemala. This would allow the solution to better address the needs of this market and increase its adoption.

I. Introducción

Actualmente, en Guatemala, la economía informal desempeña un papel importante en la economía del país. Según informes del Instituto Nacional de Estadística (INE), la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) y el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), las cifras de informalidad laboral se encuentran en 70.6%, 84.7% y 80.4% respectivamente, reflejando la gran dependencia de la economía guatemalteca en este sector (OIT, 2020).

En su mayoría, las transacciones en este sector se realizan en efectivo, una práctica profundamente arraigada en las costumbres comerciales y culturales del país (CIEN, 2001). Aunque el uso del efectivo ofrece inmediatez y facilidad, también presenta desafíos importantes en términos de seguridad, eficiencia y transparencia en las transacciones (GSM Association, 2017). Entre las principales desventajas del uso excesivo del efectivo se encuentran la dificultad para registrar las transacciones, la limitada inclusión financiera y la escasa digitalización, factores que impactan negativamente en la formalización y crecimiento del sector (GAFILAT, 2023).

Frente a estas limitaciones, surge la necesidad de soluciones innovadoras que faciliten la transición hacia sistemas de pago más eficientes y seguros. La digitalización de las transacciones se presenta como una alternativa viable para enfrentar estos desafíos, al mismo tiempo que promueve la inclusión financiera en el sector informal guatemalteco (Aceña, 2024). En este contexto, el presente trabajo propone el diseño de un prototipo de pasarela de pago utilizando realidad aumentada, específicamente dirigido al sector alimenticio de la economía informal. Este proyecto tiene como objetivo reducir la dependencia del efectivo, proporcionando una alternativa segura, accesible y conveniente tanto para vendedores como para consumidores.

El estudio también examina el contexto económico y social de la economía informal en Guatemala, abordando los mecanismos de transacción y los retos vinculados al uso del efectivo. Además, se expone el diseño conceptual y técnico de la pasarela de pago con realidad aumentada, junto con un análisis de viabilidad para evaluar el potencial impacto de esta tecnología en la inclusión financiera y el desarrollo económico del país. Con esta iniciativa, se busca simplificar el proceso de transacción, mejorando la experiencia del usuario y fomentando la adopción de tecnologías emergentes en el sector alimenticio informal.

Los resultados del prototipo evidencian que los usuarios del sector alimenticio informal muestran interés en adoptar tecnologías de pago innovadoras y están abiertos a la implementación de realidad aumentada. La facilidad de uso de la aplicación, el éxito en la realización de tareas clave y el alto nivel de satisfacción general observados durante las pruebas de usabilidad evidencian que este prototipo de pasarela de pago es una opción viable y bien recibida.

II. Justificación

La economía informal en Guatemala representa un porcentaje importante de la totalidad de la economía del país, compuesta por comerciantes y trabajadores que, en su mayoría, no tienen acceso a servicios financieros tradicionales. Estimaciones realizadas por organizaciones nacionales han establecido que la informalidad laboral se encuentra por encima del 50% respecto a la población con ocupación, esto provoca que una gran parte de la población no posea cuentas bancarias ni otros servicios financieros básicos, lo cual limita su capacidad para ahorrar, acceder a créditos y gestionar sus finanzas de manera segura y eficiente (Marroquín, 2024). Este aislamiento financiero afecta la seguridad y dificulta el acceso a servicios financieros formales que requieren historiales de transacciones verificables.

Un aspecto significativo dentro del sector informal es la forma en la que se realizan las transacciones en las operaciones de compraventa, ya sea de servicios o productos. El uso de efectivo ha sido y es el método más utilizado de pago (Contreras & Vicente, 2023). Aspectos como la sencillez y rapidez de los pagos hacen que sea usado tan comúnmente. Sin embargo, una dependencia tan fuerte al uso de efectivo dificulta la trazabilidad de las transacciones realizadas, evita que el proceso de inclusión financiera sea más eficaz y provoca que las operaciones sean menos seguras (Cuéllar, 2023).

El manejo de efectivo también aumenta el riesgo de inseguridad y fraudes, afectando negativamente tanto a comerciantes como a consumidores. La digitalización de los pagos a través de una aplicación móvil utilizando realidad aumentada puede reducir significativamente estos riesgos, mejorando tanto la eficiencia operativa como la seguridad. Además, el sector informal opera sin registros financieros adecuados, lo que complica la formalización de los negocios y limita su crecimiento (Barraza, F., Zambrano, R., 2023). Una aplicación móvil que registre todas las transacciones puede proporcionar los datos necesarios para construir historiales financieros, facilitando así el acceso a créditos y promoviendo la formalización de los negocios informales, además de contar con gran cantidad de datos que pueden utilizarse para estudios socioeconómicos (Consortio de Universidades Contra la Informalidad, 2022).

La economía informal en Guatemala es un sector económico lleno de oportunidades por explotar. Tras un estudio preliminar, es posible identificar algunas áreas importantes en donde la digitalización de operaciones financieras puede representar un avance importante. Estos resultados iniciales indican que la introducción de esta herramienta podría contribuir a la reducción en el uso de efectivo, a incrementar la eficiencia en las transacciones comerciales y también una mejora en la seguridad y operaciones efectuadas. (Mastercard, 2022)

III. Objetivos

A. General

Diseñar el prototipo de una de pasarela de pago virtual utilizando realidad aumentada para transacciones en el sector alimenticio de la economía informal de Guatemala.

B. Específicos

1. Realizar un estudio del mercado alimenticio en el sector informal de Guatemala.
2. Realizar un estudio de viabilidad respecto al uso y aceptación del producto por parte del público.
3. Crear el prototipo de una aplicación móvil con interfaz de usuario amigable, eficaz y con las funciones principales.
4. Realizar una simulación de una transacción exitosa entre la entidad de consumidor y el vendedor.
5. Generar un código único utilizando realidad aumentada el cual posibilite la ejecución de una transacción simulada.
6. Documentar los aspectos técnicos y lógicos del proceso de desarrollo del prototipo de la aplicación.

IV. Marco teórico

A continuación, se presentan los datos relevantes, conceptos fundamentales y el contexto crucial que sustentan el desarrollo del prototipo de una pasarela de pago con integración de realidad aumentada.

A. Economía informal

La economía informal es un fenómeno económico de carácter global que involucra diversidad de actividades no reguladas por sistemas establecidos, pero que es fundamental para el correcto funcionamiento de la economía, especialmente aquellas que están en vías de desarrollo. Este tipo particular de operación presenta diversos retos que afrontan quienes participan activamente en ella, sin embargo, también existe un campo lleno de oportunidades por explotar.

1. Economía informal a nivel mundial

La economía informal hace referencia a todas las actividades económicas desarrolladas por los trabajadores y las unidades económicas que en la legislación o en la práctica están insuficientemente cubiertas por sistemas formales o no lo están en absoluto (OIT, 2020).

El listado de actividades pertenecientes a la economía informal es largo y diverso, aplica para vendedores ambulantes de todo tipo de productos, personas que prestan servicios de distintas categorías e incluso actividades que parecieran no tener relevancia en la totalidad de la economía.

Según la Organización Internacional del Trabajo, estimaciones indican que a nivel mundial 2,000 millones de personas trabajan en el sector informal, esto representa el 61.2% del empleo mundial. La distribución indica que en África es del 82%, Asia y el Pacífico es del 68,2%, los Estados Árabes 68,6%, en América corresponde al 40,0% y en Europa y Asia Central es del 25,1 % (OIT, 2018). La economía informal es un pilar fundamental en la economía a nivel mundial. Millones de empleos son generados a través de este fenómeno, además del flujo de dinero que se mueve gracias al mismo, estas razones han provocado que cada vez sean más los actores que voltean a ver a este sector, tanto gubernamentales como de intereses comerciales internacionales.

2. Características operacionales de las transacciones en la economía informal

La naturaleza de la economía informal obliga a que sus procesos operativos se adapten al entorno dinámico en el que se desenvuelven. Se priorizan aspectos como la eficiencia, velocidad y facilidad de las transacciones.

Si se hace un acercamiento a la acción más común y destacada de la economía informal: el proceso de compraventa es posible identificar características operacionales importantes sobre el fenómeno. Algunas son el uso constante de efectivo, los escasos mecanismos de control y la velocidad y eficiencia de las transacciones monetarias. La naturaleza intrínseca de esta acción es la que brinda una mejor perspectiva sobre el tema, ya que se evidencian los pocos procesos que se necesitan para que el funcionamiento de las operaciones sea el correcto. Esta es una de las características que más resaltan de este tipo de economía y a su vez uno de los motivos de su popularidad a lo largo del tiempo ya que hace que el proceso transaccional sea mucho más simple y directo (Prats et al., 2022).

3. Retos operacionales de las transacciones de la economía informal

El uso constante de efectivo, los escasos mecanismos de control de las operaciones y la velocidad de las transacciones monetarias funcionan como ventajas para la economía informal y su correcto funcionamiento, pero también como limitantes al momento de querer implementar mejoras. Con el avance de la tecnología y la digitalización de más aspectos del diario vivir, los procesos de la economía informal han quedado relegados a viejas prácticas, lo cual, en una sociedad tan cambiante como la actual, juega como factor en contra de los actores principales de este fenómeno, limitando los beneficios que podrían obtener.

La dependencia al efectivo y los pocos o nulos registros transaccionales que se manejan son elementos que evitan que suceda el proceso de inclusión financiera en el sector informal. Mientras que en el sector formal los pagos electrónicos se han convertido en la norma, facilitando transacciones más seguras, rápidas y rastreables, en la economía informal, la falta de infraestructura, iniciativa y conocimientos tecnológicos impide que muchos trabajadores y comerciantes adopten estas herramientas. Esto no solo limita su acceso a servicios financieros formales, como créditos o seguros, sino que también reduce su competitividad en un mercado globalizado donde la digitalización está cada vez más presente, creando una brecha cada vez mayor entre la economía formal e informal.

B. Economía informal en Guatemala

En Guatemala, la línea de impacto de la economía informal no es diferente respecto al contexto mundial. Arraigado a la idiosincrasia del país, la expansión de este fenómeno genera una serie de desafíos y oportunidades que no han sido atendidos apropiadamente.

1. Estadísticas a nivel nacional

En la Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos (ENEI) realizada en 2022, se detalla que en el país el 71.1% de la población está ocupada en la informalidad y sólo el 28.9% labora en el sector formal. Las tres actividades predominantes a nivel nacional en el sector informal son: agricultura con un 34.2%, seguido de comercio con un 28.2%, e industrias manufactureras con un 12.9% (Instituto Nacional de Estadística Guatemala, 2022). Los estudios revelan la importancia que posee la economía informal en el tejido económico del país, por lo que es imprescindible prestar especial atención a este fenómeno y el papel que desempeña cuando se analizan otros factores relevantes como lo podría ser la calidad de vida.

2. Desafíos

El hecho de que el 71.1% de la población a nivel nacional se ocupe en la informalidad repercute en numerosos desafíos de diversa índole. El no contar con acceso a sistemas formales de empleo provoca que aquellos que participan en las actividades en el sector informal carezcan de beneficios como seguridad social o prestaciones laborales, lo que expone enormemente a la población. La vulnerabilidad es, sin duda alguna, el problema más grande a nivel social.

Otra materia de igual importancia es la del impacto fiscal, al no existir sistemas que registren con exactitud las transacciones económicas que se realizan en este sector, la recaudación fiscal se ve perjudicada grandemente. Esto no solamente reduce los ingresos propios del estado, sino que repercute en la capacidad para financiar proyectos enfocados a servicios públicos como infraestructura, seguridad o educación.

3. Iniciativas

Varias han sido las propuestas que se han elaborado en beneficio del sector económico informal y de sus actores. En 2023, el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) ofreció la opción de la Contribución Voluntaria a quienes están interesados en seguir protegidos por el Programa de Invalidez, Vejez y Sobrevivencia (IVS), ya que les otorga la posibilidad de completar sus cuotas sin tener una relación de dependencia con un patrono, es decir, de manera individual. La licenciada Claudia Lucrecia Sentés, jefe del Departamento de IVS, explicó que esta oportunidad permite a emprendedores, personas en situación de desempleo o que trabajan por su cuenta de manera informal, asegurar una pensión al llegar a los 60 años de edad y haber cumplido con los 240 pagos establecidos en la normativa (Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, 2023). Esta iniciativa, sin duda alguna, es una oportunidad excelente para dar un paso adelante en cuanto a la integración de sistemas de protección social en el sector informal, y así, reducir la vulnerabilidad de sus participantes.

Por otro lado, en el tema fiscal, en 2024 surgió una iniciativa de proyecto de ley que busca crear un impuesto de 1.5% para personas que venden productos del sector agrícola y de artesanías que se ofrecen en supermercados, mercados cantonales, municipales y centros de acopio. El impuesto, que pagarán los productores y comercializadores, será por ventas brutas arriba de Q11 millones al año, por medio de tributación simplificada y dualidad de regímenes de tributación (La Hora, 2024). Es

evidente que el potencial del sector informal es un gran incentivo para que se implementen políticas que puedan beneficiar tanto a las partes involucradas. En el caso de las iniciativas de ley, las mismas buscan comenzar con un proceso de inclusión financiera, ya que, al pagar impuestos sobre sus ventas, los comerciantes podrían solicitar créditos que los ayuden a hacer crecer sus negocios.

C. Sector alimenticio en Guatemala

El sector alimenticio de Guatemala ha sido históricamente uno de los pilares fundamentales de la economía del país. Siendo Guatemala un país con alta productividad en el sector agrícola, ganadero y comercial, la relevancia de este sector es mayúscula a escala nacional.

1. Descripción general

En los últimos años ha sido posible observar cómo el sector alimenticio en Guatemala mantiene una productividad elevada. Las exportaciones manufactureras de alimentos han crecido sostenidamente, de un consolidado de US\$ 324 millones en 1994 a US\$ 2,870 millones al cierre del 2021. Es decir, la actividad exportadora del sector creció siete veces su representatividad en 27 años. Gracias al crecimiento y consolidación de las actividades de estas industrias, hasta el 2019 el ecosistema alimenticio aportó más de 400 mil empleos, directos e indirectos, que generaron un ingreso ligeramente superior a los dos mil quinientos millones de dólares (Cámara de Industria de Guatemala, 2022). Lo anterior evidencia que el sector alimenticio es vital para la economía nacional, generando empleo, aportando un flujo constante de transacciones monetarias a la vez que ayuda a regular el ciclo económico de consumo.

Guatemala posee ciertas ventajas competitivas que hacen que el sector alimenticio pueda desarrollarse en un entorno más que óptimo. La primera de ellas es su valiosa posición geográfica, ya que cuenta con acceso al océano Atlántico y al Pacífico, además de su cercanía con grandes mercados como el norteamericano, centroamericano y El Caribe. Seguido de eso, dado que es un país productor, la materia prima para la industria está al alcance de la mano, reduciendo así costos de producción y optimizando los procesos productivos. Finalmente, el sector alimenticio cuenta con una organización mayoritariamente gremial, la cual ha sabido adaptarse, implementar mejoras y apuntar a un progreso a largo plazo.

2. Retos del sector alimenticio Guatemala

A pesar de ser uno de los pilares fundamentales de la economía del país, el sector alimenticio no está exento de retos y puntos de mejora importantes. En 2019, durante el primer foro de la Industria de Alimentos y Bebidas, se hizo énfasis en que el reto principal es qué hacer en materia de innovación y desarrollo de productos para, no solamente dar precios accesibles a la población, también cómo innovar en materia tecnológica para darle a los productos características que logren atender las necesidades nutricionales. Y, por último, cómo llevar con transparencia y con las herramientas adecuadas, la información de los productos al consumidor (Ozaeta, 2019). Es evidente que las prioridades del sector alimenticio giran en torno a la innovación de sus productos, pero también a la implementación de tecnologías que

puedan aportar soluciones en cuanto a accesibilidad y calidad se refiere. Es importante tomar en cuenta que las dimensiones tan grandes de este sector requieren de una logística más que optimizada para que las iniciativas que se tienen planeadas puedan ser adoptadas según lo esperado, es aquí en donde convergen diversos sectores, tanto tecnológicos y gubernamentales como propios de la industria alimenticia.

D. Sector alimenticio informal en Guatemala

El sector alimenticio informal en Guatemala es diverso y complejo, compuesto por una lista amplia de actividades que abarcan desde la producción de alimentos, su distribución en mercados y puestos ambulantes, hasta la venta de productos frescos o preparados. Definirlo con precisión es complicado, ya que muchas variables son las que participan en este ámbito, como el acceso limitado a la formalización, la falta de regulaciones, la dependencia del uso de efectivo y la poca existencia de sistemas para el registro de las operaciones.

1. Retos y desafíos de la economía alimenticia informal en Guatemala

Uno de los mayores desafíos que enfrenta este sector es la falta de acceso a servicios financieros formales y la carencia de tecnologías que faciliten las transacciones. La informalidad provoca que los actores de este sector queden al margen de beneficios como seguridad social, acceso a crédito, y oportunidades de crecimiento económico a largo plazo. Además, la alta dependencia del efectivo dificulta la trazabilidad de las transacciones y reduce la capacidad de innovación y expansión de los negocios.

