

**Luruarepa - Progressive Web Application (PWA) para la comercialización de los
productos de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo ASOPRAL del municipio
de Luruaco.**

Marcelo Augusto Barraza Santiago

Asesor

Mario Luis Avila Perez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI
Ingeniería de Sistemas (Resolución 011685)

2026

Nota de Aceptación

Director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Con profundo agradecimiento, dedico este proyecto al creador del universo, fuente de sabiduría y fortaleza, quien me ha guiado cada uno de mis pasos durante el desarrollo de este trabajo. Su luz y guía me han permitido mantener la fe, la constancia y el compromiso necesarios para alcanzar esta meta.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo permanente y comprensión en cada etapa de este proceso. Su paciencia, palabras de aliento y sacrificios silenciosos han sido el motor que me impulsó a seguir adelante. Este logro también les pertenece, pues han sido parte esencial de mi formación y del cumplimiento de este objetivo académico.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesor de proyecto, por su orientación, compromiso y dedicación en cada fase del proceso. Su guía fue fundamental para estructurar y materializar esta propuesta tecnológica orientada a fortalecer la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) del municipio de Luruaco.

Agradezco igualmente a los docentes del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), quienes me apoyaron con su conocimiento, han contribuido a mi crecimiento académico y profesional, extendiendo mi reconocimiento a la comunidad de ASOPRAL por su disposición, colaboración y confianza, siendo la inspiración principal para el desarrollo de esta iniciativa que busca preservar la tradición y fomentar la innovación en nuestra región.

Resumen

Este proyecto busca implementar y desplegar una plataforma que permita la comercialización de los productos de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) del municipio de Luruaco. Está enfocado en preservar la cultura e innovar mediante la digitalización del proceso de comercialización, desde la producción hasta el cliente final. Teniendo en cuenta la revolución tecnológica actual, surge la necesidad de modernizar el sistema de comercialización. El proyecto se basa en la creación de una solución mediante el desarrollo e implementación de una Progressive Web Application (PWA) en Oracle APEX para la comercialización de productos del municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia. Se utilizará Oracle APEX para garantizar una plataforma segura y escalable. La implementación incluirá la creación de bases de datos, interfaces gráficas interactivas y módulos de administración de pedidos y clientes. La plataforma permitirá gestionar pedidos en línea, optimizar la comercialización de los productos y mejorar la experiencia de compra de los clientes. Gracias a esto, se contribuirá a fortalecer este sector económico, preservando rasgos culturales clave para la región.

Palabras clave: Progressive Web Aplicativo, despliegue, implementación, e-commerce, gastronomía tradicional, mercado digital, transformación digital..

Abstract

This project proposes the development and implementation of a Progressive Web Application (PWA) using Oracle APEX for the Association of Arepa de Huevo Producers (ASOPRAL) in the municipality of Luruaco, Atlántico, Colombia. The initiative aims to promote cultural preservation and technological innovation through the digitalization of the commercialization process, directly connecting producers with final customers. The platform integrates modules for user management, orders, shopping carts, notifications, packages, and PQR requests, ensuring a secure, scalable, and efficient workflow. This approach optimizes product traceability from origin to delivery, strengthens the sector's competitiveness, and contributes to local economic development under a sustainable and regionally driven digital transformation framework.

Keywords: Progressive Web Application, deployment, implementation, e-commerce, traditional gastronomy, digital marketplace, digital transformation.

Tabla de Contenido

Introducción	15
Justificación	17
Objetivos.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos	19
Problema de investigación	20
Titulo	20
Planteamiento del problema	20
Formulación del problema.....	21
Alcance	21
Límites del proyecto	21
Marco de referentes.....	23
Antecedentes.....	23
Marco teórico.....	25
Enfoques de desarrollo ágiles	27
Diseño centra en el usuario.....	28
Lenguajes de programación.....	29
Marco conceptual	29
Metodología	33
Metodología de desarrollo	33
Análisis para la implementación de una Progressive Web Application (PWA).....	36
Encuesta de recolección de información	36

Descripción de la encuesta	37
Enlace del formulario	37
Construcción y aplicación de la encuesta	37
Análisis general de los resultados.....	38
Diagnostico final.....	42
Requerimientos	44
Funcionales	44
No funcionales	45
Requisitos y características del aplicación.....	45
Desarrolló de la PWA mediante Oracle APEX	46
Desarrollo de la aplicacion	46
Esquema de trabajo.....	46
Diagrama de infraestructura	47
Diagrama de caso de uso	48
Actor: Administrador	48
Actor: Productora.....	48
Actor: Cliente.....	48
Diseño gráfico de la aplicación.....	49
Implementación de módulos funcionales	50
Módulo de gestión de catálogo	51
Módulo de autenticación y gestión de roles	52
Módulo de carrito y gestión de pedidos.....	52
Carrito de compras:.....	52

Confirmación de pedido:.....	53
Gestión de pedidos por la productora:	53
Módulo de notificaciones y seguimiento	53
Notificaciones internas en la aplicación:	53
Mensajes contextuales:	54
Integración con el seguimiento de pedidos:.....	54
Validación del cumplimiento de requisitos	54
Matriz de trazabilidad de requisitos.....	54
Verificación de requisitos no funcionales.....	56
Seguridad	56
Usabilidad	57
Escalabilidad y rendimiento.....	57
Puesta en producción de la plataforma mediante el despliegue de la PWA	60
Despliegue y puesta en producción	60
Proceso de despliegue.....	61
El objeto de prueba	61
A que usuario dirigimos la prueba.....	62
Materiales	62
Lugar de la prueba	62
Preparación	62
Guión para la prueba.....	63
Configuración para producción	63
URL de producción.....	64

	10
Validación final y pruebas de aceptación	64
Test de usabilidad	65
Resultado y análisis de la prueba.....	65
Hallazgos principales.....	68
Evaluación del prototipo de alta fidelidad	69
Checklist de funcionalidades criticas.....	70
Autenticación y roles	70
Gestión de catálogo.....	70
Carrito y pedidos.....	70
Seguimiento de pedidos y notificaciones.....	71
Seguimiento a clientes	71
Pruebas de carga basicas.....	72
Pruebas de despliegue con clientes finales	72
Acceso y navegación del cliente final.....	73
Flujo end-to-end del pedido en entorno real.....	73
Seguimiento a clientes desde la plataforma	73
Monitoreo técnico durante el despliegue	74
Acta de entrega y aceptación	74
Documentación para la sostenibilidad.....	77
Manual de usuario.....	77
Documentación técnica de la PWA	78
Repositorio GitHub de la programación.....	79
Discusión.....	80

Limitaciones.....	82
Conclusiones.....	83
Referencias Bibliográficas	87
Apéndices.....	92

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diagrama de flujo metodología XP</i>	27
Figura 2 <i>Diagrama de entidad- relación</i>	46
Figura 3 <i>Diagrama de infraestructura y despliegue</i>	47
Figura 4 <i>Diagrama de casos de uso</i>	48
Figura 5 <i>Paleta de colores</i>	49
Figura 6 <i>Logo e icono</i>	50
Figura 7 <i>Modulos funcionales de la PWA</i>	50
Figura 8 <i>Resultados del test de usabilidad de la PWA “Luruarepa”</i>	67

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de trazabilidad entre requisitos funcionales y módulos de la PWA “LuruArepa”</i>	55
Tabla 2 <i>Resultados de la prueba de usabilidad aplicado a la PWA “LuruArepa”</i>	66

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Grabación de la sesión de prueba de usabilidad</i>	92
Apéndice B <i>Acta de reunión de validación de la PWA “LuruArepa”</i>	92
Apéndice C <i>Resultados del formulario de usabilidad (Microsoft Forms)</i>	92
Apéndice D <i>Cronograma de actividades</i>	93
Apéndice E <i>Recursos necesarios</i>	94
Apéndice F <i>Resultados o productos esperados</i>	95
Apéndice G <i>Acta de entrega y aceptación de la PWA “LuruArepa”</i>	96
Apéndice H <i>Evidencia de pruebas de carga básicas en entorno de producción</i>	96
Apéndice I <i>Manual de usuario de la PWA “LuruArepa”</i>	97
Apéndice J <i>Documentación técnica y acceso al repositorio de código (GitHub)</i>	97
Apéndice K <i>Pruebas de despliegue con clientes finales</i>	97

Introducción

La transformación digital ha generado un cambio significativo en la forma en que las organizaciones gestionan sus procesos y comercializan sus productos. En este contexto, las asociaciones locales enfrentan el reto de adaptarse a entornos tecnológicos cada vez más dinámicos. En el municipio de Luruaco, Atlántico, la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) representa un pilar de la gastronomía tradicional del Caribe colombiano. Sin embargo, su modelo de comercialización continúa siendo artesanal, con limitaciones en alcance, promoción y gestión de ventas, lo que reduce su competitividad en un mercado progresivamente digitalizado.