2. Soluciones tecnológicas

En los últimos años se han desarrollado soluciones tecnológicas para enfrentar estos desafíos. Pasarelas de pago digitales como *CUIK*, *Zigi* y productos como *MiPOS* han comenzado a ofrecer sus servicios en el sector alimenticio informal, facilitando transacciones digitales y brindando una alternativa al uso exclusivo de efectivo. Estas plataformas permiten a pequeños comerciantes aceptar pagos de forma más rápida y eficiente, integrando así a más personas en el sistema financiero formal.

Cada vez más actores del sector tecnológico muestran interés en este segmento, conscientes de su importancia dentro de la economía del país. El desarrollo y adopción de herramientas tecnológicas en el sector alimenticio informal no solo facilita las transacciones, sino que también abre nuevas oportunidades para la innovación y el crecimiento sostenible.

E. Realidad aumentada

La realidad aumentada es una tecnología disruptiva que busca combinar elementos del mundo real con aquellos que son generados digitalmente con el propósito de crear experiencias de usuario más realistas. Desde el entretenimiento hasta el ámbito empresarial, es posible encontrar usos de realidad aumentada en diversas aplicaciones, siendo la última década la más fructífera en cuanto a popularidad. El potencial creativo y económico de esta tecnología abre un mundo de posibilidades para explotar su uso, siendo una de las grandes propuestas para los próximos años en cuanto a usabilidad se refiere.

1. Realidad aumentada

La realidad aumentada es la unión del mundo real y el virtual para crear nuevas condiciones para la imagen, donde los objetos físicos y digitales coexisten e interactúan en tiempo real. Esto significa la proyección de una capa de información digital sobre la realidad la cual puede incluir tanto audio, imágenes y gráficos, así como información basada en texto (Korowajczenko, 2012).

El uso de realidad aumentada permite que el nivel de interacción del usuario con la tecnología sea aún mayor, ya que combina ambos mundos con el fin de crear una experiencia más inmersiva. Este fenómeno abre campo para un amplio abanico para diversas industrias y para la creatividad.

El funcionamiento de la implementación de la realidad aumentada se basa primordialmente en la materia prima con la que se opera, el cual es el entorno del usuario, esto se consigue gracias al escaneo de los alrededores utilizando la cámara de los dispositivos. Un sistema de realidad aumentada general inicia con el registro de las señales del mundo real (video y audio, aunque se continúan evaluando subsistemas para la síntesis de señales para los otros sentidos). Estas señales son procesadas por un sistema de realce de orillas de objetos para preparar la imagen para la segmentación o extracción de objetos y el reconocimiento de patrones y marcas fiduciaras. Este proceso permite determinar en dónde hay que reemplazar un objeto real por uno virtual, cuál objeto virtual debe colocarse sobre el espacio real (el espacio de video) y en qué posición y perspectiva (Heras & Villarreal, 2004).

2. Aplicaciones de la realidad aumentada

Al ser una tecnología tan disruptiva y popular, es posible encontrar distintas implementaciones en diversas áreas de la vida por medio de acercamientos variados. Desde el entretenimiento y educación, hasta el sector empresarial.

El sector del entretenimiento presenta uno de los casos de éxito más relevantes de la realidad aumentada en la última década, el cual es la creación del juego para dispositivos móviles Pokémon Go. Este juego permite que el usuario interactúe con personajes animados tomando como escenario el entorno real. Esta dinámica es posible gracias a que se utiliza la cámara del dispositivo para unir el mundo real con las funcionalidades propias del juego. En términos económicos, Pokémon GO se convirtió tras su estreno muy rápidamente en todo un fenómeno de masas y un tremendo éxito. Solo 10 días después de su estreno ya había sido descargado por más de 10 millones de personas. Desde su salida ha generado más de cuatro mil millones de dólares y hoy en día sigue contando con cientos de miles de jugadores alrededor de todo el mundo, especialmente en la región de Asia y el Pacífico (González, 2024).

En el sector de la educación, se han desarrollado múltiples herramientas enfocadas a que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea más interactivo, tales como *Cyberchase 3D builder*, la cual permite a los estudiantes comprender la estructura y naturaleza de las figuras geométricas tridimensionales. Otro claro ejemplo del uso de realidad aumentada en la educación es la aplicación de traductor de Google. La misma permite escanear objetos que contengan texto y traducir el contenido al idioma deseado, actualmente es posible traducir a 30 idiomas diferentes.

El enfoque empresarial es uno de los menos explotados, sin embargo, grandes empresas han comenzado a aplicar realidad aumentada en sus procesos operacionales y organizacionales, tal es el caso de la empresa de logística Dalsey, Hillblom, Lynn (DHL). Se realizó un estudio que estimó que el 20% de los costos que le implican a la empresa hacer un envío, están explicados por las actividades de recepción, almacenamiento y despacho en los centros de distribución. A su vez, la preparación de estos paquetes representa el 60% de las actividades dentro del centro de distribución. DHL implementó el sistema conocido como Vision Picking. Este consistió en darle a todos los operarios del centro de distribución anteojos inteligentes. A través de estos, los operarios pueden visualizar una lista digital de los paquetes que deben ser despachados, con la ruta óptima para recogerlos y la ubicación de los paquetes en cuestión. DHL publicó reportes posteriores mostrando que la productividad de los centros de distribución en donde se utilizó el sistema de realidad aumentada aumentó un 25%. Como si esto fuera poco, la empresa reportó que también lograron reducir sus costos y tiempos relacionados con el entrenamiento y la capacitación de los operarios en un 50% (Revale, 2022).

F. Pasarelas de pago digitales

Las pasarelas de pago digitales son tecnologías que facilitan las transacciones monetarias entre entidades de cliente y comprador, especialmente en el ámbito comercial. Las mismas buscan agilizar procesos, reducir costos y aumentar la satisfacción de los usuarios. Con el crecimiento del internet, la conectividad y un proceso de digitalización cada vez más fuerte, han surgido diversos acercamientos y tipo de pasarelas de pago digitales. Al mismo tiempo, los requerimientos y retos para su adopción han ido en aumento, sobre todo aquellos relacionados con la seguridad de los datos.

1. Pasarelas de pago

Las pasarelas de pagos son sistemas de pago electrónico que permiten la realización de pagos y transferencias entre tiendas electrónicas y entidades bancarias de manera segura. Se encargan de cifrar la información confidencial que se requiere para ejecutar transacciones bancarias por las redes (Solis et al., 2013).

Pueden identificarse cuatro componentes principales en el funcionamiento de una pasarela de pago, los mismos son el vendedor y su banco, y el comprador y su banco respectivo. El proceso de operación de una pasarela de pago en una transacción comienza cuando el comprador efectúa un pago en la página del comercio electrónico, y la pasarela de pago recibe la información, enviándola al banco que procesa el pago. Este banco identifica la red de la tarjeta del comprador y transmite la información al procesador de pagos correspondiente. El procesador, a su vez, dirige la solicitud al banco emisor de la tarjeta, quien verifica la legitimidad de la transacción y comprueba que el comprador tenga fondos suficientes. Una vez revisada, la transacción es aprobada o rechazada, y esta información es transmitida de regreso a través de la red de tarjetas, el banco del comerciante, el procesador de pagos, y finalmente la pasarela de pago, completando así el proceso de cobro (Checkout, 2024). Es imprescindible que las 4 entidades involucradas se encuentren en condiciones de sinergia y sincronización constante para que todo el flujo de pago sea exitoso. Es importante mencionar también que cada banco cuenta con sus políticas propias que pueden agilizar o retrasar todo el mecanismo monetario,

2. Tipos de pasarelas de pago digitales

Es posible establecer dos tipos principales de pasarelas de pago: pasarela de pago alojada e integrada. Las pasarelas de pagos alojadas redirigen al titular de la cuenta a la plataforma del procesador de pago en la que proporcionar la información de pago. La ventaja de las soluciones alojadas es que la pasarela de pago es la que se hace responsable de la seguridad de todos los datos y del cumplimiento de los estándares *Payment Card Industry* (PCI). Las soluciones de pasarela de pagos integrados (o páginas de pago personalizadas) se conectan con el sitio web del comercio electrónico a través de una interfaz de pagos (interfaz de programación de aplicaciones) que crea el proveedor de servicios de pago (Damen, 2020).

En la actualidad, el enfoque del desarrollo de pasarelas de pago se ha diversificado, dando un paso más allá que solamente los métodos de pago tradicionales en sitios web. Es común percatarse de la implementación de estas tecnologías en aplicaciones móviles, relojes inteligentes e incluso utilizando códigos *QR* para realizar las transacciones. El proceso de diversificación no solo ha permitido hacer de los pagos más flexibles y rápidos, sino que ofrece oportunidades de innovación y creatividad en el sector.

G. Tecnologías móviles para el desarrollo de pasarelas de pago

Se describen las principales tecnologías y librerías disponibles en el mercado con enfoque a desarrollo móvil. Es importante tomar en cuenta la magnitud del desarrollo de una pasarela de pago, así como su complejidad, por lo que es vital contar con tecnologías enfocadas a servicios de la nube, desarrollo de interfaces de usuario, lógica de negocio, bases de datos que se adapten a los requerimientos y librerías con funciones particulares.

1. Tecnologías disponibles para desarrollo móvil

Firebase

Firebase de Google es una plataforma en la nube para el desarrollo de aplicaciones web y móvil. Está disponible para distintas plataformas (iOS, Android y web), con lo que es más rápido trabajar en el desarrollo (Mora, 2022). Entre los servicios más conocidos de Firebase se encuentran aquellos relacionados con seguridad, almacenamiento y análisis de datos de usuarios en tiempo real.

Amazon Web Services

Recoge una serie de servicios integrales que ofrece la empresa Amazon para la computación y almacenamiento en la nube, así como para la gestión de bases de datos y aplicaciones móviles, entre otros servicios de computación de la nube (Lab, 2023). Es sin duda alguna el proveedor de servicios de la nube más popular. Su amplio catálogo, facilidad de integración y soporte provocan que sea la elección predilecta por empresas e individuos.

Microsoft Azure

Azure es una nube pública de pago por uso que te permite compilar, implementar y administrar rápidamente aplicaciones en una red global de *datacenters* (centros de datos) de Microsoft (Gualda, 2021).

Ionic

Probablemente el marco de creación de aplicaciones más popular. Permite desarrollar aplicaciones multiplataforma. Ayuda a construir apps con HTML, CSS3 y Javascript empleando todo el potencial de las tecnologías de desarrollo web (Medina & Medina, 2024).

React Native

React Native es un marco de creación de aplicaciones nativas multiplataforma que está basado en JavaScript y ReactJS (Martín, 2019). La versatilidad de React Native, la comunidad tan amplia y su alta compatibilidad con más tecnologías de desarrollo móvil provoca que sea una de las tecnologías más utilizadas para el desarrollo móvil.

Flutter

Flutter es un framework que permite el desarrollo de un proyecto de programación. Es gratuito y de código abierto, y fue creado por Google en mayo de 2017. Permite crear una aplicación móvil nativa con una sola base de código. Puede usar un lenguaje de programación y una base de código para crear dos aplicaciones diferentes (para iOS y Android). Esta es, quizás, la principal ventaja de lo que es Flutter y lo que lo hace súper valioso (Cristancho et al., 2022).

Node.js

Es un entorno de tiempo de ejecución de JavaScript (de ahí su terminación en .js haciendo alusión al lenguaje JavaScript). Este entorno de tiempo de ejecución en tiempo real incluye todo lo que se necesita para ejecutar un programa escrito en JavaScript (Flores, 2019). Su implementación configuración son bastante simples, lo cual facilita su integración en entornos de desarrollo.

Express

Express.js es el framework backend más popular para Node.js, y es una parte extensa del ecosistema JavaScript. Está diseñado para construir aplicaciones web de una sola página, multipágina e híbridas, también se ha convertido en el estándar para desarrollar aplicaciones de lógica con Node.js (Kinsta, 2022). Dentro de las características más destacadas están su flexibilidad y simplicidad en la creación de API y su capacidad para gestionar rutas de manera eficiente.

Ruby on Rails

Ruby es un lenguaje de programación desarrollado a principios de los 90. Su objetivo era crear un lenguaje de programación mucho menos complejo que los conocidos Java o C++. El lenguaje Ruby no triunfó hasta que, en 2008, se combinó con un framework llamado Rails. Marco de trabajo que permite construir aplicaciones web con acceso a bases de datos. Su principal característica es su simplicidad. Con Ruby on Rails se pueden desarrollar aplicaciones web escribiendo menos código que con otros frameworks y con una configuración mínima (Epitech Spain, 2023). Ruby on Rails generalmente es utilizado del lado de la lógica de negocio, no importando si el enfoque es móvil o web. Su alta popularidad y extensa comunidad hacen que sea una elección predilecta para la construcción de funcionalidades.

Java Spring

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos y una plataforma de software ampliamente utilizados que se ejecuta en miles de millones de dispositivos, incluidos ordenadores portátiles, dispositivos móviles, consolas de juegos, dispositivos médicos y muchos otros. Las reglas y la sintaxis de Java se basan en los lenguajes C y C++ (Ibm, 2024).

Spring es el marco de creación de código más popular para Java empresarial, para crear código de alto rendimiento, liviano y reutilizable. Spring, ofrece como elemento clave el soporte de infraestructura a nivel de aplicación, brindando un completo modelo tanto para la configuración como para la programación de aplicaciones empresariales (Muradas, 2018).

PostgreSQL

Es un sistema de bases de datos de código abierto que se destaca por su capacidad de adaptación y su cumplimiento con el estándar SQL. Actualmente se considera uno de los motores de base de datos más avanzados en la industria (Reicek, 2015). Posee características fundamentales de seguridad como atomicidad y consistencia, aspectos indispensables para el manejo de transacciones monetarias. Es por excelencia una de las bases de datos más utilizadas por la industria, esto provoca que cuenta con varias librerías que faciliten su uso e integración.

MongoDB

MongoDB es una base de datos de documentos que ofrece una gran escalabilidad y flexibilidad, y un modelo de consultas e indexación avanzado (MongoDB, s. f.).

2. Librerías de realidad aumentada

Viro-React

ViroReact es una plataforma para que los desarrolladores creen rápidamente aplicaciones nativas de realidad aumentada/realidad virtual multiplataforma utilizando React Native (Viro Community, 2021.).

El ecosistema de ViroReact está optimizado para la creación de aplicaciones con realidad aumentada o realidad virtual utilizando React Native, por lo que es una de las librerías más populares para utilizar realidad aumentada/realidad virtual.

ARKit

ARKit se define como un tipo de tecnología enfocada en la realidad aumentada, que funciona como una librería para esta y que fue lanzada por los sistemas de Apple en el año de 2017 (Navarro, 2024). Siendo una librería con soporte por parte de Apple, es posible encontrar características de desarrollo enfocadas a los dispositivos de la misma compañía, por lo que su compatibilidad con tecnología Android o de otros fabricantes puede resultar inestable.

ARCore

ARCore es la plataforma diseñada por Google y que se beneficia de varios recursos que le permiten al smartphone reconocer, analizar y sobre todo, interactuar con el entorno. Es capaz de detectar elementos como movimiento, tamaño y ubicación de diferentes superficies horizontales, verticales y anguladas, así como estimar las condiciones de luz del lugar en el que se encuentra el usuario (Yeeply, 2024).

H. Pruebas y validación de experiencia de usuario

El contar con retroalimentación en fases tempranas del desarrollo de un nuevo producto de software es de vital importancia para identificar aquellos puntos de mejora en el sistema, a su vez, proporciona la ventaja de iterar con una perspectiva clara de lo que se desea alcanzar. Existen gran cantidad de metodologías con diversos enfoques en cuanto a experiencia de usuario se refiere. Sin embargo, el rasgo compartido es constante: profundizar en la interacción del usuario con el producto.

1. Cinco, el número mágico para pruebas de experiencia de usuario

El número de usuarios adecuados para realizar pruebas siempre ha sido tema de discusión, principalmente por el uso elevado de recursos como tiempo y dinero que se utilizan para esta fase del desarrollo de un producto nuevo.

Una investigación realizada por Jakob Nielsen y Thomas Landauer en 1993 provee un enfoque distinto al tradicional respecto a las pruebas con usuarios. El estudio indica que los primeros cinco participantes permitirán observar el 80% de los problemas de usabilidad. Esto se debe a que, con cada usuario adicional en la prueba, disminuye la cantidad de hallazgos nuevos debido a la repetición de comportamientos y errores ya observados en usuarios anteriores. Es por esto que los investigadores sugieren tomar otro enfoque respecto a las pruebas. Se sugiere realizar distintos tipos de pruebas en grupos pequeños de usuarios en lugar de invertir recursos en un solo tipo de prueba con un grupo más grande.

Esta metodología permite una mayor productividad y flexibilidad en cada iteración, optimiza la gestión de recursos y facilita el descubrimiento de problemas específicos, que luego pueden ser abordados con soluciones más focalizadas en etapas avanzadas del proyecto. (Nielsen & Landauer, 1993)

El estudio de Nielsen y Landauer ha proporcionado un nuevo marco de trabajo en cuando a pruebas de usabilidad se refiere, es por esto por lo que muchas organizaciones han priorizado la calidad y diversidad antes que la cantidad, haciendo énfasis en encontrar hallazgos que puedan elevar el valor del producto como errores críticos o la búsqueda de patrones de uso.

2. Pruebas de usabilidad

Una forma de definir si una aplicación de software es usable, es evaluando si cumple con características de usabilidad. La usabilidad se define como el alcance de un producto o servicio usado por usuarios específicos, para lograr un objetivo con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico. (Miki, 2013)

Técnicas de investigación como observación, entrevistas y encuestas pueden ser aplicadas para realizar pruebas de usabilidad, todo esto con el objetivo de profundizar en la interacción del usuario con el software. El tiempo para completar determinadas tareas, los errores críticos cometidos y los patrones de uso identificados son algunas de las métricas más importantes al momento de probar software. Es fundamental registrar estos hallazgos para la mejora continua del producto que se está construyendo, esto asegura que el mismo en su versión final haya sido refinado mediante pruebas y se provea la mayor cantidad de valor posible a los clientes.

3. Pruebas con prototipos de papel

Una forma eficiente, barata y segura de obtener retroalimentación de un producto de software es realizando pruebas con prototipos de papel. Usar prototipos en papel es una gran manera de probar una idea y obtener retroalimentación rápidamente. Se puede probar para ver si una maquetación tiene sentido para los usuarios y hacer cambios rápidamente si aparecen problemas. Además de la maquetación, se puede probar la arquitectura de la información, el contenido, la estructura, los flujos de las tareas y el diseño de interacción (Artigas, 2023).

La creación de prototipos de papel permite enfocar las pruebas a aspectos como navegación dentro de un sistema, comprensión de los elementos visuales y validación del flujo cognitivo que los usuarios siguen. La flexibilidad de su naturaleza permite iterar sobre los mismos diseños para ajustar aquello que aún no presenta el valor esperado. Las pruebas con prototipos de papel, dadas sus características más importantes, son consideradas como una técnica eficiente para realizar un primer acercamiento en la búsqueda de retroalimentación por parte de los usuarios.

I. Pruebas de software

Las pruebas en el desarrollo de software son de vital importancia ya que aseguran que se está creando un producto tecnológico que se adhiere a las mejores prácticas del mercado, que el funcionamiento individual de cada componente es el esperado y que su interacción en conjunto con más partes del proyecto opera según lo esperado.

1. Análisis estático

El análisis de código estático es el que se realiza, a diferencia del análisis dinámico, sin ejecutar el código, mediante una serie de métodos de análisis que se pueden ejecutar sobre el código fuente de una aplicación (Go4IT Solutions, s.f.).

Por lo general, este tipo de prueba se realiza durante el proceso de desarrollo de código, ayuda a crear una estructura limpia y evita que se cree código redundante o que pueda generar conflictos en el futuro.

2. Pruebas unitarias

Acaso el tipo de prueba de software más común. Las pruebas unitarias son de muy bajo nivel y se realizan cerca de la fuente de la aplicación. Consisten en probar métodos y funciones individuales de las clases, componentes o módulos que usa el software (Pittet, s. f.). Se prioriza este tipo de pruebas dado que reflejan el estado actual del proceso de desarrollo, además de requerir poco esfuerzo para su elaboración. Se considera como buena práctica actualizar las pruebas unitarias al mismo tiempo que se crean nuevas funcionalidades, esto, entre varios motivos, para ahorrar deuda técnica y asegurarse de que el programa está siendo sometido a escenarios para comprobar su calidad y eficiencia.

3. Pruebas de integración

Las pruebas de integración verifican que los distintos módulos o servicios utilizados por la aplicación funcionan bien en conjunto. Estos tipos de pruebas son más costosos de ejecutar, ya que requieren que varias partes de la aplicación estén en marcha (Pittet, s. f.). Este es el siguiente nivel de pruebas que se pueden aplicar al software. Es necesario contar con cierto desarrollo previo de las funcionalidades de interés. Se busca corroborar que aquellos módulos de mayor importancia puedan interactuar entre sí de forma fluida y eficiente. Este tipo de pruebas ayuda a identificar problemas de comunicación o lógica que puedan afectar el desarrollo a futuro, siendo estas las indicadas para la minimización de riesgos potenciales que perjudiquen la totalidad del sistema.

4. Pruebas automatizadas

Las pruebas automatizadas consisten en la aplicación de herramientas de software para automatizar el proceso manual de revisión y validación de un producto de software que lleva a cabo una persona. (Rehkopf, s.f). Generalmente, la realización de estas pruebas ya no realizadas por el mismo desarrollador del sistema, sino por un tercero especializado en esta tarea. Se busca verificar el correcto funcionamiento de todos los eventos, módulos, componentes y especialmente del ciclo de vida y flujo del sistema.

V. Metodología

El enfoque mixto de la realización del proyecto requería del uso de métodos de distintas naturalezas. Se debía de realizar un estudio de marketing con el propósito de conocer la viabilidad del proyecto en la sociedad guatemalteca actual, además del desarrollo de la aplicación móvil por medio de diversas herramientas tecnológicas, ejecutar pruebas con usuarios reales e iterar con el fin de mejorar y refinar aquello que necesitara ajustes.

A. Investigación y análisis

Para esta fase se hizo un análisis a la industria de las pasarelas de pago virtuales en Guatemala por medio de la elaboración de un *briefing* de marketing, en el cual se analizaron diversos escenarios y datos de relevancia para el trabajo. A su vez, se utilizaron técnicas de recopilación de información como entrevistas y encuestas con el fin de comprender de primera mano la experiencia de los usuarios en el sector alimenticio informal con el uso de efectivo en sus transacciones, métodos de pagos digitales y el conocimiento sobre tecnologías de realidad aumentada. Los resultados fueron registrados de forma ordenada para su posterior análisis utilizando herramientas de análisis de datos como Excel.

1. Briefing de marketing

Se elaboró un estudio de mercado para entender cuál es la situación actual del mismo, profundizar en desafíos y oportunidades, esto primordialmente enfocado a la adopción de tecnologías de pago.

Situación actual del negocio

El prototipo de una pasarela de pago utilizando realidad aumentada surgió como respuesta ante necesidades identificadas en el sector alimenticio informal de Guatemala. En la actualidad, es posible identificar que esta área del mercado guatemalteco está quedando relegada a las prácticas tradicionales en cuanto al proceso de compraventa se refiere. La creación de una pasarela de pago usando realidad aumentada propone un cambio en la interacción de la naturaleza de los pagos, teniendo como consecuencia un marco de inclusión financiera para el sector alimenticio informal del país.

Objetivos comerciales y de marketing

Se determinaron los objetivos comerciales que podrían estar detrás de la creación e implementación de una pasarela de pago utilizando realidad aumentada en el sector alimenticio informal de Guatemala.

- Identificar las necesidades operacionales de los compradores y vendedores del sector alimenticio informal de Guatemala.
- Posicionar el prototipo como una solución eficiente y accesible.
- Informar a los compradores y vendedores sobre las ventajas de contar con esta herramienta y como la inclusión financiera puede aumentar sus beneficios.
- Generar demanda y confianza en el producto.

Estrategia de marketing propuesta

Marketing digital: Utilizar redes sociales y medios de comunicación masiva para informar a compradores y vendedores del sector alimenticio informal sobre la existencia de nuevas tecnologías de pago y su uso sencillo.

Pruebas piloto: Identificar entornos de interés como mercados municipales en donde realizar pruebas para evidenciar la eficiencia y confiabilidad del producto.

Educación: Difundir por medio de campañas pagadas los puntos más importantes de las tecnologías de pago digitales y cuales son los beneficios para los compradores y vendedores.

Cliente objetivo

Pequeños vendedores del sector del alimenticio informal que buscan soluciones para ampliar las opciones de cobro, además de una forma de gestionar sus transacciones efectivamente.

Compradores de comercios informales del sector alimenticio que buscan alternativas de pagos seguras y eficientes, para así reducir su dependencia con el efectivo.

2. Análisis del micro y macroentorno

Se realizó un análisis detallado del micro y macroentorno en el cual el prototipo de pasarela de pago sería implementado. Para el microentorno se identificaron a los actores principales de la industria tales como clientes y colaboradores, así como el nivel de competitividad del sector de pasarelas de pago en el país. Respecto al análisis macro ambiental, se evaluaron datos relevantes de Guatemala en cuanto a política, economía y tecnología, todo esto enfocado a las pasarelas de pago digitales.

Análisis microambiental

Se identificó que los clientes serían vendedores y compradores del sector alimenticio informal de Guatemala. Competidores directos aplicaciones móviles de

pago como Zigi, Cuik y Fri e indirectos otros métodos de pago digitales como Paggo y MiPOS. Entre los colaboradores ideales se listaron instituciones bancarias y empresas de tecnologías nacionales e internacionales que buscan irrumpir en el sector informal.

Cinco fuerzas de Porter

Se utilizó el modelo de las cinco puertas de Porter para elaborar un análisis de competencia y los factores relevantes que podrían influir en la viabilidad de la creación de una nueva pasarela de pago utilizando realidad aumentada.

Rivalidad entre competidores: Aplicaciones como *Zigi*, *Cuik* y *Fri* ya se encuentran establecidas como competidores fuertes, contando con apoyo comercial y operacional, sin embargo, la influencia que poseen en el sector informal aún es limitada.

Amenaza de nuevos entrantes: Actualmente, no existe ningún producto en el mercado que se enfoque en su totalidad a cubrir el proceso de pago en el sector alimenticio informal del país. Sin embargo, al ser un sector con tanta actividad económica, no sería una sorpresa que ya se encuentren en desarrollo soluciones de este tipo.

Poder de negociación de los proveedores: El desarrollo de una pasarela de pago involucra diversos actores que participan directa e indirectamente en el proyecto. En Guatemala aún no existe legislación o regulación específica aplicable a las Fintech. Sin embargo, debido al rápido crecimiento y evolución de este ecosistema en el país, la Junta Monetaria, a través de las propuestas de la Superintendencia de Bancos (SIB), ha emitido, en los últimos cinco años, normativas relacionadas con la gestión de riesgos tecnológicos (Consortiumadmn, 2024). La adhesión al marco legal y mercantil del país es indispensable para que el proyecto alcance el éxito esperado. A su vez, es imprescindible contar con el apoyo del sector bancario del país, dado que la pasarela de pagos necesita integración con los recursos bancarios de cada usuario para el manejo eficiente y seguro del dinero utilizado.

Poder de negociación de los clientes: El reto consiste en lograr que los compradores y vendedores encuentren valor en la aplicación. Se debe de construir la confianza para atraer clientes y proveer un servicio excelente para retenerlos.

Amenaza de productos sustitutos: Las amenazas potenciales surgen de los métodos de pago ya existentes, tanto de los modernos como del uso tradicional de efectivo, a su vez, se debe de prestar especial atención a las nuevas tecnologías que surjan.

Análisis macro ambiental

Político: Guatemala aún no cuenta con políticas sólidas para el manejo de tecnologías de pago digitales, sin embargo, ya existen iniciativas y organizaciones que están luchando para que esto cambie y se avance en pos de un marco político que impulse a esta industria. Por otra parte, Guatemala es un terreno fértil, posee la Tasa de Emprendimiento Temprano (TEA) más alta del mundo (29.4%).

Tres de las cuatro fases del proceso emprendedor (emprendimiento potencial -47.3%-, emprendimiento temprano -29.4%- y emprendimiento establecido -11.6%-) son superiores en Guatemala que en Latinoamérica y que en las tres categorías de países según nivel de ingreso (Facultad de Ciencias Económicas Universidad Francisco Marroquín & Centro de Emprendimiento Kirzner, 2023). Es importante mencionar que aspectos fiscales y burocráticos podrían ser barreras para el comienzo de cualquier negocio de tecnología en el país. A pesar de todo, el futuro de los negocios tecnológicos en el país es esperanzador, organizaciones gubernamentales cada vez se encuentran más interesadas en este sector y actores importantes como empresas multinacionales empiezan a ver a Guatemala y el resto de Centroamérica como una región con potencial.

Económico: El sector informal en Guatemala registra una parte mayoritaria del empleo a nivel nacional. Tradicionalmente este sector ha dependido del uso de efectivo para realizar las transacciones, esto repercute en una limitante importante en cuanto a inclusión financiera se refiere. La integración de un producto como el que se está construyendo puede revertir esta situación, creando un nuevo canal para que los comercios informales puedan integrarse al ecosistema tecnológico del país.

Social: El integrar una herramienta como una pasarela de pago digital puede generar desconfianza en el sector al que se está apuntando, esto, entre otros motivos, debido a la falta de educación respecto a la tecnología y el miedo a sufrir estafas o robos. Es por lo anterior que se pretende que este producto innovador ingrese en un segmento de la población joven y que esté abierto a utilizar herramientas nuevas que integren tecnología disruptiva. La aceptación de este nuevo producto radica en utilizar la estrategia correcta para un acercamiento adecuado al mercado y al sector de la población seleccionado.

Tecnológico: El uso de realidad aumentada está en auge desde hace varios años en diversos sectores de la vida. A su vez, la digitalización de los procesos de compraventa y transacciones bancarias han adoptado el uso de nuevas tecnologías para que estas operaciones sean más eficientes y seguras. El prototipo busca utilizar estrategias de desarrollo de software y diseño para que la interacción con el usuario final sea amigable, eficiente y brinde ese componente de seguridad tan necesario.

Situación del entorno tecnológico en Guatemala: Es importante conocer el panorama actual de Guatemala en cuanto a la industria tecnológica y la disponibilidad de conectividad a nivel nacional, son estos dos aspectos los que poseen un peso especial dado que el prototipo de pasarela de pago utilizando realidad aumentada necesita de conexión a internet y de otros varios recursos de esa misma naturaleza para operar correctamente.

En 2023, la Superintendencia de Bancos (SIB) informó que el sector Fintech en Guatemala tiene diferentes etapas en su madurez por la diversidad de verticales en las que están incursionando estas empresas tecnológicas en Guatemala como las billeteras móviles y remesas (21%), le siguen los créditos digitales (19%), y las pasarelas de pago (19%), refieren datos de la Asociación Fintech de Guatemala, la cual aglomera 38 empresas, 26 socios estratégicos y nueve aliados (Espino, 2023). El sector tecnológico aún se encuentra en una fase temprana de desarrollo, sin embargo, es evidente su potencial y cómo poco a poco han surgido más proyectos en que buscan obtener el mayor beneficio posible de este mercado.

En Guatemala aún no existen regulaciones específicas para el sector Fintech, por lo que su manejo es ambiguo, sin embargo, diversas organizaciones, entre ellas la Superintendencia de Bancos, han hecho esfuerzos en la materia para comenzar a colocar las primeras piedras que constituyan un marco regulatorio óptimo para el sector según sus necesidades. Este punto es especialmente importante dado que un producto de software que gestione recursos monetarios debe de adherirse a los requerimientos legales en todos los procesos que envuelvan el funcionamiento correcto de la herramienta construida.

En cuanto a conectividad, para enero de 2023, en Guatemala había 10,86 millones de usuarios de internet, siendo la tasa de penetración del 60,4% de la población total a inicios de ese mismo año (Kemp, 2023). Si se profundiza un poco más en el sector de la conectividad, es posible apreciar que, para el primer semestre del 2024, el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda reportó que 91.32% de los usuarios utilizan líneas móviles, mientras que el 8.68% restante utilizaban líneas fijas (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, 2024). Lo anterior es importante ya que sienta el precedente de que en Guatemala la población cuenta con conectividad móvil, aspecto fundamental para el uso de una pasarela de pago móvil dada su necesidad de conectarse a internet.

A su vez, es importante resaltar el hecho de que Guatemala cuenta con precios de internet móvil bastante accesibles, siendo Honduras el país con el internet más barato en USD 0.40, seguido de Guatemala con USD 1.02 por gigabyte de internet móvil, en este mismo campo, Panamá es el país con las tasas más altas siendo USD 3.87 (Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales Universidad Francisco Marroquín, 2023). El contar con un porcentaje alto de población con conexión a internet, mayoritariamente móvil, además de precios accesibles a este recurso hace de Guatemala terreno fértil para la creación e implementación de productos digitales. La infraestructura de conectividad ya está establecida y se prevé que se continúe expandiendo con el tiempo, así como la incorporación de nuevas tecnologías como el 5G o la llegada de elementos innovadores como Starlink.

Ecológico: El uso de pasarelas de pago digitales reduce significativamente el uso de papel para generar documentos contables. La versión final de este producto planea contar con una infraestructura montada en la nube, por lo que los recursos tecnológicos que se consumirían estarían siendo provistos por un tercero a razón de la demanda requerida. Empresas tecnológicas como Amazon proveen servicios tecnológicos según lo requiera el sistema. Dicha empresa se ha comprometido en los últimos años a reducir su huella de carbono al implementar estrategias que hagan más eficiente el consumo de energía y la distribución de sus servicios.