El presente trabajo tiene como propósito la implementación de una Progressive Web Application (PWA) desarrollada en Oracle APEX, orientada a optimizar el proceso de comercialización de los productos de ASOPRAL. Esta plataforma busca integrar la tradición con la tecnología, ofreciendo un medio accesible, seguro y escalable que conecte directamente a las productoras con sus clientes. La aplicación incluirá módulos de gestión de usuarios, pedidos, notificaciones y administración, además de funcionalidades propias de una PWA, como instalación en dispositivos y carga rápida mediante service workers.

La elección de Oracle APEX responde a su capacidad para desarrollar aplicaciones modernas bajo un enfoque de bajo código, reduciendo costos y tiempos de implementación, sin comprometer la seguridad ni la estabilidad. De este modo, se garantiza una herramienta sostenible que favorece la digitalización de un sector tradicional y promueve la preservación de la identidad cultural de Luruaco. El proyecto adopta un enfoque cualitativo y descriptivo, utilizando la metodología Extreme Programming (XP) en tres fases: análisis diagnóstico,

implementación y despliegue. Esta estructura permitirá analizar las necesidades de la asociación, desarrollar la aplicación y documentar su funcionamiento mediante pruebas de usabilidad.

El proyecto se enmarca en los objetivos de transformación digital e inclusión promovidos a nivel nacional y es coherente con la Agenda 2030 en sus ODS 8 Trabajo decente y crecimiento económico y ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. Desde la perspectiva académica, se alinea con la formación en Ingeniería de Sistemas de la UNAD y su propósito de aplicar el conocimiento tecnológico para resolver problemáticas reales de las regiones, promoviendo soluciones sostenibles y culturalmente pertinentes, el Proyecto Académico Pedagógico Unadista (PAPU 4.0) enfatiza el aprendizaje situado y la solución de problemas reales mediante proyectos aplicados en contexto (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2018). De esta manera, el trabajo trasciende la mera construcción de una plataforma para aportar a la preservación de un patrimonio gastronómico y a la consolidación de un modelo comercial más resiliente.

Justificación

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe, planteada en 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), busca reducir la pobreza y la desigualdad, además de fomentar un crecimiento económico inclusivo. Colombia ocupa el puesto 57 de 63 en el Ranking de Competitividad Digital Mundial (2022). Para fortalecer la economía digital, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) se propone impulsar la industria TIC, fomentar la transformación tecnológica en sectores clave y promover la adopción de tecnologías avanzadas, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. En coherencia con este propósito, el Modelo UNADista de medición de impactos vincula los proyectos académicos con metas específicas de los ODS, reforzando su aporte al desarrollo territorial (Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD], 2022). Basado en este contexto social, la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) desarrolla diferentes líneas de investigación dentro de su modelo educativo, contribuyendo al propósito de la Agenda 2030 mediante proyectos enfocados en fortalecer aspectos clave para el desarrollo social, preservando los valores y la cultura de cada región de Colombia.

Como estudiante de la UNAD y futuro profesional en Ingeniería de Sistemas, pongo mi conocimiento y experiencia al servicio de estos objetivos, enfocándome en la implementación y despliegue de una Progressive Web Application (PWA) que contribuya a la sociedad, como señala Leal Afanador (2021), la virtualidad bien diseñada no es solo un canal, sino un entorno para generar innovación social apoyada en TIC. Esta plataforma estará orientada a la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) del municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia, permitiéndoles expandir la comercialización de productos como la arepa de huevo a

sus clientes potenciales, amantes de la gastronomía autóctona de la región Caribe. Actualmente, la comercialización se basa en métodos tradicionales de venta, lo que limita su alcance a clientes locales y reduce el potencial de crecimiento del negocio. La digitalización del proceso de comercialización permitirá modernizar y optimizar la venta de productos, promoviendo su consumo y garantizando su sostenibilidad económica; Villa Castaño (2021) muestra que la transformación digital en mercados campesinos fortalece la competitividad y la sostenibilidad económica de los productores rurales. A través del aplicativo móvil desarrollado en Oracle APEX, las matronas productoras podrán mejorar su servicio al cliente, gestionar pedidos de manera eficiente y aumentar su volumen de ventas. Además, la aplicación contribuirá a la preservación de la cultura gastronómica de Luruaco al facilitar la continuidad del oficio en las nuevas generaciones.

La viabilidad del proyecto radica en el uso de Oracle APEX, una plataforma de desarrollo accesible y escalable que permite la creación de aplicaciones web progresivas (PWA) de manera eficiente y con bajos costos operativos. Asimismo, el enfoque en la digitalización del comercio local responde a la creciente necesidad de modernización en los procesos de venta, facilitando la integración de las productoras de arepas de huevo en el ecosistema digital. Este proyecto se alinea con los objetivos académicos de la UNAD al aplicar conocimientos en ingeniería de sistemas, desarrollo de software y transformación digital para el fortalecimiento de comunidades y sectores productivos, fomentando la innovación tecnológica y la inclusión digital en la región Caribe, en concordancia con la Agenda 2030 y las líneas de investigación institucionales.

Objetivos

Objetivo General

Implementar una Progressive Web Application (PWA) en Oracle APEX para la gestión y comercialización de los productos de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) del municipio de Luruaco, optimizando los procesos de venta y que permiten a las productoras mejorar la comercialización, expandiendo su mercado y fortaleciendo la preservación de la gastronomía autóctona de la región.

Objetivos Específicos

Analizar los requerimientos para la implementación de una Progressive Web Application (PWA) en el proceso de comercialización.

Desarrollar la PWA mediante Oracle APEX, asegurando que cumpla con los requerimientos identificados en la fase de análisis.

Desplegar la plataforma mediante el despliegue de la PWA, monitoreando el cumplimiento de sus funcionalidades.

Problema de investigación

Título

Implementación de una Progressive Web Application (PWA) para la comercialización de los productos de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo ASOPRAL del municipio de Luruaco.

Planteamiento del problema

Actualmente, los productores de la asociación no cuentan con un sistema eficiente para comercializar sus productos en un mercado cada vez más digitalizado. No disponen de plataformas que les permitan expandir su mercado, lo que conlleva a la depreciación de la cultura. Esto se refleja en proyectos e investigaciones enfocados en apoyar la preservación de los rasgos culturales autóctonos de la zona, tomando como referencia "Oye, se está fritando", entre otros tantos proyectos e investigaciones en los que se han diagnosticado, diseñado, desarrollado e implementado mejoras en diferentes aspectos que rodean esta sociedad. Además, resulta necesario para el país modernizar la economía, integrando estas iniciativas en la transformación digital propuesta por el MINTIC. Para abordar esta problemática, se propone el desarrollo de una plataforma Progressive Web Application que automatice los procesos de comercialización y facilite la interacción entre productores y clientes, con el fin de preservar la cultura mediante la expansión del mercado de los productos locales a través de la tecnología. Esto genera la interrogante: ¿Cómo implementar una Progressive Web Application en Oracle APEX para la comercialización de productos del municipio de Luruaco, permitiendo innovar en el proceso y garantizando su viabilidad?

Formulación del problema

¿Cómo implementar una Progressive Web Application (PWA) en Oracle APEX que permita a la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) del municipio de Luruaco optimizar sus procesos de comercialización, ampliar su alcance de mercado y preservar la tradición gastronómica local, garantizando al mismo tiempo una plataforma segura, escalable y accesible para sus usuarias y clientes?

Alcance

El presente proyecto abarca el desarrollo, implementación y despliegue de una Progressive Web Application (PWA) utilizando Oracle APEX como entorno de desarrollo principal. La plataforma estará orientada a la gestión integral de la comercialización de los productos de la Asociación ASOPRAL, permitiendo registrar usuarios, administrar pedidos, visualizar reportes y notificaciones, y gestionar la trazabilidad de los productos desde su producción hasta la entrega final. El proyecto incluye la creación de la base de datos, el diseño de interfaces gráficas responsivas, la integración de funcionalidades PWA y la realización de pruebas de usabilidad con usuarias reales de la asociación. Asimismo, contempla la documentación técnica y funcional necesaria para su uso y mantenimiento.

Límites del proyecto

El alcance del proyecto se limita al desarrollo funcional y técnico de la plataforma dentro del entorno de Oracle APEX, sin incluir la integración con pasarelas de pago en tiempo real ni sistemas logísticos externos en esta fase inicial de la aplicación.

No se abordarán procesos de marketing digital ni estrategias de posicionamiento comercial fuera de la aplicación. Tampoco se contemplan funcionalidades de inteligencia artificial o analítica avanzada más allá del panel básico de comercialización, carrito y pedidos.