Legal: El funcionamiento del producto debe de adherirse a la normativa local, así como al marco del registro mercantil y las estipulaciones creadas por el sector bancario del país.

3. Segmentación

Se identificaron datos demográficos, psicográficos, geográficos y comportamentales para crear el perfil de usuario en el que se enfocarían los esfuerzos de marketing.

Demográficos: Personas de 20 a 40 años con ingresos medio-bajos. El rango de edad seleccionado permite que estén familiarizados con la tecnología y por lo tanto cuentan con potencial para aceptar el producto de mejor forma.

Psicográficos: Individuos con alta receptividad a la adopción de nuevas tecnologías.

Geográficos: Mercados municipales y áreas urbanas de la ciudad de Guatemala con alta actividad comercial.

Comportamentales: Usuarios que consumen en comercios informales y que utilizan efectivo como forma de pago pero que están relacionadas con métodos de pago modernos como tarjetas bancarias o aplicación móviles.

Posicionamiento

Se construyó la declaración de posicionamiento del producto, la misma establece de forma clara para quien se está construyendo la aplicación, con qué motivos y los beneficios que se ofrecen.

Declaración de posicionamiento

Para vendedores y compradores en mercados informales que necesitan un producto para realizar sus transacciones de forma eficiente y segura. Este prototipo de pasarela de pago con realidad aumentada es una herramienta fácil de usar que agiliza pagos digitales y mejora la experiencia de compraventa. A diferencia de otras tecnologías de pago que no atienden las necesidades del sector informal, el producto ofrece una tecnología confiable y fácil de usar.

4. Diseño de estrategias y herramientas

Con el fin de garantizar el mayor alcance posible, se trazaron estrategias y herramientas para llegar al consumidor. Se tomaron en cuenta aspectos como precios, canales de distribución y medios de comunicación para realizar promociones.

Producto

Se hace énfasis en aquellas características que el producto debe de tener. El enfoque fue la usabilidad de la aplicación, los costos para los usuarios y el nivel de soporte técnico para la resolución de problemas.

Adaptación a las necesidades del sector informal: Dada la naturaleza de las transacciones en el sector alimenticio informal, las funciones de la aplicación deben de contar con una respuesta rápida y un diseño intuitivo para facilitar la accesibilidad. Para la construcción de la aplicación tomar en cuenta la psicología del consumidor, teoría del color y los principios de usabilidad.

Bajo costo de entrada: El prototipo inicialmente tendrá todas las funcionalidades principales gratis. Al pagar una cantidad mínima se podrá acceder a nuevas funcionalidades y suscripciones para descuentos, entre otros beneficios.

Soporte: Se debe de contar con un sistema de instructivos, guía para la resolución de problemas y un servicio atención al cliente rápido y eficiente.

Precio

Se trazaron estrategias para el manejo del precio a cobrarle a los usuarios, así como la opción de aceptar anuncios de terceros dentro de la aplicación para generar ganancias.

Precios accesibles: El usuario podrá decidir si desea pagar un precio extra para poder acceder a nuevas funcionalidades y desbloquear suscripciones con diversas ofertas.

Publicidad: Permitir que anunciantes puedan publicitar sus productos o servicios en la aplicación y cobrar por los mismos.

Distribución

Distribución directa: Implementar la distribución a través de mercados locales, asociaciones de vendedores y plataformas móviles para alcanzar a los usuarios directamente en su entorno.

Apoyo local: Colaborar con entidades locales que ya tienen relaciones con los vendedores informales para facilitar la introducción del prototipo en el mercado. Abocarse con organizaciones que operen en el comercio informal. Tales como la municipalidad de Guatemala encargada del manejo de los mercados municipales y líderes de comités del sector informal de la economía.

Promoción

Marketing digital: Promoción de la aplicación utilizando redes sociales aplicando estrategias de segmentación que proveen empresas como Meta o Tik Tok.

Influencers: Colaborar con los influencers más grandes del país para que den visibilidad masiva al producto por medio de demostraciones cortas en escenarios reales, todo esto de forma didáctica y amigable.

Capacitación: Ofrecer sesiones informativas para que los usuarios puedan conocer de primera mano el producto. Estas sesiones podrían proporcionar opiniones para futuras actualizaciones, por lo que es importante prestar especial atención a los comentarios de los usuarios.

Estudio de Mercado

Con el fin de profundizar en la comprensión de las actitudes y comportamientos de los usuarios respecto al uso de efectivo, las tecnologías de pago disponibles y el conocimiento sobre realidad aumentada, se realizaron dos tipos de investigaciones utilizando técnicas de recopilación de información como encuestas cuantitativas y entrevistas cualitativas.

Esta fase se desarrolló en entornos de interés, tales como mercados municipales, puestos de comida ambulantes, entre otros comercios de tipo informal. La entrevista se enfocó a consumidores y vendedores del sector alimenticio informal de entre 20 a 40 años. Al final de este proceso se entrevistaron a 50 personas.

Encuestas cuantitativas

Se crearon y realizaron encuestas cuantitativas las cuales buscaban medir las opiniones de los usuarios respecto al uso de efectivo, las diversas tecnologías de pago digitales y la realidad aumentada. Se tuvieron en cuenta aspectos demográficos los cuales se definieron en la sección anterior del trabajo.

Entrevistas cualitativas

A diferencia de las encuestas, las entrevistas cualitativas buscaban profundizar y comprender las razones que sustentaban las respuestas de los usuarios en el apartado del encuestado.

Durante las mismas se buscó sostener una conversación corta y fluida sobre opiniones respecto al uso de efectivo, uso de tecnologías para realizar pagos y conocimiento sobre realidad aumentada.

En cuanto al uso de efectivo, se buscó conocer la frecuencia de uso para realizar pagos, las razones por este método son utilizado, si han surgido problemas y de qué naturaleza fueron, así como ventajas y desventajas.

Respecto al uso de tecnología para realizar pagos, las entrevistas se centraron en comprender si los entrevistados poseían conocimientos sobre los diversos métodos de pago como tarjetas bancarias o aplicaciones móviles, cuál había sido su experiencia con las mismas, si existían impedimentos para usar más este tipo de herramientas y las características deseadas que facilitarían el uso.

El último tema abordado en las entrevistas cuantitativas fue el de realidad aumentada, se comenzó tratando de comprender si los usuarios habían escuchado hablar de este tema, los conocimientos que poseían al respecto y cuáles serían sus opiniones si una herramienta de pago adoptara esta tecnología.

Análisis de datos

Se registraron los datos de las entrevistas y encuestas realizadas de forma ordenada. Se utilizó Excel para trazar gráficos que ayudaran a comprender de forma visual los hallazgos más relevantes, con los mismos como guía se preparó la siguiente fase del proyecto, la cual consistió en el proceso de desarrollo del prototipo de una pasarela de pago utilizando realidad aumentada.

B. Análisis de solución

Con el fin de crear una aplicación que permita la transacción monetaria entre las entidades de comprador y vendedor, es necesario el diseño de una arquitectura que

vaya acorde con la problemática que se desea solucionar. Contar con una arquitectura flexible, segura y eficiente es fundamental para un correcto funcionamiento del software.

1. Definición de requisitos

En esta fase se definieron los requisitos funcionales y no funcionales que la aplicación móvil podría gestionar, es decir, el funcionamiento que tendrá y con qué información lo hará. Además, se identificaron los principales aspectos de seguridad para tener en cuenta y en qué casos se aplicarían.

Requisitos funcionales

- Enfoque móvil
- Permitir la creación y registro de usuarios
- Realizar una transacción entre la entidad de vendedor-comprador.
- Registrar las transacciones realizadas.
- Generación de un código único utilizando realidad aumentada que habilite una transacción.

Requisitos no funcionales

- El sistema no maneja demasiada información. El registro de cada pago tendrá un tamaño de 1 kilobyte.
- No existe ninguna comunicación con algún servicio de un tercero que se deba de tomar en cuenta.
- Se estima que se usará por 100 usuarios.
- Se estima que se usará por 50 usuarios al mismo tiempo.

Características de seguridad y casos de uso

Tras identificar los requisitos funcionales y no funcionales, se realizó un análisis de las características de seguridad que debían de estar presentes en el prototipo de pasarela de pago. El aspecto de seguridad es de vital importancia dado que el sistema administra datos sensibles del usuario como lo pueden ser las credenciales para ingresar a la plataforma. Por medio del Cuadro 1 es posible identificar en qué casos se utilizará cada mecanismo de seguridad. Esto permite comprender el alcance de cada estrategia y de qué forma se aplican cuando el usuario interactúa con la aplicación.

Cuadro 1: Listado de características de seguridad y casos de uso

Característica de seguridad	Caso de uso
Autenticación	El usuario ingresa a la aplicación con sus credenciales. Se validan que las mismas sean las correctas y se permite el acceso, de lo contrario se alerta que no se está utilizando la información correcta.
Encriptación de datos	El usuario crea una contraseña al momento de registrarse en la aplicación. Se aplica el algoritmo de encriptación <i>SCRYPT</i> para que la información sea encriptada.
Políticas de contraseñas	Al crear un usuario, el sistema obliga a que se cree una contraseña mayor a 6 caracteres y utilice valores alfanuméricos y símbolos. De lo contrario no permitirá que se registre un usuario.
Restricción de visibilidad de datos sensibles	El usuario ingresa su contraseña de correo electrónico y el campo de texto restringe que los caracteres ingresados sean visibles, se muestran símbolos en lugar de la contraseña correcta.

2. Diseño de componentes y servicios

En esta etapa se identificaron los componentes y servicios de software que la aplicación debía de poseer para un funcionamiento óptimo. A la vez que se definió el sistema de comunicación que existiría entre los mismos. Se buscó que tanto los componentes, servicios y mecanismos de comunicación fueran modulares y escalables. El uso de esta estrategia permite que el proceso de mantenimiento sea sostenible y que el agregar nuevas funcionalidades en el futuro sea más sencillo y eficiente.

La Figura 1 ayuda a comprender de mejor forma las piezas de interfaz gráfica que se utilizan y cual es la funcionalidad de cada una. El diagrama de componentes es especialmente útil en el diseño de la experiencia de usuario dado que ya se tiene concretado lo que hará cada componente lo cual evita confusiones respecto a responsabilidades compartidas, además, si una función se repite, se diseñan componentes reutilizables y se evita hacer esfuerzos innecesarios.

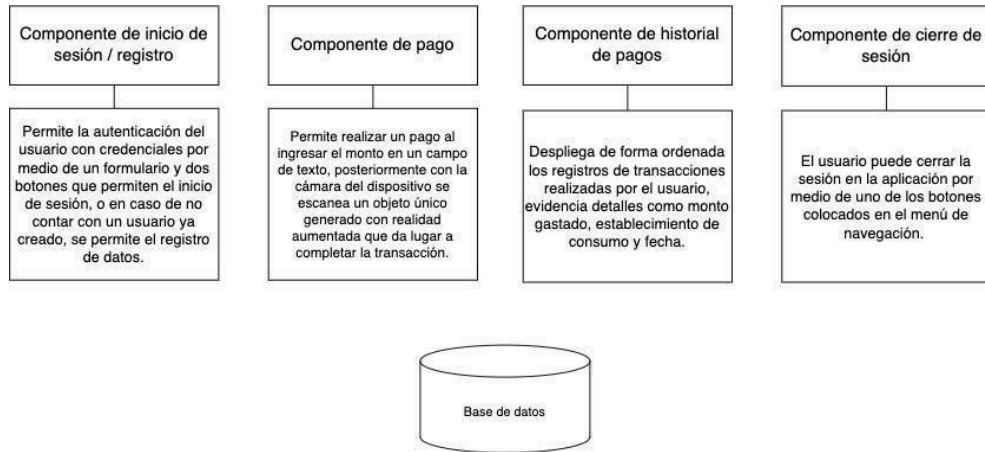


Figura 1: Diagrama de componentes

El diagrama de servicios se enfoca más en las funcionalidades del lado de la lógica de negocio. Evidencia qué tiene que hacer cada servicio y la comunicación con el resto de los servicios del proyecto. La Figura 2 hace especial énfasis en la comunicación con la base de datos dado que la aplicación depende estrictamente de la información almacenada y de realizar acciones con la misma cuando sea necesario, como lo puede ser validación de credenciales o renderización de registros ordenados. Este diagrama permite obtener una perspectiva amplia del funcionamiento interno de la arquitectura de la aplicación. Dado que cada servicio es uno en sí mismo, la adhesión de nuevos resulta más sencillo dado el nivel de desacoplamiento que existe, haciendo la aplicación modular y altamente escalable para el futuro.

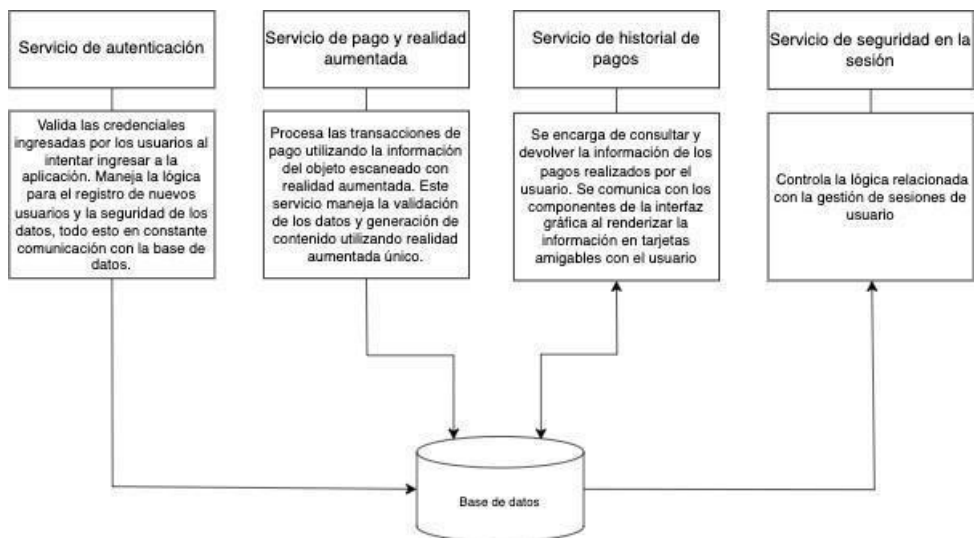


Figura 2: Diagramas de servicios

Comunicación

La comunicación entre servicios y componentes se definió utilizando el protocolo Hypertext Transfer Protocol (HTTP), el cual provee flexibilidad y facilidad de uso. La comunicación se basa en la implementación de un esquema cliente-servidor mediante métodos de manejo de información, estos enfocados principalmente en recibir, almacenar y actualizar registros.

3. Diseño de solución

El diseño de la solución a nivel técnico se desarrolló en respuesta a la información recopilada en el apartado de entrevistas y encuestas, además de tener en cuenta los requisitos funcionales y no funcionales, los aspectos de seguridad y los diagramas con las arquitecturas de componentes y servicios.

La aplicación tiene un funcionamiento secuencial el cual se representa en la Figura 3. Siendo la interfaz de usuario la primera capa y por la cual el usuario tendrá acceso. La siguiente capa es la de la lógica de negocio, la misma, como su nombre lo indica, es la encargada de manejar la lógica que hace operar a la interfaz gráfica correctamente. La capa de acceso a información es un filtro previo al almacenamiento de datos. Este enfoque de arquitectura permite que el funcionamiento sea ordenado y eficiente.

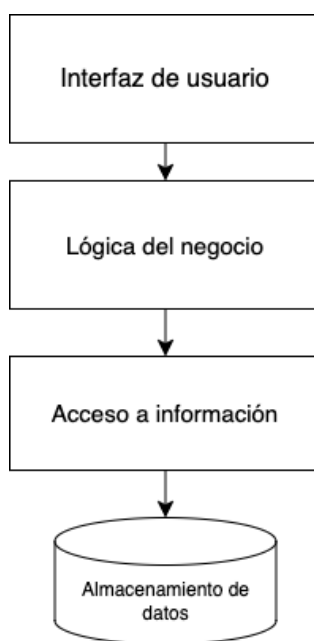


Figura 3: Diagrama lógico

Una forma ordenada de comprender la implementación de las tecnologías seleccionadas en los diversos servicios y componentes de la aplicación es por medio de la Figura 4, el cual representa el diagrama técnico. El mismo evidencia la comunicación entre las tecnologías utilizadas y los componentes de la aplicación.

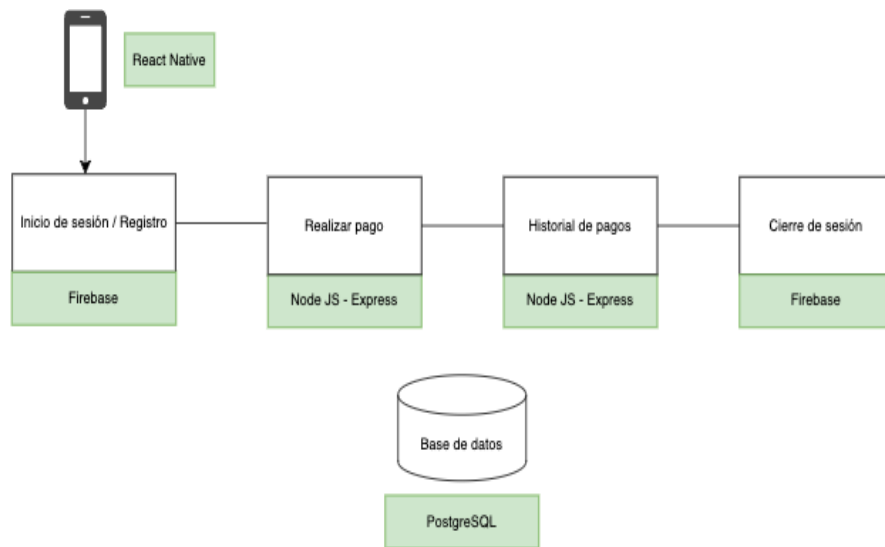


Figura 4: Diagrama técnico

C. Diseño y prototipado

Inicio del primer acercamiento al apartado de diseño y desarrollo del prototipo de la aplicación, esto basado en las funcionalidades más importantes y el flujo de interacción adecuado. El objetivo fue desarrollar un diseño eficiente e intuitivo que garantice al usuario contar con una experiencia agradable dentro del ecosistema. Para ello se realizaron diversas fases como el trazado de un diagrama para comprender la navegación del usuario así, el diseño a bajo nivel de las pantallas primordiales de la aplicación y la creación de prototipos de papel junto con las primeras pruebas con usuarios reales.

1. Diseño de wireframes

Tras realizar un análisis de los requerimientos funcionales y no funcionales, así como de los componentes y servicios, se crearon los primeros acercamientos al desarrollo del prototipo de aplicación por medio de bocetos. Se listaron cuales serían las funcionalidades primordiales que la aplicación necesitaría para operar correctamente y para ofrecer un buen servicio a los usuarios. Las principales fueron inicio de sesión/registro, realizar un pago, historial de pagos y cierre de sesión.

Se definió cuál sería flujo ideal que el usuario debía de seguir para poder realizar las acciones antes mencionadas con el menor esfuerzo y tiempo posible. Para ello se creó un diagrama de navegación representado en la Figura 5 el cual ayuda a visualizar las posibles acciones a realizar en la aplicación y cuales son los pasos para seguir por el usuario para llegar a las mismas. Este diagrama ayuda a comprender el recorrido dentro de la aplicación y las formas en las que este proceso podría optimizarse en las siguientes fases del proyecto.

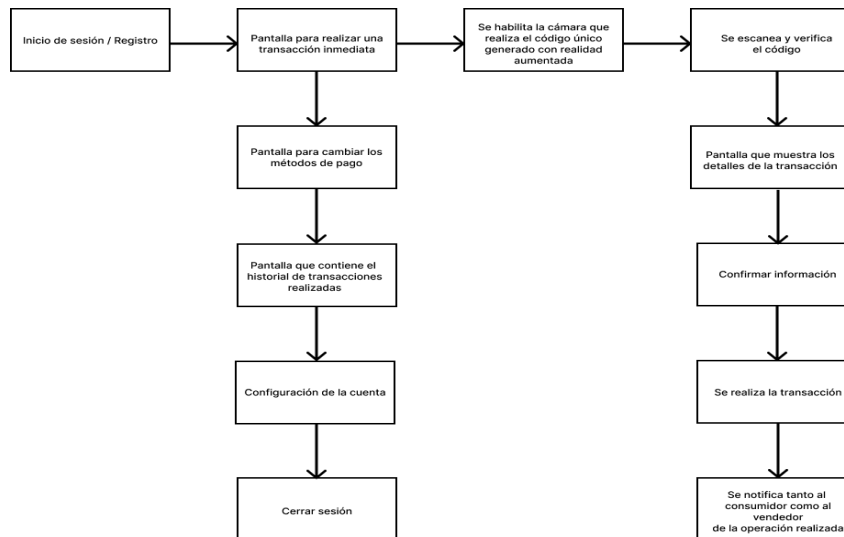


Figura 5: Diagrama de navegación en la aplicación

Se utilizó la herramienta de diseño Balsamiq para la creación de pantallas de baja representados en la Figura 6, esto con el objetivo de obtener una vista preliminar de la interfaz, asegurando una alineación con los requisitos establecidos, así como con el flujo de navegación propuesto en la sección anterior.

Un paso importante en esta fase fue la identificación de las necesidades del consumidor y el análisis del contexto en el que se usaría el producto. Un aspecto clave fue la naturaleza de las transacciones en el sector alimenticio informal, donde la velocidad y eficiencia son esenciales. En escenarios como la compra de vegetales o frutas en un mercado informal durante horas de gran afluencia, el vendedor puede estar atendiendo a varios clientes al mismo tiempo, lo que requiere que los pagos y cálculos de precios se realicen de manera rápida y precisa. Esto dio lugar a considerar utilizar solamente los elementos visuales necesarios, dado que se buscaban eliminar distracciones que obstaculicen el proceso de realizar una transacción utilizando la aplicación, esto también dio lugar a una selección inicial de la paleta de colores a utilizar. Se buscó que los colores transmitieran seguridad, confianza y eficiencia. Las paletas de colores contempladas fueron variaciones de morado y azul, ambos colores integrados con blanco.

Se definió que tanto botones, campos de texto, iconos y textos en general debían de ser los elementos que más destacaran en las pantallas, esto dado que son los mismos los que habilitan el acceso a las funcionalidades primordiales.

Un elemento visual importante fue el menú de navegación y su ubicación en la parte inferior de la pantalla. Esto dado que se consideró la ergonomía y accesibilidad en dispositivos móviles, ya que, al estar al alcance de los pulgares, facilita al usuario el acceso rápido y eficiente a las diferentes pantallas de la aplicación.

El menú de navegación se mantuvo consistente en la mayoría de las pantallas debido a su importancia en la interacción con la aplicación, así como la facilidad de poder acceder a las funciones más importantes desde cualquier parte de la aplicación. Se seleccionaron cuidadosamente los íconos utilizados, asegurando que cada uno

representara claramente la acción que habilitaba. Esta coherencia visual iba de la mano con los objetivos de garantizar eficiencia de uso de la aplicación, así como a la reducción del tiempo que los usuarios necesitan para familiarizarse con la interfaz, favoreciendo una experiencia fluida que cobra más importancia si se toma en cuenta el contexto de las transacciones aceleradas que requiere el sector informal alimenticio.

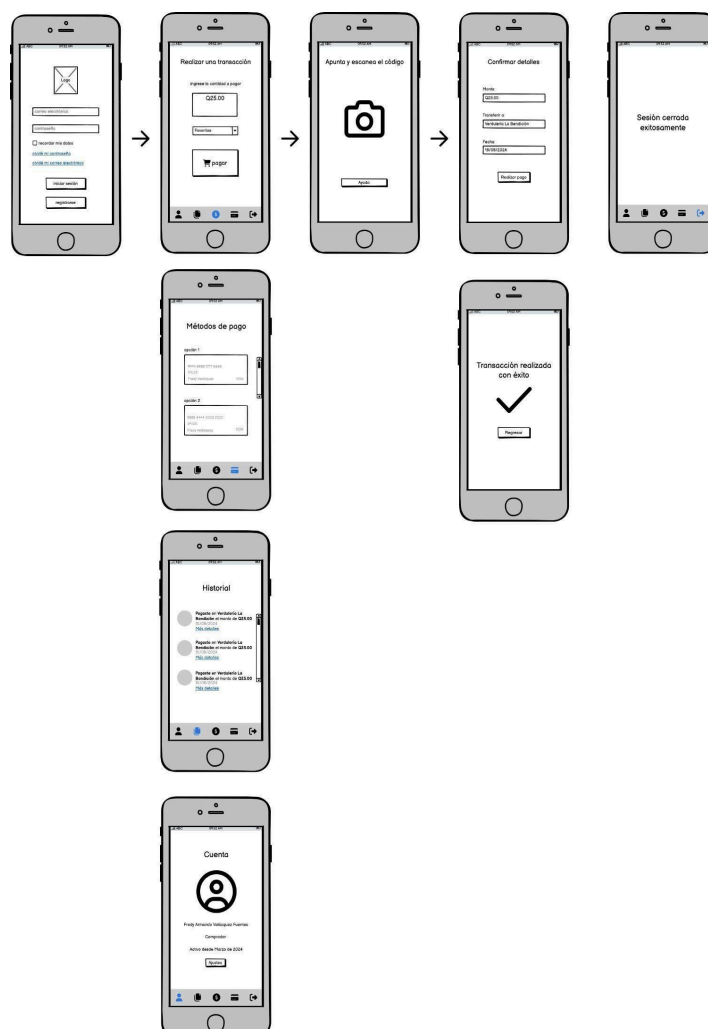


Figura 6: Diseño a bajo nivel de las pantallas

2. Recorrido cognitivo y creación de prototipos de papel

Una vez definido el flujo de navegación y el diseño a bajo nivel de las pantallas principales, se buscó una estrategia para conocer el recorrido cognitivo que podría seguir el usuario al momento de interactuar con la aplicación. Para ello se prosiguió con la creación de prototipos de papel, reflejados en la Figura 7, los cuales fueron elaborados utilizando materiales como hojas de papel, marcadores y lapiceros. Se buscó que los esfuerzos fueran enfocados a los elementos más importantes, es decir, botones, campos de texto, iconos y textos en general.

Se hicieron pruebas con usuarios en donde se plantearon diversas situaciones y tareas por completar, como realizar un pago, consultar el historial de los mismos y salir de la aplicación. Métricas como el tiempo tomado para realizar cada acción, los niveles de dificultad expresados, cantidad de errores cometidos y comentarios sobre los elementos visuales más atractivos fueron registradas en cuadros.

Toda la retroalimentación documentada fue útil para la siguiente fase la cual fue la construcción del prototipo a más alto nivel por medio de una interfaz gráfica amigable al usuario, así como para el desarrollo de la aplicación con sus funcionalidades operando correctamente.

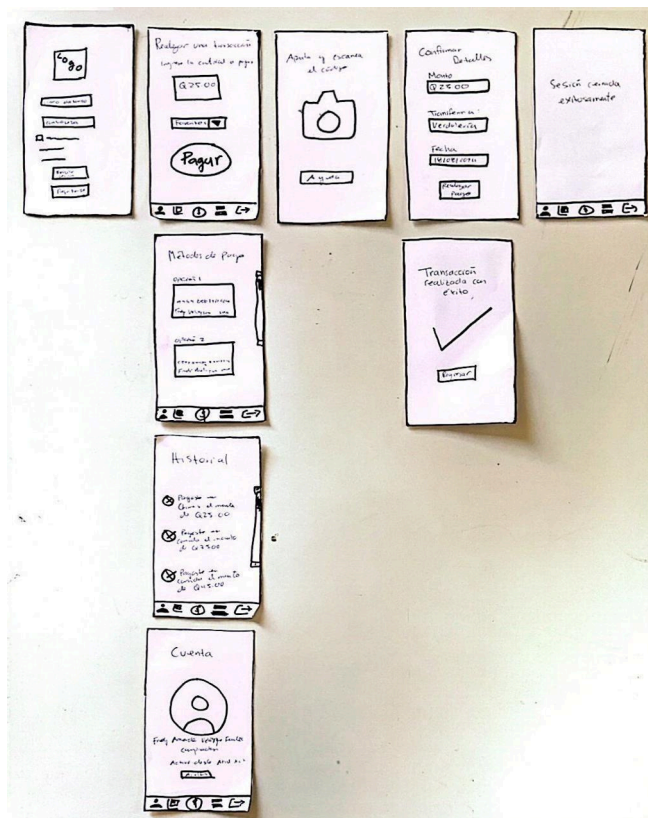


Figura 7: Prototipo en papel

3. Diseño de interfaz de usuario (UI):

Los resultados de las pruebas con el prototipo de papel dieron lugar a cambios y mejoras que se implementaron en esta fase del proyecto. Se tomaron en cuenta los errores principales que se cometieron al momento de realizar las tareas propuestas y se buscaron estrategias para que la experiencia de los usuarios con la aplicación fuera lo más clara y fluida posible.

Se buscó mantener un diseño consistente en toda la aplicación, solamente con los elementos necesarios en pantalla, siendo estos creados para que sean discretos, reflejen calidad de diseño y transmitan una experiencia de usuario satisfactoria. Se removieron elementos como menús desplegables y botones con funcionalidades secundarias, ya que los mismos producían sobrecarga visual al usuario, esto resultaba en desorientación y en un uso incorrecto de la aplicación.

La paleta de colores seleccionada radica en los colores azul y blanco. Estos colores fueron seleccionados según la psicología del color ya que transmiten emociones como limpieza y confiabilidad, atributos más que necesarios para una aplicación que administra un recurso tan valioso como lo es el dinero de compradores y vendedores. El color blanco fue implementado en el fondo de las pantallas, mientras que el color azul se utilizó en elementos como botones y cuadros de texto, ya que estos eran los que permitían realizar las diversas acciones de la aplicación.

A su vez, con la retroalimentación recibida, se rediseñó el componente del menú de navegación inferior. Los cambios realizados buscaban que su uso fuera más simple y claro ya que la funcionalidad de este componente es vital en toda la aplicación siendo el eje principal de la navegación. Se seleccionaron iconos con mayor cuidado para que reflejaran la acción que realizan los botones, a su vez, se agregó el nombre de cada acción para que el usuario pueda orientarse de mejor manera y así evitar confusiones.

La experiencia de usuario también jugó un papel importante al momento de realizar la interfaz de usuario. Se implementaron ciertos principios de usabilidad como simplificación de tareas, minimización de carga cognitiva y reducción de errores al contar con elementos virtuales de más ayuda. Las mejoras implementadas se reflejaron en los nuevos diseños que se listan a continuación.



Figura 8: Pantalla de inicio de sesión/registro



Figura 9: Pantalla de inicio y para realizar pago

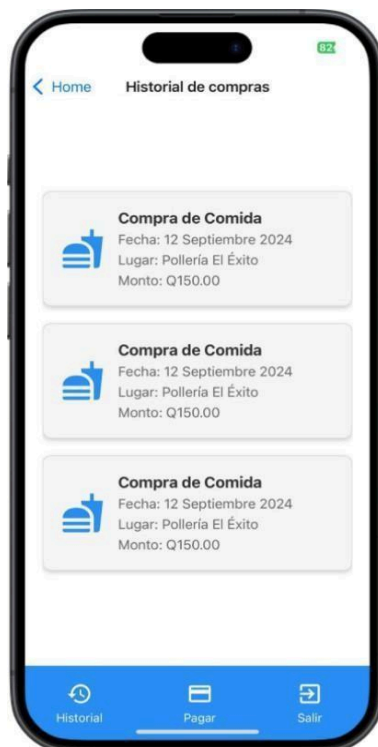


Figura 10: Pantalla de consulta de historial de pagos

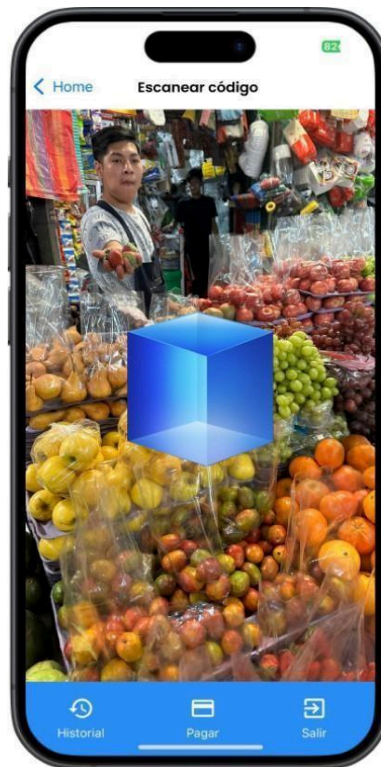


Figura 11: Pantalla para escanear objetos creados con realidad aumentada



Figura 12: Pantalla para la confirmación de datos de pago



Figura 13: Pantalla de pago realizado con éxito

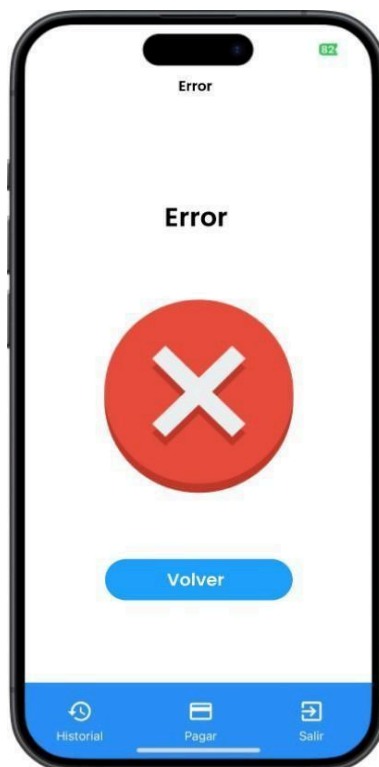


Figura 14: Pantalla de error

D. Desarrollo de la aplicación

En esta fase del proyecto se desarrolló el prototipo de pasarela de pago utilizando realidad aumentada tomando en cuenta todas las especificaciones identificadas en secciones anteriores. Se utilizaron las opiniones recopiladas durante las pruebas con prototipos de papel para que el proceso de desarrollo estuviese centrado en la experiencia de usuario, así como para que el uso de realidad aumentada fuese eficiente e intuitivo. Se configuraron las tecnologías seleccionadas en un ambiente compatible al mismo tiempo que se estructuraba la lógica de negocio tomando como referencia las arquitecturas y estrategias diseñadas para la navegación, servicios, componentes y mecanismos de comunicación.