El proyecto se enfocará exclusivamente en la Asociación ASOPRAL del municipio de Luruaco, sin considerar la ampliación a otras asociaciones durante su primera versión. La implementación se realizará en un entorno controlado con datos de prueba y validación directa con las productoras de la asociación.

Marco de referentes

Antecedentes

El municipio de Luruaco, Atlántico, ha sido objeto de múltiples investigaciones desarrolladas por estudiantes e investigadores de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), orientadas al fortalecimiento de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL). Estas investigaciones han abordado diversos ejes: calidad e inocuidad alimentaria, fortalecimiento organizacional, sostenibilidad comercial y digitalización del proceso productivo; Muñoz Puentes (2025) desarrolló un prototipo de aplicativo web para comercializar productos agrícolas en Tocaima, evidenciando que las plataformas digitales pueden reducir intermediarios y mejorar el margen para los productores; Contreras Calderón (2017) mostró que, incluso en negocios pequeños de artesanías, una tienda en línea bien estructurada puede aumentar el alcance del mercado y formalizar los procesos de venta; Cortes Lozano (2021) desarrolló una aplicación móvil para la comercialización directa de productos agrícolas, destacando la importancia de interfaces simples y adaptadas al lenguaje de los productores.

En 2018, Arteta Molina desarrolló el proyecto “Diseño e implementación de los programas planteados en el Decreto 3075 de 1997 y la Resolución 2674 de 2013 sobre Buenas Prácticas de Manufactura en productores de arepa de huevo del municipio de Luruaco”, el cual identificó deficiencias sanitarias en los procesos de producción y propuso programas de capacitación y control para mejorar la inocuidad del producto. Este trabajo marcó el inicio de una línea de investigación enfocada en la mejora de la producción artesanal y su cumplimiento normativo.

Posteriormente, en 2023, Sierra Argumedo elaboró el estudio “Diseño de la documentación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la Asociación de Productoras

de Arepa de Huevo de Luruaco (ASOPRAL)”, donde se diseñaron los manuales, formatos y registros necesarios para estandarizar los procesos de limpieza, desinfección y control de residuos. Su aporte fue fundamental para formalizar la producción y garantizar la inocuidad de las arepas, en cumplimiento con la Resolución 2674 de 2013.

En cuanto al fortalecimiento comercial, Barceló Manotas y Jiménez Durán (2025) presentaron el proyecto “Implementación de un plan estratégico de marketing que propicie la sostenibilidad del centro de producción de arepas de huevo en Luruaco”, cuyo objetivo fue mejorar la visibilidad de ASOPRAL a través de estrategias de marketing digital, fidelización de clientes y posicionamiento de marca; Mojica Medina (2025) diseñó el “Maicao Marketplace” para pymes locales, en un contexto similar, Rodríguez Peña et al. (2023) diseñaron una plataforma virtual de ventas directas de cítricos, orientada a conectar productores con consumidores sin intermediarios. Resaltando que los mercados digitales territoriales potencian la visibilidad y competitividad de los emprendimientos regionales, este trabajo demostró que la adopción de herramientas digitales contribuye directamente al crecimiento económico y al empoderamiento femenino en la región.

Desde el enfoque tecnológico, Ávila Pérez et al. (2023) desarrollaron la investigación “Aplicación móvil para la comercialización de arepa de huevo de las productoras del municipio de Luruaco”, publicada en la revista Publicaciones e Investigación. Este proyecto implementó una aplicación móvil basada en metodología ágil XP, desarrollada en Node.js y React Native, orientada a facilitar la venta en línea, la gestión de pedidos y la interacción con los clientes. Los resultados evidenciaron la viabilidad de las soluciones digitales para dinamizar la economía local y preservar la tradición gastronómica.

De forma complementaria, Laydy Emis Sierra y otros autores resaltaron la importancia del proyecto interinstitucional “Oye, ya están fritando”, impulsado por el PNUD, ISA y la Alcaldía de Luruaco, el cual dio origen al Centro de Producción de la Arepa de Huevo. Este programa articuló esfuerzos entre la academia, el sector público y la comunidad para fortalecer las capacidades técnicas y empresariales de las productoras, sentando las bases para los proyectos posteriores de digitalización y comercialización.

En conjunto, estos antecedentes evidencian una evolución progresiva: primero se abordaron las condiciones sanitarias y normativas (2016–2018), luego la estandarización documental y el fortalecimiento de la gestión organizativa (2020–2023), y más recientemente, la incursión en estrategias de marketing digital y soluciones tecnológicas (2023–2025).

El presente proyecto se enmarca como una continuación natural de esta línea investigativa, proponiendo la implementación y despliegue de una Progressive Web Application (PWA) desarrollada en Oracle APEX. Su objetivo es integrar en una sola plataforma la gestión de pedidos, la trazabilidad, la administración de clientes y el fortalecimiento del canal de venta digital de ASOPRAL, contribuyendo a la sostenibilidad, competitividad e innovación del sector productivo de Luruaco.

Marco teórico

La transformación digital ha revolucionado los modelos de negocio tradicionales, impulsando la adopción de tecnologías que permiten optimizar procesos y ampliar los canales de comercialización; Robles Ramos y Robles Francia (2022) destacan que la adopción de tecnologías digitales en pequeñas organizaciones se asocia con mejoras en la coordinación interna, la visibilidad comercial y la toma de decisiones. En este contexto, las Progressive Web Applications (PWA) surgen como una alternativa eficiente que combina las ventajas de las

aplicaciones móviles y las páginas web, proporcionando accesibilidad, Fauzan (2022), en una revisión sistemática sobre PWA, concluye que estas aplicaciones son especialmente útiles en contextos con conectividad limitada gracias a sus capacidades de funcionamiento offline y caché, funcionamiento offline, actualizaciones automáticas y una experiencia de usuario fluida (CrustLab, 2024). El uso de plataformas de desarrollo de bajo código, como Oracle Application Express (APEX), permite crear aplicaciones seguras, escalables y fáciles de mantener, reduciendo significativamente los costos y tiempos de implementación. Según Oracle (2023), APEX integra herramientas visuales y componentes preconstruidos que facilitan el desarrollo rápido de soluciones empresariales adaptadas a entornos web y móviles; Desde una perspectiva de vigilancia tecnológica, Martínez Santos (2021) propone estrategias de comercialización agropecuaria que integran canales digitales para ampliar mercados y mejorar la negociación de precios, restrepo Arias (2023) muestra cómo una plataforma de comercio sostenible puede reducir la intermediación y dignificar la labor del productor al mejorar las condiciones de negociación.

Por otra parte, el comercio electrónico (e-commerce) ha transformado la forma en que los consumidores interactúan con los productos, ampliando las oportunidades para pequeños productores y emprendedores; Bojacá (2019) evidenció que los aplicativos webs de control de ventas y pedidos permiten a pequeños negocios mejorar la trazabilidad de transacciones y reducir errores manuales. Integrar una PWA al proceso de comercialización permite a asociaciones locales como ASOPRAL superar las barreras geográficas y económicas, fortaleciendo su presencia digital y generando nuevos canales de venta. Asimismo, el proyecto se sustenta en el diseño centrado en el usuario (DCU), el cual busca desarrollar productos tecnológicos basados en la comprensión de las necesidades, capacidades y limitaciones de los usuarios finales. Este

enfoque garantiza una experiencia de uso intuitiva, especialmente relevante en comunidades con niveles diversos de alfabetización digital.

El proyecto se enmarca en la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) y el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), al fomentar la innovación, la inclusión digital y el desarrollo sostenible del sector gastronómico tradicional de Luruaco.

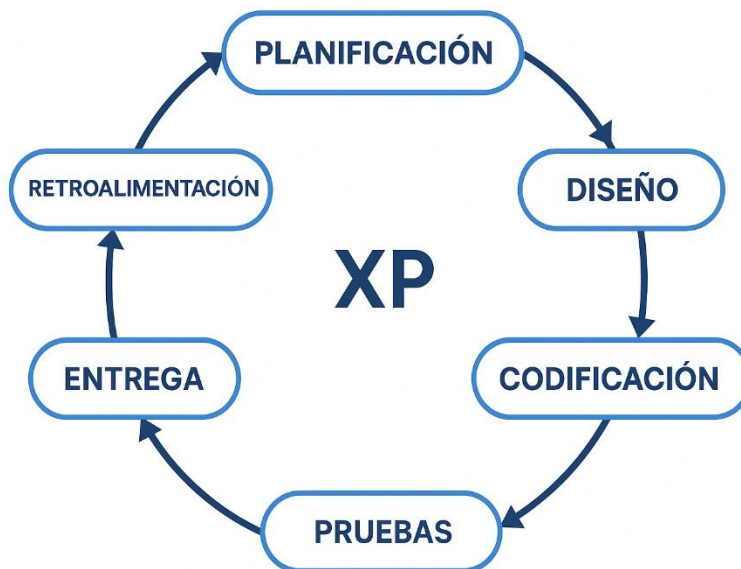
Enfoques de desarrollo ágiles

El desarrollo de la plataforma se basará en metodologías ágiles, específicamente en el enfoque Extreme Programming (XP), que promueve la mejora continua, la simplicidad en el diseño y la entrega rápida de resultados funcionales. Este enfoque favorece la colaboración constante con los usuarios finales en este caso, las productoras de ASOPRAL, garantizando que la aplicación responda efectivamente a sus necesidades operativas y de negocio; Curcio et al. (2019) evidencian que la integración temprana de la usabilidad en equipos ágiles mejora la calidad percibida y reduce retrabajos en fases avanzadas del proyecto.