1. Configuración del entorno de desarrollo

Tras un periodo de evaluación de las necesidades del proyecto, se conformó el conjunto final de tecnologías y librerías que se utilizarían para el desarrollo del prototipo de la aplicación. Se tomaron en cuenta características primordiales como eficiencia, escalabilidad y facilidad de integración en un ecosistema. El Cuadro 2 refleja la tecnología y la versión respectiva. Se configuraron las mismas para que fuesen compatibles entre sí. Se buscó la versión adecuada de cada paquete y se hicieron pruebas en un ambiente de desarrollo, en donde todas funcionaron correctamente.

Cuadro 2: Dependencias instaladas

Dependencia	Versión
Firestore	10.13.1
React-native	0.74.5
Node	20.8.0
Express	4.21.1
PostgreSQL	15.8
Uuid	10.0.0
Viro-react	2.41.6
ESLint	9.12.0
Pg	8.13.0
Jest	29.7.0
Cypress	13.15.0

2. Desarrollo de funcionalidades

Se describe el proceso técnico para la creación de los componentes y funcionalidades principales del prototipo de pasarela de pago utilizando realidad aumentada.

Inicio de sesión y registro

El inicio de sesión y el registro de usuarios son el punto de partida de la aplicación (Fig. 8). El uso de Firebase permite contar con métodos de seguridad como autenticación con correo electrónico y contraseña, manejo de errores para alertar sobre problemas en el proceso, almacenamiento seguro y cifrado de contraseñas usando el protocolo HTTPS y el algoritmo SCRYPT. A su vez, se personalizaron medidas adicionales a las que firebase otorga, tales como protección de la entrada de contraseñas en la interfaz de usuario al esconder los caracteres que se ingresan cuando el usuario escribe y establecer un formato específico para la creación de una contraseña, siendo este una cadena de caracteres no menor a 6, siendo obligatorio el uso de valores alfanuméricos y símbolos como signos de puntuación.

Realizar pago con generación de código con realidad aumentada

Si las credenciales ingresadas son las correctas, se permite el ingreso al usuario al resto de funcionalidades de la aplicación. La pantalla para realizar un pago es la primera con la que se toma contacto (Fig. 9). El campo para ingresar el monto y el botón para realizar el pago son los elementos más destacados, además del menú de navegación inferior que se mantiene consistente en toda la aplicación y que permite acceder al resto de pantallas. El campo de monto cuenta con una validación que evita que se ingresen valores que no sean numéricos. El botón de pago habilita la cámara del dispositivo con la cual se puede escanear el código único que se genera utilizando la librería de realidad aumentada de código abierto Viro-React la cual crea un objeto virtual utilizando el entorno detectado por la cámara, haciendo que el mismo sea más realista para el usuario (Fig. 11). La generación del código, el escaneo y validación están optimizados para que el tiempo de respuesta sea el mínimo, de esta manera se garantiza que la naturaleza rápida de una transacción de tipo informal se mantenga. El escaneo exitoso conduce a una pantalla de confirmación de datos (Fig. 12) en donde el usuario puede revisar que todo esté bien y luego realizar el pago con el botón en pantalla, el proceso concluye con un mensaje de éxito (Fig. 13), o en caso de fallar, una alerta de error (Fig. 14).

Historial de pagos

Este apartado hace una consulta al lado de la lógica de negocio de la aplicación. La información se renderiza en pantalla de forma ordenada aplicando filtros para que se muestren los registros más recientes (Fig. 10). A su vez, se implementaron estrategias de paginación para mejorar la navegación y comprensión de los resultados.

Cierre de sesión

Se utilizó la función *signOut* que proporciona el marco de trabajo de la autenticación de firebase. La invocación de este método permite invalidar la llave de autenticación del usuario.

Esto desconecta al usuario de la sesión activa en la que se encuentra y se redirige al usuario a la pantalla de inicio de sesión (Fig. 8) para que vuelva a ingresar sus credenciales nuevamente.

E. Pruebas y validación

Durante esta fase se utilizaron pruebas tanto de software como de usabilidad con el fin de validar la calidad del proyecto. Las pruebas de software ayudaron a identificar errores de código durante el proceso de programación, los cuales se solventaron durante las iteraciones siguientes. Las pruebas de usabilidad permitieron recibir retroalimentación de los usuarios sobre la experiencia al interactuar con el prototipo de pasarela de pago utilizando realidad aumentada.

1. Pruebas continuas

Se implementaron pruebas de diversa naturaleza enfocadas primordialmente al software durante el proceso de desarrollo de las funcionalidades del prototipo de pasarela de pago, esto con la finalidad de garantizar calidad, funcionalidad y rendimiento del sistema. Se identificaron puntos de mejora en etapas tempranas que se abordaron y resolvieron exitosamente.

Análisis estático

Para asegurar que se siguieran las mejores prácticas de desarrollo, se utilizó ESLint como herramienta de análisis estático de código, garantizando así limpieza e integridad en el código. El análisis estático permitió identificar problemas como errores de sintaxis antes de que se ejecución del código.

Pruebas unitarias

Para validar el funcionamiento correcto de los componentes individuales, se implementaron pruebas unitarias utilizando Jest. El foco de estas pruebas fue asegurarse de que los mismos se renderizaran correctamente en pantalla, además de comprobar su interacción con valores ingresados por el usuario.

Pruebas de integración

Las pruebas de interacción ayudaron a evaluar la interacción entre los módulos más importantes del sistema. Se verificó que el proceso de realizar un pago y la consulta del historial de transacciones funcionaran correctamente al integrar diferentes partes del código. Estas pruebas se enfocaron en asegurar la cohesión entre las funcionalidades principales del sistema.

Pruebas automatizadas

El último tipo de prueba que se implementaron fueron las pruebas automatizadas utilizando Cypress. Estas tenían la tarea de simular el comportamiento de un usuario real dentro del sistema. Cypress, mediante configuraciones, recorrió toda la aplicación, interactuando con los elementos visuales y funcionalidades, tal como lo haría un usuario final. Estas pruebas permitieron identificar errores en los flujos de trabajo, corregirlos y asegurar una experiencia de usuario fluida y óptima.

2. Pruebas de usabilidad

Se crearon tres pruebas de usabilidad con el objetivo de profundizar en la comprensión de los usuarios respecto al uso del prototipo de aplicación. Para ello se utilizó la versión final de la aplicación con todas sus funcionalidades operando correctamente. Se evaluó facilidad de uso, rendimiento respecto a la competencia y reacción ante características no disponibles por medio de simulaciones y registro de datos utilizando tablas, gráficos y encuestas de opinión.

La primera prueba tenía el objetivo de evaluar la facilidad de uso y rapidez para completar las tareas propuestas. Para ello se solicitó al usuario realizar las tareas de iniciar sesión/registro, realizar un pago, consultar el historial de pagos y cerrar sesión. Las métricas que se midieron fueron el tiempo utilizado para realizar las tareas, número de intentos hasta lograr escanear el código generado con realidad aumentada y la satisfacción general del usuario.

La segunda prueba tenía el objetivo de comparar el rendimiento del prototipo respecto a otras aplicaciones de pago. Para ello se pidió a los usuarios que realizaran un pago utilizando el prototipo de pasarla de pago y las aplicaciones Zigi, Cuik y Fri. Se registraron métricas como el tiempo para realizar esta acción y la dificultad encontrada.

La tercera prueba tenía el objetivo de conocer la reacción de los usuarios ante las características no disponibles en el prototipo, así como comprender las funcionalidades que se esperaban. Para ello se les pidió a los usuarios que utilizaran todos los elementos visuales de la aplicación tales como botones, campos de texto y menús, a la vez que se le hicieron preguntas sobre el comportamiento esperado de la aplicación en situaciones particulares. Las métricas que se midieron fueron la reacción ante las características no disponibles y los comentarios sobre funcionalidades adicionales y puntos de mejora.

VI. Resultados

Se registraron de forma ordenada y legible los resultados de las entrevistas y encuestas, así como de las pruebas realizadas con los prototipos hechos en papel y con la aplicación con todas sus funcionalidades completas.

A. Demografía

Se realizaron encuestas y entrevistas a personas que participan activamente en el sector alimenticio informal. El rango de edad estipulado fue de 20 a 40 años. Por medio del Cuadro 3 es posible observar la distribución de la población con la que se trabajó, siendo el rango de 26-30 años el que mayor presencia posee con 32%. La Figura 15 refleja el acercamiento a lugares de alta actividad de este tipo. Para las ejecutar las entrevistas y encuestas se visitaron los mercados municipales La Palmita y El Guarda, además de comercios informales de la zona 16, todo esto en Ciudad de Guatemala.

Cuadro 3: Distribución de edad

Rango de edad (años)	Número de respuestas	Porcentaje (%)
20-25	14	28
26-30	16	32
31-35	12	24
36-40	8	16

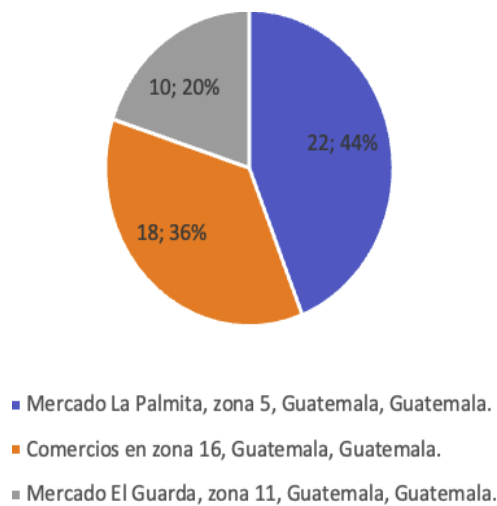


Figura 15: Distribución geográfica

B. Uso de efectivo

La Figura 16 responde a la interrogante del uso de efectivo en las transacciones en el sector alimenticio informal por parte de los usuarios, esto refleja la predominancia que tiene este método de pago y la nula existencia de más alternativas. El Cuadro 4 refleja cuales son las razones por las que los usuarios utilizan efectivo, siendo la facilidad de uso la respuesta más común con 22 de menciones de 50 participantes. A través de la Figura 17 es posible apreciar que el 74% de los usuarios han enfrentado problemas con el método de pago en cuestión, siendo pérdida o robo, falta de cambio y falta de disponibilidad los tres obstáculos más comunes.

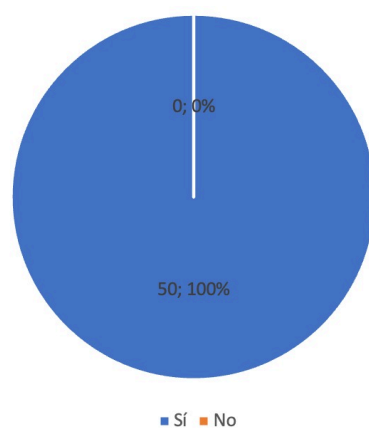


Figura 16: Uso de efectivo en el sector alimenticio informal

Cuadro 4: Principales razones para usar efectivo

Razón	Número de menciones	Porcentaje (%)
Aceptación	18	36
Facilidad de uso	22	44
Anonimato	5	10
Evitar comisiones	5	10

Comentarios representativos:

"Uso efectivo porque es más fácil que me lo acepten en diversos comercios"
(Entrevistado #7)

"No me gusta depender de la tecnología, prefiero el efectivo por la comodidad"
(Entrevistado #15)

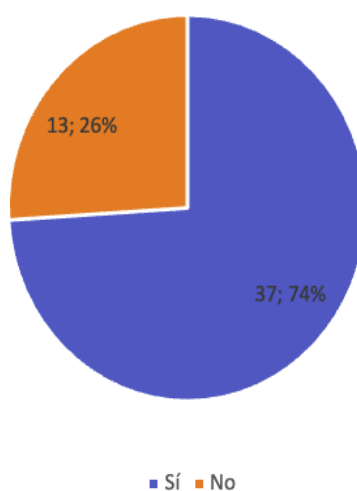


Figura 17: Problemas con el manejo de efectivo

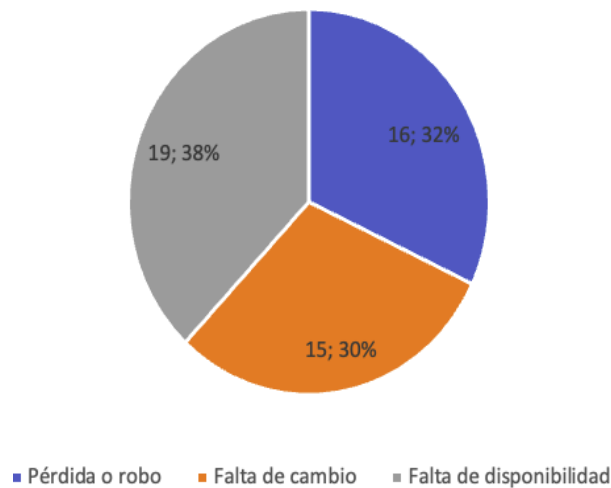


Figura 18: Tipos de problemas más comunes con el uso de efectivo

Comentarios representativos:

"A veces los vendedores no tienen cambio, lo que es frustrante." (Entrevistado #12)

"Me preocupa la seguridad, he tenido problemas con el robo de efectivo." (Entrevistado #26)

C. Pagos digitales

La Figura 19 refleja el conocimiento sobre herramientas de pago digitales por parte de los usuarios que participaron en el estudio. El tipo de herramienta de pago digital en particular se refleja por medio de la Figura 20, siendo las tarjetas bancarias el método más utilizado, con aplicaciones móviles y transferencias bancarias en segundo y tercer lugar respectivamente. La Figura 21 recopila las barreras que impiden la adopción de nuevas tecnologías, siendo la falta de confianza el aspecto con mayor número de menciones que fue 20. Siguiendo la misma línea respecto a soluciones de pago, el Cuadro 5 evidencia que el requerimiento más importante para adoptar una nueva tecnología de pago es la seguridad.

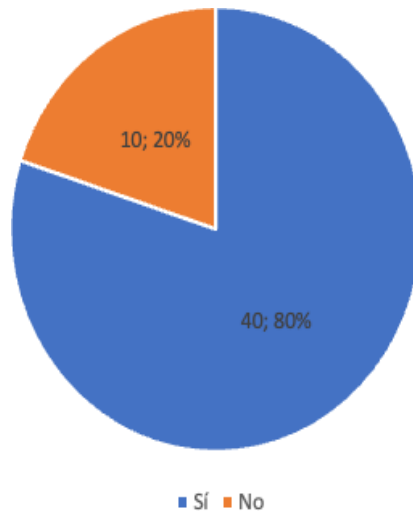


Figura 19: Conocimiento sobre herramientas de pago digitales

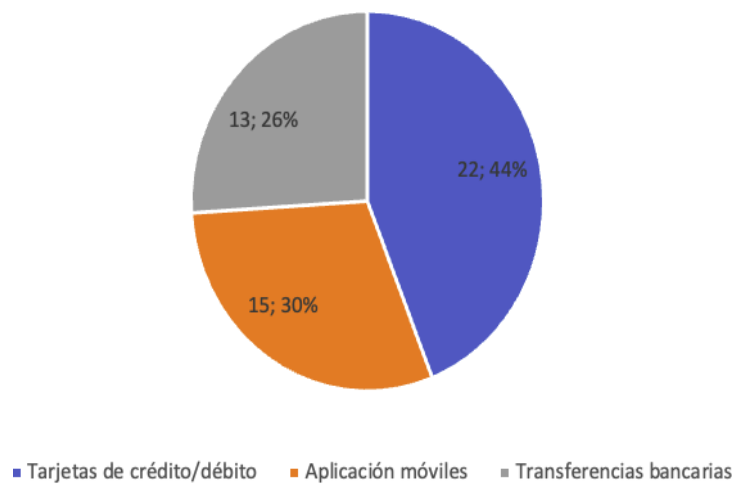


Figura 20: Tipos de pagos digitales utilizados

Comentarios representativos:

"Prefiero usar aplicaciones porque son rápidas y convenientes." (Entrevistado #33)

"A veces uso la tarjeta, pero la mayoría del tiempo uso efectivo." (Entrevistado #14)

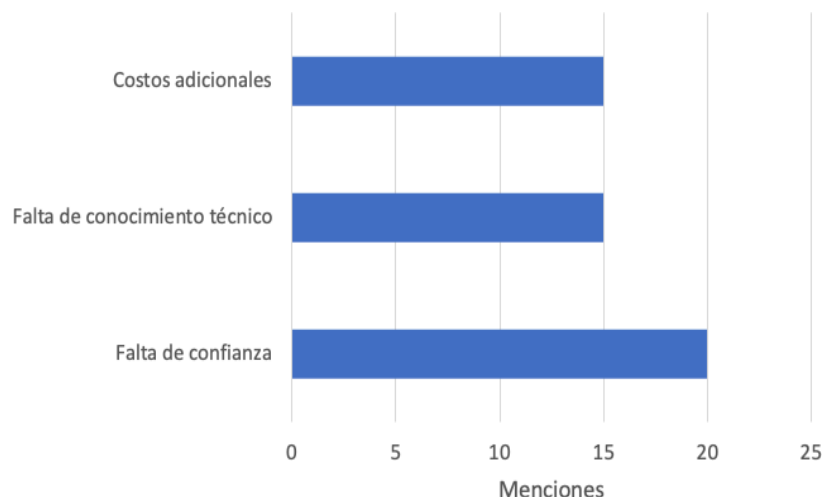


Figura 21: Barreras que impiden la adopción de tecnologías de pago

Comentarios representativos:

"No confío en los pagos digitales, me preocupa la seguridad." (Entrevistado #18)

"No sé cómo funcionan las aplicaciones de pago, así que prefiero el efectivo." (Entrevistado #29)

Cuadro 5: Características deseadas en soluciones de pago

Característica deseada	Número de menciones	Porcentaje (%)
Seguridad	30	60
Facilidad de uso	15	30
Costos bajos	5	10

Comentarios representativos:

"Necesito saber que mi dinero estará seguro si uso una aplicación de pago." (Entrevistado #8)

"Si es fácil de usar y no me cuesta más, estaría dispuesto a probarlo." (Entrevistado #19)

D. Realidad aumentada

A pesar de ser una tecnología novedosa, la Figura 22 refleja que el 46% de los participantes del estudio habían oído hablar de la realidad aumentada, 20% han oído hablar, pero no entienden el tema y el 34% restante no posee conocimientos al respecto. El Cuadro 6 refleja los sentimientos identificados, siendo curiosidad el mayor con 30 menciones de 50 participantes. La Figura 23 ayuda a profundizar sobre las necesidades que poseen los usuarios cuando se menciona la implementación de realidad aumentada en herramientas de pago digitales, siendo garantías de seguridad el aspecto con mayor requerimiento con 64%.

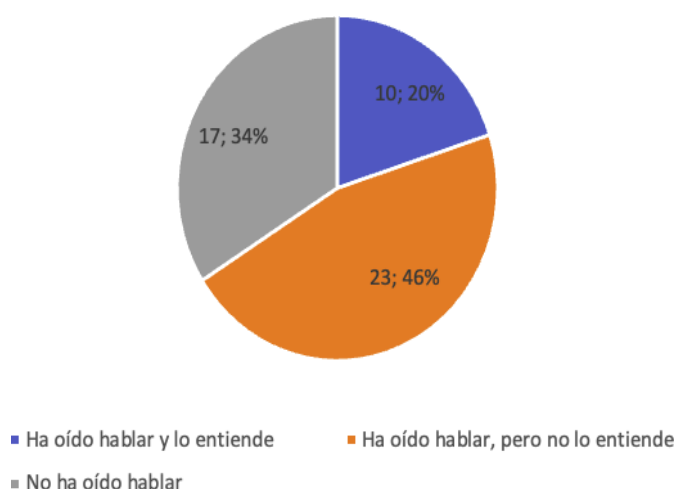


Figura 22: Conocimiento sobre realidad aumentada

Comentarios representativos:

"Sé que existe, pero no estoy seguro de cómo funciona." (Entrevistado 23)

Cuadro 6: Sentimientos hacia el uso de realidad aumentada en pagos

Sentimiento	Número de menciones	Porcentaje (%)
Interés alto	12	24
Curiosidad, pero escéptico	30	60
Desinterés o preocupación	8	16

Comentarios representativos:

"Podría ser interesante, pero necesito más información antes de considerarlo." (Entrevistado 10)

"No me siento cómodo con algo tan novedoso sin entender completamente cómo funciona." (Entrevistado 36)

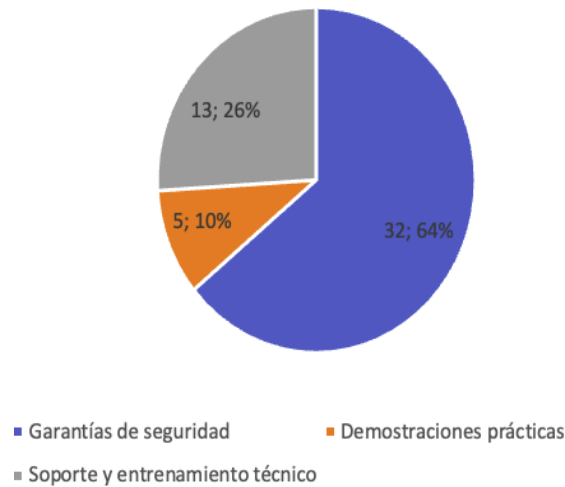


Figura 23: Necesidades para adoptar realidad aumentada en pagos

Comentarios representativos:

"Sé que existe, pero no estoy seguro de cómo funciona." (Entrevistado 23)

E. Prototipos en papel

Se presentan los resultados de las pruebas realizadas utilizando prototipos en papel. Fueron solamente cinco los usuarios necesarios para estas validaciones dado que se utilizó la metodología del “número mágico” mencionada en la sección de marco teórico. El Cuadro 7 recopila las métricas más relevantes como éxito, errores críticos cometidos y el tiempo promedio necesitado para ejecutar las tres tareas principales. Seguidamente, el Cuadro 8 ayuda a comprender el nivel de dificultad promedio encontrado por los usuarios, así como el aspecto más distintivo durante la experiencia de uso. Por su parte, el Cuadro 9 refleja los patrones encontrados en la ejecución de cada tarea, así como las consecuencias que los mismos provocaban en la interacción.

Cuadro 7: Resultados generales por tarea

Tarea	Éxito	Errores críticos	Tiempo promedio
Realizar compra	4/5	1/5	42 segundos
Consultar historial	4/5	1/5	25 segundos
Salir de la aplicación	5/5	0/5	14 segundos

Cuadro 8: Evaluación de la dificultad y satisfacción por tarea

Tarea	Dificultad (1-5)	Aspecto distintivo
Realizar compra	3	Existe una secuencia clara que indica qué hacer
Consultar historial	3	La información debería de estar más ordenada
Salir de la aplicación	2	El botón para salir de la aplicación es claro y visible por lo que realizar esta acción es sencillo

Cuadro 9: Patrones observados

Patrón	Descripción
Iconos distractivos	Iconos como la información de la cuenta o los métodos de pago generan confusión en los usuarios, esto provoca que no puedan completar sus tareas por realizar acciones incorrectas.
Sobrecarga visual	Elementos como texto, menús de apoyo o botones distraen al usuario. Al no estar explícitamente identificada la acción se omiten pasos para completar las tareas.

F. Pruebas de usabilidad

Los resultados de las tres pruebas de usabilidad fueron registrados utilizando métricas que permitieran evaluar la experiencia de usuario, la eficiencia del sistema y la interacción de los usuarios con otros métodos de pago. Las mismas fueron realizadas con 5 usuarios en donde interactuaban con la aplicación funcionando al 100%. El Cuadro 10 refleja los resultados de la ejecución de estas tres tareas que se solicitaron con los prototipos en papel. La Figura 24 ayuda a comprender de mejor forma la interacción con el componente de realidad aumentada, particularmente el conteo de número de intentos para escanear el objeto generado. La Figura 25 registra los resultados de la segunda prueba de usabilidad, para esta se compararon los tiempos para realizar un pago utilizando el prototipo de pasarela de pago y otras pasarelas de pago móviles que se encuentran operando en el mercado. Finalmente, el Cuadro 11 muestra los resultados de la última prueba, la cual se enfocó en obtener retroalimentación de los usuarios respecto a características no disponibles en la aplicación.

Cuadro 10: Resultados generales por tarea utilizando la aplicación

Tarea	Éxito	Errores críticos	Tiempo promedio	Satisfacción (1-5)
Realizar compra	5/5	0/5	23 segundos	4
Consultar historial	5/5	0/5	10 segundos	5
Salir de la aplicación	5/5	0/5	10 segundos	5

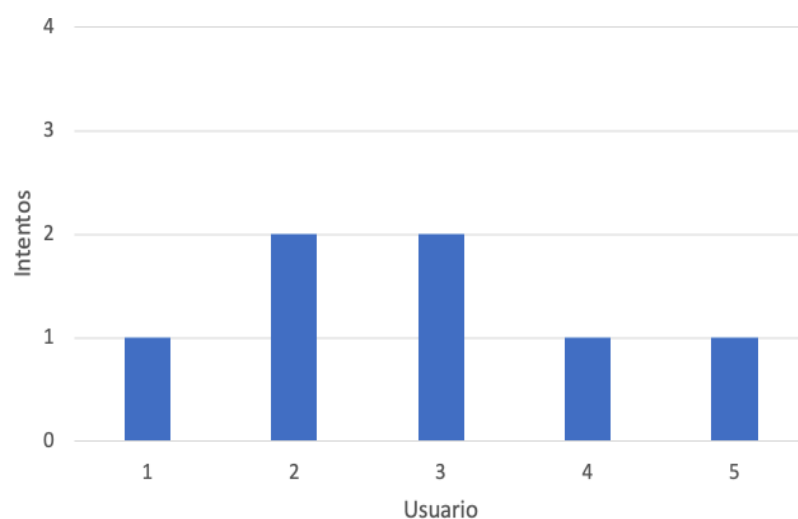


Figura 24: Intentos para escanear el objeto generado con realidad aumentada

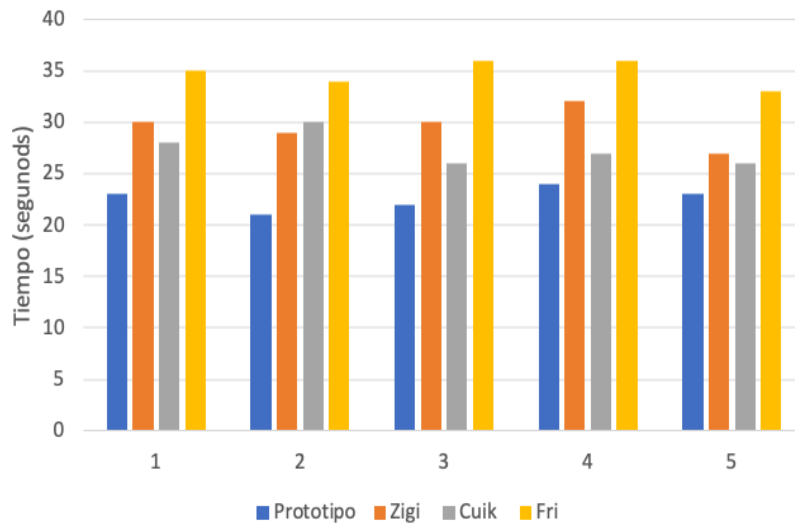


Figura 25: Tiempo para realizar una transacción por aplicación

Cuadro 11: Reacción ante características no disponibles

Usuario	Reacción (1-5)	Sugerencia
1	2	Historial más detallado
2	3	Contar con más información sobre métodos de pago
3	2	Información sobre la cuenta
4	3	Guardar los comercios preferidos
5	2	El proceso de escaneo podría ser más rápido

VII. Discusión

Se discuten los hallazgos más importantes basados en el estudio de mercado, la viabilidad de integrar una nueva pasarela de pago y las pruebas realizadas con usuarios. Los temas centrales fueron el uso de efectivo, el conocimiento sobre tecnologías de pago y las opiniones de los usuarios al utilizar el prototipo de pasarela de pago con realidad aumentada para ejecutar diversas tareas propuestas.

A. Demografía

Durante la elaboración del apartado de briefing, se estableció que las edades del público objetivo serían de 20 a 40 años (Cuadro 3), ya que existía la posibilidad de que se contara con mejor disposición respecto a nuevas tecnologías de pago. Este planteamiento fue exitoso dado que el 80% de las personas expresaron que contaban con conocimientos sobre herramientas de pago digitales (Fig. 19), un 34% comentaron que no habían oído hablar sobre realidad aumentada, un 20% conocían del tema, pero no lo comprenden mientras que el 46% restante sí entendían del tema (Fig. 22). Lo anterior evidencia que la población activa en entornos del sector alimenticio informal con la que se trabajó (Fig. 15) posee los conocimientos básicos que se necesitan para utilizar una pasarela de pago con realidad aumentada, por lo que la viabilidad inicial del proyecto es más que óptima.

B. Uso de efectivo

Respecto al tema del efectivo como método de pago, es posible observar, a través de la Figura 16, que es predominante en transacciones en el sector alimenticio informal, este dato ayuda a entender la dependencia que existe con este recurso. Siguiendo esta misma línea, el Cuadro 4 ayuda a comprender los motivos detrás de la frecuencia tan elevada de uso de este método de pago, siendo la facilidad al utilizarlo y el nivel tan alto de aceptación en comercios lo que más incentiva a los usuarios a emplearlo para sus transacciones.

Por medio de las entrevistas se identificaron dos comentarios representativos, lo cuales hacen alusión al uso de efectivo por su comodidad y aceptación en diversos comercios. Estas opiniones, junto con los resultados anteriores, sirven como precedente para la formulación de requisitos para el desarrollo de la aplicación.

En contraparte, las figuras 17 y 18 señalan los aspectos negativos del efectivo. El 74% de los usuarios han enfrentado problemas al utilizar efectivo, siendo la pérdida o robo, falta de cambio y poca disponibilidad las tres principales problemáticas. Los comentarios más relevantes expresados por los usuarios hacen alusión a la eficiencia y comodidad de este método de pago y la falta de cambio y robo de este como obstáculos recurrentes.

Los resultados de esta sección fueron cruciales para el proyecto, por una parte, la elaboración de estrategias de marketing haría énfasis en como el prototipo de pasarela de pago ofrece, al igual que el efectivo, características como velocidad y comodidad al momento de usar el producto. En cuanto al desarrollo técnico, comprender la naturaleza de las transacciones utilizando efectivo permitió enfocar los esfuerzos principalmente a crear una experiencia de usuario cómoda en donde la navegación y manejo de la aplicación fueran los ejes principales, esto con el objetivo de mantener constante la dinámica inherente de los pagos en el sector informal.

C. Tecnologías de pago digitales

El tema de las tecnologías de pago digitales presentó resultados positivos respecto a su uso, siendo el 80% de los encuestados participantes activos de estas tecnologías. La Figura 20 resaltó que los métodos de pago más usados son las tarjetas bancarias con 44%, aplicaciones móviles con 30% y transferencias bancarias el 26%. Esto permite confirmar que, en efecto, los métodos de pago digitales son populares, lo cual abre una oportunidad para poder introducir una opción más, ya que no es una tecnología desconocida y por lo tanto su aceptación podría ser mayor.

Se consultó a los usuarios sobre las barreras que ellos consideran evitan la adopción de nuevas tecnologías de pago, la Figura 21 refleja que la falta de confianza es el aspecto más importante con 20 menciones, seguido de falta de conocimiento técnico y cobros de costos adicionales con 15 menciones. Siguiendo el mismo hilo, se consultó sobre las características deseadas que se esperarían en una herramienta de pago digital, el Cuadro 5 ayuda a reflejar lo que los usuarios consideran los más importante, lo cual es la seguridad con 30 menciones, 15 la facilidad de uso y 5 los costos bajos. Los comentarios más destacados de las entrevistas revelan que el tema de seguridad es clave para que los usuarios confíen en una tecnología de pago, así como la facilidad de uso, estos hallazgos, junto con los resultados anteriores provocaron que a nivel de marketing, el acercamiento al público se plantee desde la perspectiva de que la aplicación ofrece seguridad en el manejo del dinero al mismo tiempo que asegura un nivel de usabilidad y navegación sencillo y eficiente. En cuanto a nivel de desarrollo técnico, en temas de seguridad, se priorizó contar con mecanismos robustos como autenticación de usuarios por medio de credenciales y la encriptación de datos. La facilidad de uso se abordó por medio de la creación de una interfaz gráfica amigable con el usuario, utilizando la psicología del color para seleccionar colores que transmitieran confianza, limpieza y profesionalismo. Los elementos gráficos fueron diseñados y colocados teniendo en cuenta que su accesibilidad debía de ser rápida y su accionar eficiente, esto se logró reduciendo los distractores como elementos con poco valor agregado y desarrollando solamente las funcionalidades necesarias para la correcta ejecución.