La metodología XP se caracteriza por ciclos iterativos cortos, retroalimentación continua, desarrollo incremental y comunicación permanente entre los involucrados. Estas prácticas permiten detectar y corregir errores tempranamente, mejorar la calidad del software y asegurar la satisfacción del usuario. Asimismo, la aplicación de pruebas continuas y revisiones de código fomenta la estabilidad del sistema y la mantenibilidad a largo plazo.

Figura 1

Diagrama de flujo metodología XP



Nota. Diagrama de flujo o círculo iterativo con las fases de XP (planificación, diseño, codificación, pruebas, entrega, retroalimentación).

Diseño centra en el usuario

El diseño de la aplicación sigue los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU), que busca crear soluciones tecnológicas intuitivas, accesibles y ajustadas a las expectativas del usuario final. Para ASOPRAL, esto implica priorizar la facilidad de uso y la adaptabilidad de la interfaz para diferentes niveles de alfabetización digital.

Durante el proceso de diseño se aplicaron técnicas como entrevistas, observación de campo y pruebas de usabilidad con las productoras, con el fin de identificar las necesidades reales de las usuarias. El resultado se traduce en una interfaz limpia, con íconos comprensibles, colores cálidos inspirados en la identidad de Luruaco y accesible desde cualquier dispositivo móvil.

El objetivo principal del DCU es que las productoras y los clientes puedan interactuar con la plataforma sin dificultad, garantizando una experiencia agradable y eficiente que promueva la adopción tecnológica dentro de la comunidad.

Lenguajes de programación

La Progressive Web Application se desarrollará utilizando Oracle APEX como entorno principal, el cual combina el uso de PL/SQL para la lógica de negocio, JavaScript y HTML5/CSS3 para la interfaz de usuario. Oracle APEX ofrece un modelo de desarrollo de bajo código que facilita la creación de aplicaciones web seguras, escalables y con compatibilidad móvil.

El uso de PL/SQL permite manejar procesos transaccionales, consultas y procedimientos almacenados de manera eficiente dentro de la base de datos Oracle, garantizando integridad y rendimiento. Por su parte, JavaScript ofrece dinamismo e interactividad a la interfaz, mientras que HTML5 y CSS3 se emplean para estructurar y dar estilo al contenido visual de la aplicación, manteniendo coherencia con la identidad visual de ASOPRAL. Este enfoque tecnológico permite un equilibrio entre funcionalidad, usabilidad y sostenibilidad del sistema, asegurando su adaptación a futuras actualizaciones o ampliaciones.

Marco conceptual

Progressive Web Application (PWA): Las Aplicaciones Web Progresivas (PWA) combinan la accesibilidad web con funciones avanzadas de aplicaciones móviles. Surgieron en 2015 gracias a Alex Russell y Frances Berriman como solución a las limitaciones del web móvil. Su desarrollo ha crecido debido a su fácil mantenimiento, menor costo y mayor interacción del usuario.

Oracle APEX: El desarrollo moderno de aplicaciones sigue principios clave como "defensa en profundidad", que utiliza múltiples capas de seguridad independientes para mitigar riesgos, y la automatización de controles para reducir errores en la configuración. Además, la integración y entrega continua (CI/CD) optimiza la gestión del código, permitiendo cambios

frecuentes y confiables con pruebas automatizadas. Se recomienda el uso de frameworks abiertos y livianos para mejorar eficiencia y estabilidad. También se promueve una arquitectura basada en microservicios con API REST contract-first, facilitando escalabilidad y mantenimiento. Oracle sugiere usar plataformas de bajo código como APEX para acelerar el desarrollo con componentes preconstruidos y patrones de diseño intuitivos.

Comercialización digital: El marketing digital ha evolucionado desde anuncios básicos y correos electrónicos hasta un sistema complejo que abarca SEO, marketing de contenidos, redes sociales, email marketing y publicidad PPC. La integración con el marketing tradicional es clave para fortalecer el mensaje de marca. A medida que avanza la tecnología, la inteligencia artificial y la personalización jugarán un papel crucial en la experiencia del cliente. Los principios fundamentales incluyen análisis de audiencia, segmentación, posicionamiento y estrategias de marketing mixto, lo que permite a las empresas ampliar su alcance y mejorar el compromiso del cliente.

Transformación digital: Colombia ha avanzado en su transformación digital, con un 63% de la población usando internet, en comparación con el 38% en 2014. Además, más de la mitad de los colombianos mayores de 15 años han realizado pagos digitales. Sin embargo, persisten desafíos como la brecha digital, el acceso desigual a la tecnología y la educación insuficiente en habilidades digitales. Para fortalecer su economía digital, se recomienda mejorar la infraestructura digital mediante mayor competencia, inversión en áreas desatendidas y el despliegue de 5G.

Economía digital: El ecosistema TIC en Colombia ha crecido significativamente con el programa Vive Digital, impulsando la inclusión digital y fomentando el uso de tecnologías en educación, salud y desarrollo económico. Sin embargo, aún enfrenta desafíos en la creación de

una industria local de educación digital (e-education) y en la implementación de un plan nacional de salud digital (e-health). Se recomienda fortalecer incubadoras y aceleradoras para startups tecnológicas, desarrollar estrategias de logística digital y promover software de código abierto en instituciones públicas. La segunda fase de Vive Digital busca masificar el acceso a internet y fomentar la innovación en sectores estratégicos como agroindustria, manufactura y servicios.

Preservación cultural: La conservación de los paisajes culturales depende de la sostenibilidad de las tradiciones alimentarias locales. La certificación y comercialización de productos tradicionales permiten preservar su autenticidad y fortalecer la relación económica entre comunidades y su entorno. Sin embargo, estos alimentos están en riesgo debido a cambios demográficos, el aumento del valor de la tierra y la industrialización agrícola. Para evitar la desaparición de estos productos, es fundamental implementar estrategias que equilibren la tradición con la viabilidad económica y promuevan su reconocimiento en el mercado.

E-commerce local: La adopción del comercio electrónico está influenciada por factores organizacionales y del entorno externo. La mayoría de los estudios utilizan un enfoque cuantitativo (71.2%), principalmente mediante cuestionarios, y se basan en el marco conceptual TOE framework. Sin embargo, muchas investigaciones carecen de un marco teórico definido (24.7%), y solo un pequeño porcentaje (11%) desarrolla sus propios modelos conceptuales. La mayoría de los estudios se centran en los factores que favorecen la adopción del comercio electrónico, dejando una brecha en el análisis de las etapas posteriores a la adopción, lo que sugiere la necesidad de futuras investigaciones más amplias.

Automatización de procesos: El periodo entre finales del siglo XIX y principios del XX fue clave en la transformación de la sociedad, impulsado por la Revolución Industrial, el crecimiento del urbanismo y avances científicos. Este tiempo marcó el auge del nacionalismo, el

imperialismo y el activismo social, con movimientos por el sufragio femenino y la abolición de la esclavitud. También vio el surgimiento de nuevas corrientes artísticas y literarias, además de importantes avances en transporte, comunicación y medicina. Estas innovaciones sentaron las bases del mundo moderno".

Metodología

El presente proyecto corresponde a una metodología primeramente de investigación aplicada con enfoque mixto y descriptivo, orientada a la solución de una problemática real dentro del contexto socioeconómico del municipio de Luruaco. Su propósito es diseñar e implementar una herramienta tecnológica que optimice los procesos de comercialización de los productos elaborados por la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL), fortaleciendo su gestión y sostenibilidad, esta articulación entre teoría y práctica responde a la orientación del PAPU 4.0, que promueve experiencias formativas mediadas por proyectos con comunidades reales (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2018).

La investigación es aplicada porque utiliza conocimientos teóricos y tecnológicos para construir una Progressive Web Application (PWA) en Oracle APEX, adaptada a las necesidades del sector gastronómico local, Fuentes Vasconcelos y Payró Campos (2022) señalan que la documentación estructurada de decisiones técnicas es clave para consolidar la gestión del conocimiento en proyectos de desarrollo de software. Es cualitativa porque analiza las condiciones sociales, culturales y tecnológicas de las productoras mediante observación, entrevistas y revisión documental, buscando comprender las dinámicas y limitaciones del proceso comercial. A su vez, es descriptiva, ya que caracteriza los procesos actuales de comercialización, los requerimientos y funcionalidades de la solución, sin manipular variables, sino describiendo la realidad existente y la forma en que la herramienta tecnológica puede transformarla positivamente.

Metodología de desarrollo

El proyecto será de tipo mixto y documental, utilizando un método descriptivo. Su desarrollo se llevará a cabo en tres fases, aplicando la metodología Extreme Programming (XP).

Fase 1: Diagnóstico, se indagarán y analizarán los antecedentes en busca de los requisitos funcionales y no funcionales para la implementación de la PWA. Se implementará la base de datos utilizando Oracle APEX. Para la recolección de información, se emplearán herramientas como la lluvia de ideas, enfocada en el análisis de antecedentes y la determinación de requerimientos previos. También se realizarán entrevistas con expertos para complementar la información. La información recopilada será analizada mediante métodos de análisis cualitativos y una revisión bibliográfica relacionada con el diagnóstico del producto y los antecedentes. Como resultado, se obtendrá un diagnóstico detallado de los antecedentes.

Fase 2: Implementación y Despliegue, se procederá con la configuración técnica de las interfaces gráficas, asegurando el cumplimiento de los requisitos y funcionalidades determinadas en la fase de diagnóstico. Para ello, se utilizarán instrumentos de recolección de información como la revisión bibliográfica, entrevistas con expertos para recibir asesoría y revisión del desarrollo de la PWA, el análisis de información y la indagación bibliográfica relacionada con el desarrollo de aplicaciones PWA en Oracle APEX, entre otros conceptos definidos en la fase anterior. El resultado de esta fase será la codificación de la PWA.

Fase 3: Documentación, se compilará toda la información trabajada durante el desarrollo del proyecto, con el objetivo de documentar e instruir sobre la PWA, incluyendo el cargue de datos iniciales, la documentación de pruebas preliminares y de usabilidad, así como la puesta en producción. Los instrumentos de recolección de información incluirán la observación directa, el análisis de documentos y material audiovisual, bitácoras, y la toma de fotos y videos. Toda esta información será recopilada, organizada y utilizada para la creación de un documento, que como producto final tendremos este documento principal del proyecto, un manual de uso de la PWA y

la documentación técnica de la PWA. Adicionalmente, se generarán otros apéndices necesarios para el desarrollo del proyecto.

Análisis para la implementación de una Progressive Web Application (PWA)

El primer objetivo específico se orientó a comprender de manera detallada el contexto actual de comercialización de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) y a traducir dicho contexto en requerimientos claros para la futura PWA. Para ello, se partió del marco de referencia del proyecto, donde se describe la realidad de ASOPRAL, el uso predominante de métodos tradicionales de venta y la necesidad de modernizar sus procesos mediante herramientas digitales alineadas con la Agenda 2030 y los lineamientos institucionales de la UNAD.

Encuesta de recolección de información

El presente proyecto se enmarca en un enfoque mixto, de carácter descriptivo y de corte transversal. Se combinan datos cuantitativos (frecuencias y porcentajes obtenidos a partir de preguntas cerradas) con información cualitativa (respuestas abiertas) para comprender la situación actual de la comercialización en ASOPRAL y la percepción de las productoras frente al uso de herramientas tecnológicas.

La población objetivo de la encuesta está conformada por las productoras que integran la Asociación ASOPRAL del municipio de Luruaco. Para la aplicación del instrumento se seleccionó una muestra intencional de diez (10) productoras que participan de manera activa en la elaboración, venta y entrega de productos. Esta selección se realizó con el propósito de recoger información de quienes están directamente involucradas en la gestión de pedidos y la atención al cliente, garantizando así la pertinencia y utilidad de los datos recolectados para el diseño de la solución tecnológica.

Para este proyecto se diseñó un formulario digital en Microsoft Forms, con el objetivo de recopilar información sobre los métodos actuales de comercialización utilizados por las

productoras de ASOPRAL y conocer su percepción frente al uso de herramientas tecnológicas. Esta encuesta incluye preguntas de opción múltiple y preguntas abiertas, lo que permitió obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos sobre la situación actual.

Descripción de la encuesta

El formulario estuvo compuesto por ocho preguntas distribuidas en tres bloques:

- Experiencia en el uso de herramientas digitales.
- Prácticas actuales de venta y organización de pedidos.
- Percepción y disposición hacia el uso de una aplicación web progresiva (PWA).

Estas preguntas fueron formuladas de manera sencilla y directa, pensando en el nivel tecnológico de las productoras y en las necesidades reales identificadas en la etapa inicial del proyecto.

Enlace del formulario

<https://forms.office.com/r/1rDZWNUVTt?origin=lprLink>

Construcción y aplicación de la encuesta

Esta encuesta digital elaborado en Microsoft Forms, fue diseñado con base en los objetivos del proyecto y orientado a obtener información clara sobre las dificultades que enfrentan las productoras en la gestión de pedidos y la comercialización de sus productos. Las preguntas fueron redactadas de manera sencilla y comprensible, teniendo en cuenta el nivel tecnológico de las participantes. Se combinaron preguntas cerradas, que facilitan la cuantificación de resultados, con preguntas abiertas que permiten profundizar en aspectos cualitativos del contexto.

El formulario fue diligenciado por diez (10) productoras de la Asociación ASOPRAL, seleccionadas mediante un muestreo intencional. Se eligieron aquellas que participan

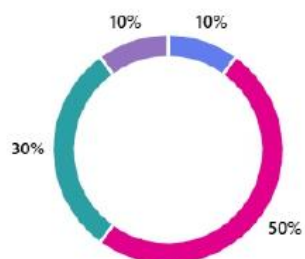
activamente en la elaboración, venta y entrega de productos, lo cual garantiza la pertinencia de la información suministrada. La aplicación de la encuesta se realizó de manera asistida, utilizando el formulario digital en Microsoft Forms desde dispositivos móviles de las mismas productoras, en presencia del investigador. Cada participante respondió el formulario de forma individual, en un tiempo aproximado de 5 minutos, resolviendo dudas sobre el uso del formulario cuando fue necesario. La recolección de la información se llevó a cabo en una única jornada, en las instalaciones donde habitualmente se reúnen las productoras de ASOPRAL, lo que facilitó su participación y redujo barreras de acceso tecnológico.

Análisis general de los resultados

Para el análisis de la información se utilizaron herramientas descriptivas. Las respuestas a las preguntas cerradas fueron procesadas mediante las funciones de análisis de Microsoft Forms, obteniendo frecuencias y porcentajes que permitieron identificar tendencias en el uso de herramientas tecnológicas y en las prácticas actuales de gestión de pedidos.

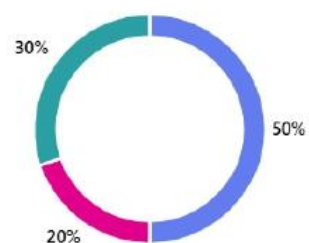
1. ¿Cuál es su nivel de experiencia usando herramientas digitales como celulares, aplicaciones y redes sociales?

● Ninguna	1
● Basica	5
● Media	3
● Avanzada	1

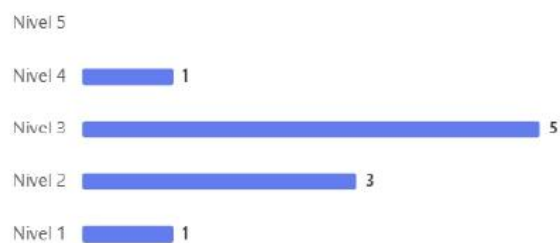


2. ¿Cómo realiza actualmente la comercialización de sus productos?

● Venta directa en el punto de producción	5
● Pedidos por WhatsApp	2
● Pedidos por llamada	3
● Otras	0



3. ¿Qué tan difícil considera gestionar los pedidos con los métodos actuales?



4. ¿Considera que una plataforma digital podría ayudar a mejorar la comercialización de los productos?



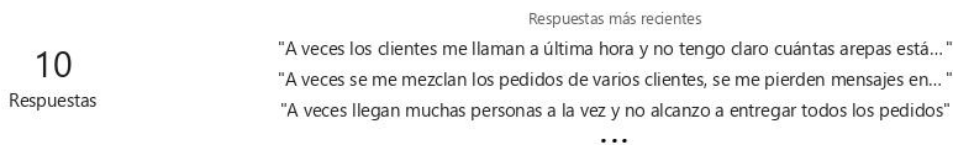
5. ¿Qué tan importante considera contar con un catálogo digital que muestre los productos, precios e imágenes?



6. ¿Qué tan probable sería que usted use una PWA para gestionar los pedidos de sus clientes?