D. Realidad aumentada

Acaso el eje central del desarrollo de la aplicación. El primer acercamiento al tema se puede comprender de mejor manera observando la Figura 22, el 46% de los usuarios ha oído hablar pero no entiende sobre realidad aumentada, el 32% no ha oído hablar nada del tema y el 20% si posee conocimientos sobre el tema. Los sentimientos

expresados se registraron en el Cuadro 6 el cual evidencia que el 60% de los encuestados manifiestan curiosidad hacia el uso de realidad aumentada en pagos, el 24% interés algo y el 16% desinterés o preocupación. Estos resultados sugieren que existe un terreno fértil en cuanto a la implementación de realidad aumentada en pasarelas de pago, por lo que la viabilidad de esta tecnología es alta ya que existe un precedente de conocimiento entre los usuarios. Un punto importante para considerar es lo que los usuarios solicitan para adoptar la realidad aumentada en herramientas de pago, la Figura 23 refleja que el requerimiento primordial es la seguridad con un 64% de menciones, seguido de soporte y entrenamiento técnico con 26% y demostraciones prácticas con 10%. Los comentarios destacados ayudan a comprender la importancia de los puntos recién abordados, los usuarios consideran elemental que el uso de esta tecnología sea sencillo.

Los hallazgos permitieron enfocar los esfuerzos de marketing hacia la divulgación de la fácil comprensión y uso de la realidad aumentada en pagos. Se trazaron estrategias como demostraciones en vivo, resolución de dudas y soporte técnico para que los usuarios cuenten con todo el apoyo posible y no se sientan intimidados. Los resultados repercutieron enormemente en el desarrollo técnico, ya que la aplicación de realidad aumentada se enfocó a ser un medio por el cual los usuarios podían realizar pagos al escanear un objeto con un código único. La interfaz gráfica y la construcción del objeto con realidad aumentada fueron elaborados con una naturaleza intuitiva y rápida

E. Pruebas con prototipos de papel

Estas fueron las primeras pruebas realizadas con usuarios reales con el fin de validar el flujo cognitivo y la comprensión de los prototipos creados en papel. El Cuadro 7 refleja los resultados generales de las simulaciones efectuadas. Se probó el funcionamiento de tres tareas principales: realizar una compra, consultar historial y salir de la aplicación. Se cometió un error crítico en cada prueba a excepción de la última. Se prestó atención especial al flujo de navegación que conllevó a este evento y se trazaron estrategias para su mitigación en las siguientes pruebas. En los cuadros 8 y 9 se pueden apreciar métricas sobre la experiencia del usuario con los prototipos de papel. Se destacan aspectos como la mejora de la navegación y evitar sobrecargar visualmente al usuario con elementos que no aportan valor. Todos los hallazgos fueron relevantes para la creación de la aplicación utilizando las tecnologías seleccionadas.

F. Pruebas con el prototipo de pasarela de pago

El Cuadro 10 permite apreciar los resultados generales de las pruebas realizadas con la aplicación funcionando en su totalidad. Para esta segunda iteración es posible observar que se obtuvo un 100% de éxito en las tres tareas propuestas. Además, el tiempo para realizar las acciones se redujo, y el nivel de satisfacción aumentó considerablemente. Esto refleja que las mejoras implementadas desde las pruebas con los prototipos de papel fueron efectivos y resolvieron aquellos errores que surgieron durante la iteración anterior.

Un aspecto importante fue la interacción de los usuarios con las características de realidad aumentada, este aspecto se registró en la Figura 24 que evidencia la cantidad

de intentos realizados para escanear el código y pasar a la siguiente fase del flujo. La cantidad máxima fueron dos intentos lo cual es aceptable dado que el uso de realidad aumentada puede causar confusión en primera instancia, sin embargo, los usuarios fueron capaces de solventar esta problemática.

Respecto a la evaluación con los competidores, la Figura 25 muestra como el prototipo desarrollado en el presente trabajo registró tiempos menores respecto a otras aplicaciones de pago. Esto refleja que el acercamiento a la solución teniendo en cuenta la naturaleza del sector alimenticio informal fue crucial para agilizar los procesos de pago y así adecuarse al entorno en donde se planea usar la aplicación.

Finalmente, se midió la reacción de los usuarios ante las características no disponibles por medio del Cuadro 11, los mismos hicieron énfasis en que se apreciaría contar con un nivel informativo más detallado así además de otras funciones importantes como lo pueden ser el apartado para cambiar método de pago, información sobre la cuenta o la posibilidad de guardar los comercios de consumo frecuente.

VIII. Conclusiones

1. El prototipo de pasarela de pago utilizando realidad aumentada demostró eficiencia y alta aceptación, con resultados positivos durante las pruebas de usabilidad en simulaciones. Estos resultados confirman la viabilidad del prototipo para satisfacer las necesidades operacionales de las transacciones monetarias en el sector alimenticio informal de Guatemala.
2. El estudio del mercado alimenticio en el sector informal permitió comprender tanto sus características generales como sus particularidades, proporcionando información valiosa para adaptar la solución tecnológica a las necesidades de este sector.
3. Se identificó un nivel alto de interés y aceptación hacia el uso de herramientas digitales de pago en el sector alimenticio informal, lo cual respalda la implementación y posible adopción del prototipo de pasarela de pago en este mercado.
4. Se desarrollaron y probaron con éxito todas las funcionalidades del prototipo, comprobando su operación y asegurando una experiencia de usuario intuitiva y eficiente que responde a las demandas de transacciones rápidas y seguras.
5. Las pruebas de simulación de transacciones realizadas entre las entidades de consumidor y vendedor resultaron exitosas, validando el correcto funcionamiento del prototipo y su capacidad para facilitar transacciones en un entorno simulado que refleja las condiciones del sector informal.
6. La funcionalidad de generación de un código único mediante realidad aumentada demostró ser efectiva durante las pruebas, permitiendo la realización de transacciones simuladas de manera eficiente y segura.
7. Se registraron detalladamente las decisiones técnicas y lógicas del desarrollo del prototipo, proporcionando una base clara para futuras mejoras y facilitando el proceso de replicación o escalabilidad de la solución.

IX. Recomendaciones

1. Expandir la comprensión del sector económico informal por medio de estudios de mercado en más campos.
2. Implementar nuevas funcionalidades a la aplicación como consulta de datos de la cuenta y modificar métodos de pago disponibles.
3. Utilizar una arquitectura escalable y sostenible basada en los servicios que ofrecen proveedores de la nube para el despliegue y distribución del producto a nivel masivo.

X. Bibliografía

- Aceña, M. (31 de enero del 2014). *Innovación y Transformación Digital: Claves para el Futuro de Guatemala*. CIEN. Recuperado 20 de julio de 2024, de <https://cien.org.gt/index.php/innovacion-y-transformacion-digital-claves-para-el-futuro-de-guatemala/>
- Artigas, S. G. (2023, 1 noviembre). *Prototipos en papel en UX | Torresburriel Estudio*. Blog - UX Torresburriel Estudio. <https://torresburriel.com/weblog/prototipos-en-papel/>
- Barraza, F. (2023, 23 enero). *Transformación digital, comercio informal y trazabilidad fiscal*. Centro Interamericano de Administraciones Tributarias. Recuperado 22 de julio de 2024, de <https://www.ciat.org/ciatblog-transformacion-digital-comercio-informal-y-trazabilidad-fiscal/>
- Cámara de Industria de Guatemala. (2022, abril). *El liderazgo de la industria de alimentos y bebidas en Guatemala*. Revista Industria. Recuperado 15 de julio de 2024, de <https://revistaindustria.com/2022/04/el-liderazgo-de-la-industria-de-alimentos-y-bebidas-en-guatemala/>
- Centro de Investigaciones Económicas Nacionales (CIEN). (2001, septiembre). *Análisis de la economía informal en Guatemala* [Documento de trabajo]. <https://cien.org.gt/wp-content/uploads/2018/08/Magnitud-econom%C3%ADa-informal.pdf>
- Checkout. (2024, 26 junio). *¿Qué es una pasarela de pago?* Recuperado 14 de agosto de 2024, de <https://www.checkout.com/es-es/blog/que-es-pasarela-pago>
- Consortio de Universidades Contra la Informalidad. (2022). *La informalidad en Chile*. En Biblio Hacienda. Recuperado 23 de julio de 2024, de <https://biblio.hacienda.cl/la-informalidad-en-chile>
- Consortiumadmn. (2024, 30 enero). *Esfuerzos regulatorios en materia Fintech en Guatemala*. Consortium Legal. <https://consortiumlegal.com/2024/01/30/esfuerzos-regulatorios-en-materia-fintech-en-guatemala/>
- Contreras, V., & Vicente, C. (2023, 13 octubre). *Dinero en efectivo aún es el pago más utilizado*. Diario de Centro América. <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/dinero-en-efectivo-aun-es-el-pago-mas-utilizado/>

Cuéllar, P. (2023, 7 octubre). *Las desventajas de utilizar dinero en efectivo*. Valora Analitik.

<https://www.valoraanalitik.com/dinero-en-efectivo-desventajas-y-por-que-es-mejor-pagar-digitalmente/>

Cristancho, F., Cristancho, F., & Cristancho, F. (2022, 1 agosto). *¿Qué es Flutter y para qué sirve?* - Talently. Talently Blog. <https://talently.tech/blog/que-es-flutter/>

Damen, A. (2020, 3 octubre). *¿Qué es una pasarela de pagos? Compara opciones*. MONEI. <https://monei.com/es/blog/what-is-a-payment-gateway/>

Epitech Spain. (2023, 10 marzo). *Ruby on Rails: Qué es y por qué es útil en el desarrollo de software*. <https://www.epitech-it.es/ruby-on-rails-que-es/>

Espino, P. (2023, 4 septiembre). *El potencial de mercado Fintech en Guatemala se estima en US\$70 mil millones*. Prensa Libre.

<https://www.prensalibre.com/economia/el-potencial-de-mercado-fintech-en-guatemala-se-estima-en-us70-mil-millones/>

Facultad de Ciencias Económicas Universidad Francisco Marroquín & Centro de Emprendimiento Kirzner. (2023). *Monitor Global de Emprendimiento (GEM)*.

Recuperado 20 de agosto de 2024, de <https://gem.ufm.edu/wp-content/uploads/2023/09/Reporte-Nacional-GEM-Guatemala-2022-2023.pdf>

Flores, J. L. (2019, 4 septiembre). *Qué es NodeJS y para qué sirve*. OpenWebinars.net. <https://openwebinars.net/blog/que-es-nodejs/>

Go4IT Solutions. (s. f.). *¿Qué es el análisis de código estático?* | <https://go4it.solutions/es/blog/que-es-el-analisis-de-codigo-estatico>

González, D. (2024, 12 febrero). *Pokémon GO se resiente: 2023 fue el segundo peor año en ingresos de su historia*. Vandal.

<https://vandal.elespanol.com/noticia/1350769059/pokemon-go-se-resiente-2023-fue-el-segundo-peor-ano-en-ingresos-de-su-historia/>

Gualda, M. (2021, 13 enero). *¿Qué es Microsoft Azure? ¿Cómo funciona?* | Tecon. Tecon. <https://www.tecon.es/que-es-microsoft-azure-como-funciona/>

Grupo de Acción Financiera Internacional de Latinoamérica (GAFILAT). (2023, octubre). *Análisis del abordaje e impacto de la economía informal en los procesos de evaluación mutua del GAFILAT y elementos o factores que los evaluadores podrían considerar para comprender el alcance de este fenómeno* [Documento de trabajo].

<https://www.gafilat.org/index.php/es/biblioteca-virtual/gafilat/documentos-de-interes-17/estudios%20estrategicos-17/4007-analisis-de-la-economia-informal-en-las-em-y-otros-factores/file>

GSM Association. (2017). *Guatemala Servicios financieros móviles (SFM)*.

Diagnóstico regulatorio y estudio de mercado. Recomendaciones para el desarrollo de SFM. <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2017/08/SFMGuatemala.pdf>

Heras, L., & Villarreal, J. L. (2004, 10 agosto). *La Realidad Aumentada: una tecnología en espera de usuarios*. Revista UNAM. Recuperado 20 de julio de 2024, de https://www.revista.unam.mx/vol.8/num6/art48/jun_art48.pdf

Ibm. (2024, 26 septiembre). *¿Qué es Java? IBM*. <https://www.ibm.com/es-es/topics/java>

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. (2023, 5 marzo). *Entérese cómo puede ser contribuyente voluntario*. IGSS. Recuperado 18 de julio de 2024, de <https://www.igssgt.org/noticias/2023/03/05/enterese-como-puede-ser-contribuyente-voluntario/>

Instituto Nacional de Estadística Guatemala. (2022). *Primera encuesta nacional con dispositivos móviles: principales resultados de la Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 2022 (ENEI)*. Recuperado 20 de agosto de 2024, de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2023/03/23/202303232142069Odm3oxU9mTY58hkborwzylm7MJop05q.pdf>

Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales Universidad Francisco Marroquín. (2023). *El Internet en Guatemala: «Dato Mata Relato» y el mito del monopolio de las telecomunicaciones*. Recuperado 14 de julio de 2024, de <https://cadep.ufm.edu/wp-content/uploads/2023/04/CADEP-internet-mito-monopolio-2023.pdf>

Kemp, S. (2023, 13 febrero). *Digital 2023: Guatemala — DataReportal — Global Digital Insights*. DataReportal – Global Digital Insights. <https://datareportal.com/reports/digital-2023-guatemala>

Kinsta. (2022, 19 diciembre). *¿Qué es Express.js? Todo lo que Debes Saber*. Kinsta®. <https://kinsta.com/es/base-de-conocimiento/que-es-express>

Korowajczenko, K. T. (2012). *Realidad Aumentada: Sus desafíos y aplicaciones para el e-learning*. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1464.5601>

Lab, R. I. (2023, 6 septiembre). *Qué es Amazon Web Services y para qué sirve*. The Information Lab. <https://www.theinformationlab.es/blog/que-es-amazon-web-services-y-para-que-sirve/>

La Hora. (2024, 11 abril). *Se inicia debate por iniciativa de ley de impuesto para vendedores informales*. La Hora. <https://lahora.gt/nacionales/jmaldonado/2024/04/11/se-inicia-debate-por-iniciativa-de-ley-de-impuesto-para-vendedores-informales/>

Martín, Á. J. (2019, 18 junio). *React Native: ¿Qué es y para que sirve este framework de programación? OpenWebinars.net*. <https://openwebinars.net/blog/react-native-que-es-para-que-sirve/>

Mastercard. (2022, 20 abril). *Inclusión financiera y tecnología: dos herramientas para la reactivación económica en Guatemala [Comunicado de prensa]*.

<https://www.mastercard.com/news/latin-america/es/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/pr-es/2022/abril/inclusion-financiera-y-tecnologia-dos-herramientas-para-la-reactivacion-economica-en-guatemala/>

Medina, F., & Medina, F. (2024, 11 enero). *Mejores tecnologías para desarrollo de aplicaciones móviles - Armadillo Amarillo*. Armadillo Amarillo - Desarrollo mobile y web. <https://www.armadilloamarillo.com/blog/mejores-tecnologias-para-desarrollo-de-aplicaciones-moviles/>

Miki, H. (2013). *Reconsidering the Notion of User Experience for Human-Centered Design*. *Human Interface and the Management of Information*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8016, pp. 329-337

Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. (2024). *Boletín estadístico de Telefonía*. En Superintendencia de Telecomunicaciones. Recuperado 18 de septiembre de 2024, de https://sit.micivi.gob.gt/documentos_boletin-telefonía

MongoDB. (s. f.). *¿Qué es MongoDB?*
<https://www.mongodb.com/es/company/what-is-mongodb>

Mora, S. L. (2022, 4 octubre). *Firestore: qué es, para qué sirve, funcionalidades y ventajas*. DIGITAL55.
<https://digital55.com/blog/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/>

Muradas, Y. (2018, 5 junio). *Qué es Spring Framework y por qué usarlo*. OpenWebinars.net.
<https://openwebinars.net/blog/conoce-que-es-spring-framework-y-por-que-usarlo/>

Navarro, S. (2024, 17 mayo). *¿Qué es ARKit?* [2024] | KeepCoding Bootcamps. KeepCoding Bootcamps. <https://keepcoding.io/blog/que-es-arkit/>

Nielsen, J., & Landauer, T. K. (1993). *A mathematical model of the finding of usability problems*. INTERCHI'93. <https://doi.org/10.1145/169059.169166>

Npm. (s. f.). *Npm*. <https://www.npmjs.com/package/pg>

Reicek. (2015, 9 julio). *Descubre PostgreSQL: qué es, cómo funciona y ventajas*. Platzi. <https://platzi.com/blog/que-es-postgresql/>

Rivera, K. (2023, 13 agosto). *La economía digital sigue sumando avances en Guatemala*. Diario El Periódico.
<https://elperiodico.com.gt/economia/la-economia-digital-avances/>

Torres-Roca, A. (2024, 1 febrero). *La economía informal en Guatemala: retos para el desarrollo*. Estrategia & Negocios. <https://estrategiaynegocios.net/revista/la-informalidad-en-guatemala>

Viro Community. (2021). ViroReact. <https://viro-community.readme.io/docs/overview>

Yeeply. (2024, 7 mayo). *Top 6 Frameworks y SDKs de Realidad Aumentada para Android e iOS*. Yeeply. <https://www.yeeply.com/blog/tendencias-habilidades/frameworks-sdk-realidad-aumentada-android-ios/#arcore>