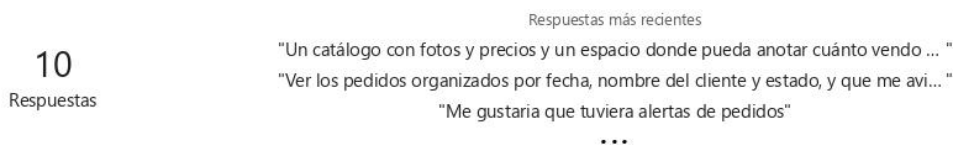
7. ¿Qué dificultades enfrenta actualmente en el proceso de venta y entrega de los productos?



9 encuestados (90%) respondieron Los para esta pregunta.



8. ¿Qué funcionalidades le gustaría que tuviera una herramienta digital para apoyar su trabajo?



7 encuestados (70%) respondieron pedidos para esta pregunta.



Los resultados muestran que las productoras de ASOPRAL cuentan con conocimientos básicos o medios en el uso de tecnología, lo que facilita el proceso de adopción de nuevas herramientas digitales. Aunque actualmente gestionan sus pedidos mediante WhatsApp y llamadas telefónicas, estos métodos presentan limitaciones importantes de organización, claridad y seguimiento.

Los datos evidencian dificultades constantes en la gestión de pedidos, la atención simultánea a clientes y la falta de un sistema que brinde orden y control. Al mismo tiempo, la percepción positiva hacia una herramienta digital demuestra que están dispuestas a incorporarla como parte de su rutina de trabajo.

Diagnostico final

Con base en los resultados del instrumento, se identifica que ASOPRAL enfrenta un problema estructural en la gestión de pedidos, caracterizado por:

- Ausencia de un sistema centralizado
- Dificultad para mantener un historial
- Confusión en pedidos simultáneos
- Falta de organización en inventario y entregas
- Dependencia de múltiples canales informales como WhatsApp y llamadas
- Pérdida de información y registros.

El nivel tecnológico medio de las productoras, sumado a la percepción positiva hacia la digitalización, confirma que existe un terreno favorable para implementar una solución tecnológica. La participación en la encuesta fue voluntaria y las productoras fueron informadas de que los datos recopilados serían utilizados exclusivamente con fines académicos y para la mejora del proyecto. No se solicitaron datos personales sensibles y las respuestas se trataron de manera confidencial, evitando la identificación directa de las participantes en la presentación de resultados. Con ello se buscó respetar la privacidad de las productoras y garantizar un manejo responsable de la información recolectada.

El análisis de requerimientos combinó la revisión de antecedentes y trabajos previos sobre ASOPRAL, así como la caracterización de su proceso actual de comercialización, desde la

producción hasta la entrega al cliente final. Se identificaron actores clave (productoras, compradores, posibles transportadores o aliados logísticos) y se levantó información sobre las tareas que cada rol realiza, los canales utilizados para recibir pedidos, las dificultades de trazabilidad y los puntos críticos del proceso (por ejemplo, registro manual de pedidos, limitada visibilidad del inventario y ausencia de un canal digital consolidado).

Con base en esta información se definieron los requerimientos funcionales de la PWA, tales como: registro y autenticación de usuarios, gestión de productos, carrito de compras, generación y seguimiento de pedidos, notificaciones sobre el estado de las órdenes, y un módulo básico de soporte (PQR) para canalizar solicitudes y reclamos. Estos requerimientos se vincularon a la realidad de ASOPRAL, buscando que la solución apoyara tanto la ampliación del mercado como la preservación de la identidad gastronómica del municipio de Luruaco.

De forma complementaria, se establecieron requerimientos no funcionales asociados a usabilidad, seguridad y desempeño. Dado que la población objetivo no necesariamente cuenta con equipos de alta gama, se priorizó que la PWA fuera ligera, responsiva y accesible desde navegadores móviles, reduciendo los tiempos de carga y evitando interacciones complejas. Se consideró igualmente la necesidad de una plataforma escalable y sostenible, lo que justificó la elección de Oracle APEX como entorno de desarrollo de bajo código, con capacidades nativas para la construcción de aplicaciones web modernas, paneles de control y componentes PWA.

Los requerimientos se documentaron de manera estructurada, vinculándolos con los procesos de negocio de ASOPRAL y estableciendo una trazabilidad entre cada necesidad identificada y el módulo o componente de la futura aplicación que la atendería. Esta trazabilidad permitió que, en las fases posteriores de desarrollo y despliegue, fuera posible verificar si la

PWA efectivamente respondía a las expectativas de las productoras y a los objetivos de transformación digital planteados.

El objetivo específico de analizar los requerimientos para la implementación de la PWA fue alcanzado mediante un proceso sistemático de levantamiento de información, revisión de antecedentes y formalización de necesidades funcionales y no funcionales. El resultado fue un conjunto de requerimientos claros, alineados con la realidad de ASOPRAL, que sirvieron como base para el diseño de la arquitectura de la solución y guiaron de manera consistente las decisiones de desarrollo en Oracle APEX, asegurando la pertinencia y coherencia de la plataforma frente al problema de comercialización identificado.

Requerimientos

La Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) carece de un sistema digital que optimice la comercialización de sus productos en un mercado cada vez más competitivo y orientado al comercio electrónico. El análisis situacional revela ineficiencias en la gestión de pedidos, limitaciones en el alcance geográfico y una dependencia excesiva de métodos tradicionales de venta. A partir de entrevistas semiestructuradas, revisión de antecedentes y matrices DOFA, se concluye que la transformación digital mediante una Progressive Web Application (PWA) permitirá ampliar la base de clientes, mejorar los flujos operativos y preservar la identidad cultural gastronómica de Luruaco.

Los requerimientos se clasificaron en funcionales y no funcionales:

Funcionales

- Registro y autenticación de usuarios (clientes, productoras y administradores).
- Catálogo dinámico de productos con inventario actualizado.
- Carrito de compras.

- Panel de administración para controlar productos, precios y pedidos.
- Sistema de notificaciones (confirmación de pedido, estado de envío).

No funcionales

- Seguridad: cifrado, control de roles.
- Usabilidad: interfaz intuitiva, accesible en dispositivos móviles y de escritorio.
- Escalabilidad: arquitectura preparada para incremento de usuarios y tráfico.
- Disponibilidad: tiempo de actividad ≥ 99 %.
- Mantenibilidad: código modular bajo principios XP y CICD.

Requisitos y características del aplicación

- Tecnología principal: Oracle APEX como plataforma de bajo código para acelerar el desarrollo y simplificar la administración de bases de datos Oracle.
- PWA: instalación opcional en el dispositivo, carga rápida gracias a Service Workers y caché dinámica.
- Diseño adaptable (responsive): uso de componentes flexibles que maximizan la experiencia móvil.
- Internacionalización preparada: soporte futuro para múltiples idiomas.

Desarrolló de la PWA mediante Oracle APEX

Desarrollo de la aplicación

El proyecto se estructura en tres fases iterativas siguiendo Extreme Programming (XP):

Diagnóstico (Mes 3)

- Levantamiento de requerimientos.
- Diseño lógico preliminar de base de datos y arquitecturas de seguridad.

Implementación y Despliegue (Meses 4–7)

- Construcción de módulos front-end y back-end en Oracle APEX.
- Pruebas unitarias automatizadas.
- Despliegue progresivo en entorno productivo.

Documentación y Cierre (Meses 8–9)

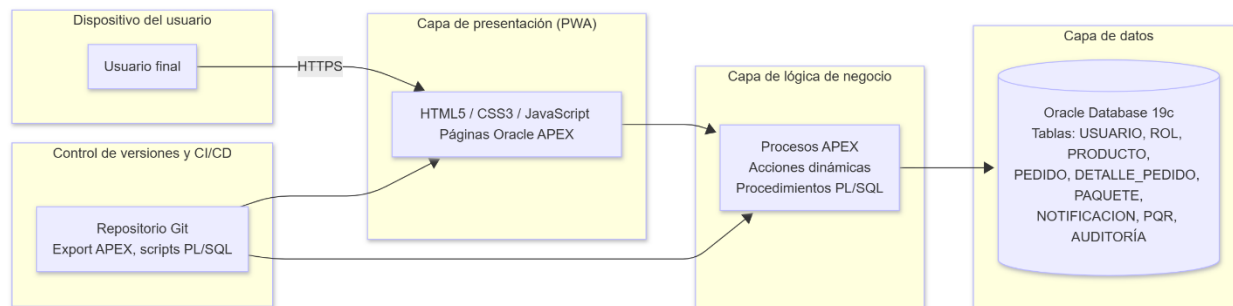
- Elaboración de manual de usuario y documentación técnica.
- Pruebas de aceptación y validación con productoras y clientes piloto.
- Ajustes finales y publicación oficial.

Esquema de trabajo

- Capa de presentación (PWA): HTML5, CSS3 y JavaScript, renderizada por APEX.
- Capa de lógica de negocio: PL/SQL y procesos APEX para transacciones seguras.
- Capa de datos: Oracle Database 19c, con tablas independientes para usuarios, productos, pedidos y auditorías.
- Control de versiones y CICD: Git, para pruebas y despliegue.

Figura 2

Diagrama de entidad- relación



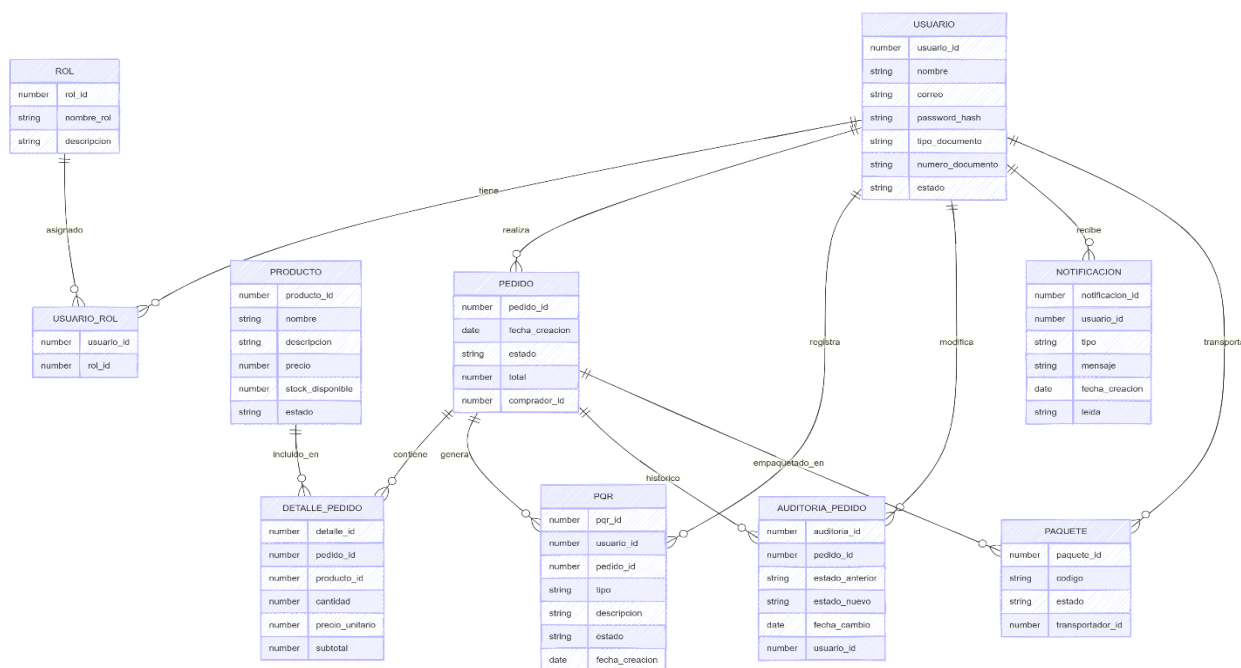
Nota. Diagrama entidad–relación del modelo de datos de la PWA.

Diagrama de infraestructura

- Usuarios finales (navegadores y dispositivos móviles) acceden vía HTTPS a la PWA alojada en Oracle APEX Service.
- El balanceador de carga distribuye peticiones hacia las instancias APEX.
- Un firewall de aplicaciones web (WAF) y políticas IAM protegen contra ataques comunes.

Figura 3

Diagrama de infraestructura y despliegue



Nota. Diagrama de infraestructura y despliegue de la PWA sobre Oracle APEX y Oracle Database.

Diagrama de caso de uso

Actor: Administrador

- Gestionar usuarios.
- Registrar/editar productos.
- Consultar reportes de ventas.

Actor: Productora

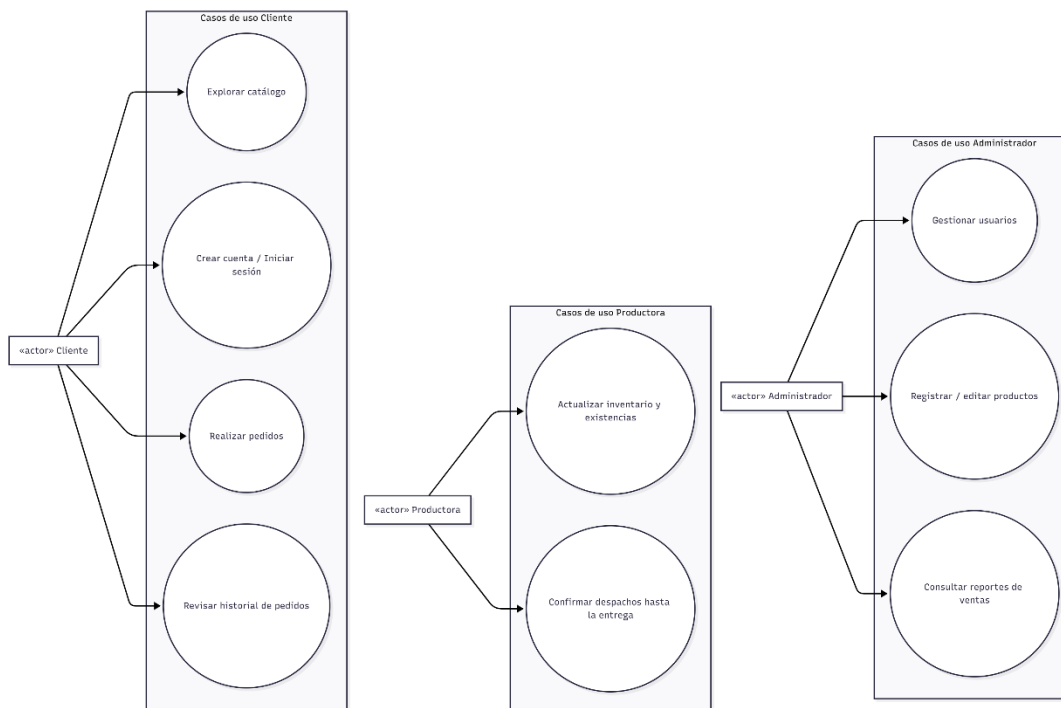
- Actualizar inventario y existencias.
- Confirmar despachos hasta entrega.

Actor: Cliente

- Explorar catálogo.
- Crear cuenta / iniciar sesión.
- Realizar pedidos.
- Revisar historial de carrito.

Figura 4

Diagrama de casos de uso



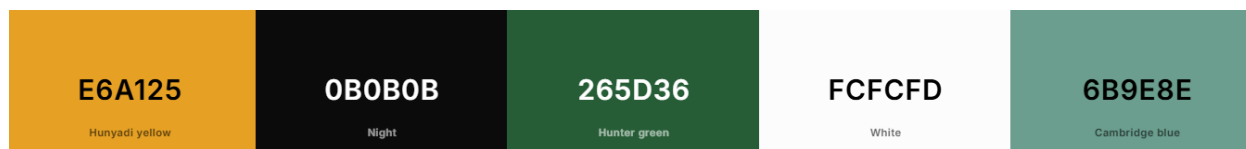
Nota. Diagrama de casos de uso de la PWA para administradores, productoras y clientes.

Diseño gráfico de la aplicación

- Paleta cromática: tonos cálidos (amarillo maíz y verde vegetal) que evocan la arepa de huevo y el folclor Caribe.

Figura 5

Paleta de colores



Nota. Paleta de colores (amarillo, negro, blanco y verdes).

- Tipografía: Sans-serif moderna para cuerpo; serif elegante en encabezados.
- Iconografía: ilustración minimalista de arepa con una yema de huevo para poder identificar que es un “arepa de huevo”.

Figura 6

Logo e icono



Nota. Logotipo de la plataforma.

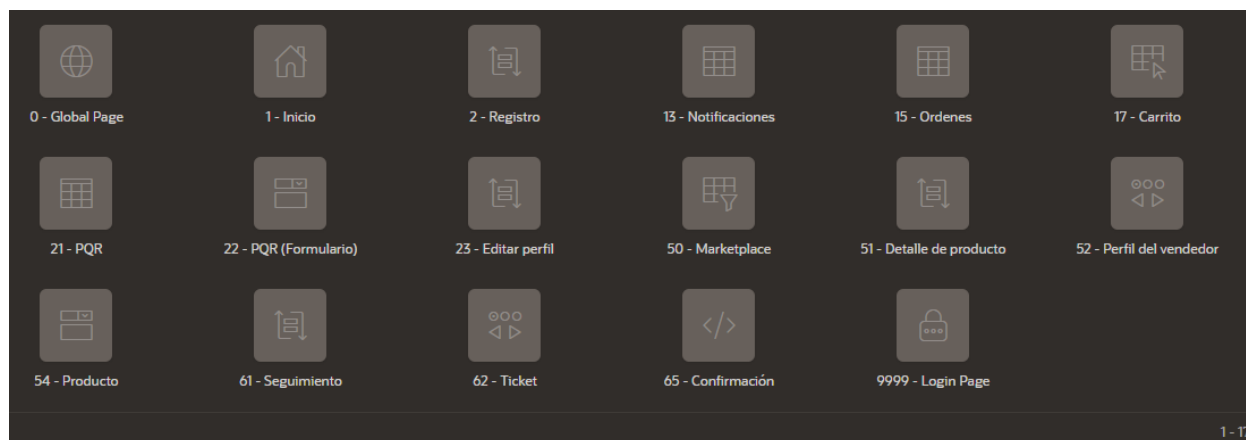
- Lineamientos de accesibilidad: textos escalables y navegabilidad con teclado.

Implementación de módulos funcionales

La implementación de la PWA “LuruArepa” se materializó en un conjunto de módulos funcionales que dan soporte al ciclo completo de comercialización definido para ASOPRAL. Estos módulos se construyeron sobre el modelo de datos previamente diseñado para usuarios, productos, pedidos, paquetes, notificaciones y PQR, utilizando las capacidades declarativas de Oracle APEX para formularios, informes interactivos, listas de navegación y acciones dinámicas.

Figura 7

Modulos funcionales de la PWA



Nota. Módulos funcionales implementados en el desarrollo de la PWA.

Módulo de gestión de catálogo

El módulo de gestión de catálogo permite a las productoras y al perfil administrador registrar, consultar y actualizar la oferta de productos disponibles en la plataforma; La lógica de catálogo-pedido-pago implementada en LuruArepa retoma aprendizajes de experiencias previas en comercio electrónico artesanal (Contreras Calderón, 2017). Su implementación se basó en:

Formularios CRUD (Crear, Leer, Actualizar, Borrar) declarativos en APEX, asociados a la tabla de productos, que permiten:

- Registrar nuevos productos con nombre, descripción, precio, categoría y fotografía de referencia.
- Editar precios y descripciones de productos existentes.
- Desactivar temporalmente productos sin eliminarlos de la base de datos, preservando el historial.

Informes interactivos para visualizar el catálogo completo, aplicar filtros por categoría (ej. arepa de huevo, masas, combos) y ordenar por precio o disponibilidad.

Validaciones y restricciones que garantizan la integridad de los datos (por ejemplo, precios mayores a cero y obligatoriedad de campos clave).

En el documento final se incluyen capturas de pantalla de las páginas de administración del catálogo, donde se evidencia la creación y edición de productos desde la interfaz de Oracle APEX, así como la vista pública del catálogo utilizada por los clientes.

Módulo de autenticación y gestión de roles

Para asegurar que cada actor del proceso (administradora, productoras y clientes) acceda únicamente a las funcionalidades que le corresponden, se implementó un esquema de autenticación y autorización basado en las funciones nativas de Oracle APEX:

Esquema de autenticación con credenciales almacenadas en tablas de usuarios (APP_USERS) y administración de contraseñas mediante formularios seguros.

Gestión de roles (APP_ROLES) que clasifica a las personas usuarias en perfiles de:

- Administrador(a): gestión de usuarios, catálogo y monitoreo general de pedidos.
- Vendedor: actualización de inventario, confirmación y cierre de pedidos.
- Comprador: exploración de catálogo, creación de pedidos y consulta de historial.

Esquemas de autorización que controlan la visibilidad de menús, botones y páginas según el rol, de manera que, por ejemplo, las opciones de administración no sean visibles para clientes.

Este módulo se complementa con una barra de navegación dinámica que adapta sus opciones a los permisos del usuario autenticado, reduciendo la complejidad visual y reforzando la seguridad del sistema.

Módulo de carrito y gestión de pedidos

El El módulo de carrito y pedidos implementa el flujo de compra desde la selección de productos hasta el registro formal de un pedido en la base de datos:

Carrito de compras:

- Página de listado de productos con botón de “Agregar al carrito”.

- Tabla intermedia (APP_CART_ITEMS) donde se registran los productos seleccionados, cantidades y precios unitarios.
- Acciones dinámicas para recalcular automáticamente subtotales y totales cuando el cliente modifica cantidades o elimina ítems.

Confirmación de pedido:

- Página de resumen de carrito donde el cliente revisa la información y confirma la orden.
- Proceso PL/SQL que, al confirmar, genera un registro en la tabla APP_ORDERS, asocia los ítems del carrito a la orden, calcula el total y limpia el carrito del usuario.

Gestión de pedidos por la productora:

- Reportes para que las productoras visualicen los pedidos pendientes, en proceso y cerrados.
- Formularios para actualizar el estado de la orden (ej. “En preparación”, “Enviado”, “Entregado” y “Cerrado”).

Las capturas incluidas en el documento muestran el flujo completo: selección de productos, vista del carrito, confirmación del pedido y seguimiento de la orden desde los distintos roles.

Módulo de notificaciones y seguimiento

El módulo de notificaciones tiene como objetivo mantener informados a los usuarios sobre los cambios relevantes en el ciclo de comercialización:

Notificaciones internas en la aplicación:

- Una tabla de notificaciones (APP_NOTIFICATIONS) registra eventos como creación de pedidos, cambios de estado y cierre de órdenes.

- Una región tipo “lista” o “badge” en la interfaz muestra el número de notificaciones pendientes para cada usuario, con acceso a un listado detallado.

Mensajes contextuales:

- Mensajes de éxito o error al momento de confirmar pedidos, actualizar estados o gestionar productos, configurados mediante procesos y acciones dinámicas.

Integración con el seguimiento de pedidos:

- Para las productoras y la administradora, se presentan vistas consolidadas que permiten identificar rápidamente pedidos recientes y sus estados.
- En etapas posteriores, y según el alcance definido, este módulo queda preparado para integrarse con canales externos (como correo electrónico o mensajería) si se decide ampliar la solución, sin alterar la estructura central de la PWA.

Validación del cumplimiento de requisitos

Una vez implementados los módulos funcionales, se realizó un proceso de validación para comprobar que la PWA “LuruArepa” cumple con los requerimientos funcionales y no funcionales definidos en la fase de análisis. Esta validación se apoyó en una matriz de trazabilidad de requisitos y en la verificación específica de criterios de seguridad, usabilidad y escalabilidad/rendimiento, complementando los resultados de la prueba de usabilidad descrita en apartados posteriores del documento.

Matriz de trazabilidad de requisitos

Para garantizar la coherencia entre el análisis y el desarrollo, se elaboró una matriz de trazabilidad que relaciona cada requisito funcional con los módulos y páginas de la PWA donde dicho requisito fue implementado, así como con la evidencia documental asociada (capturas, apéndices, etc.).

La matriz incluye columnas como:

- Código del requisito (ej. RF-01, RF-02, ...).
- Descripción del requisito (enunciado del requerimiento).
- Módulo / página APEX donde se materializa (catálogo, carrito, pedidos, notificaciones, PQR, etc.).
- Evidencia de implementación (captura de pantalla, descripción en el texto principal, referencia a apéndices).

Tabla 1

Matriz de trazabilidad entre requisitos funcionales y módulos de la PWA “LuruArepa”

<i>Código</i>	<i>Descripción del requisito</i>	<i>Módulo / página APEX</i>	<i>Evidencia de cumplimiento</i>
<i>RF-01</i>	El sistema debe permitir registrar y autenticar usuarios por rol.	Páginas de registro e inicio de sesión; roles	https://oracleapex.com/ords/r/pwa_asopral_col/lurepas/registro?session=105609568107055
<i>RF-02</i>	El sistema debe permitir gestionar el catálogo de productos.	Módulo de catálogo (formularios e informes)	https://oracleapex.com/ords/r/pwa_asopral_col/lurepas/marketplace?session=105609568107055
<i>RF-03</i>	El sistema debe permitir crear y confirmar pedidos desde un carrito.	Módulo de carrito y confirmación de pedidos	https://oracleapex.com/ords/r/pwa_asopral_col/lurepas/carrito?session=105609568107055

RF-04	El sistema debe mostrar el estado de los pedidos a las productoras.	Reportes de pedidos por estado	https://oracleapex.com/ords/r/pwa_asopral_col/lurepas/ordenes-reporte?session=10560956810705 5
RF-05	El sistema debe notificar cambios en el estado de los pedidos.	Módulo de notificaciones internas	https://oracleapex.com/ords/r/pwa_asopral_col/lurepas/notificaciones-reporte?session=10560956810705 5

Nota. Esta matriz sirve como herramienta de control de calidad, ya que permite verificar que cada requisito identificado en la fase de análisis tiene un correlato explícito en la implementación y que existe evidencia clara de su cumplimiento dentro de la aplicación y de la documentación.

Verificación de requisitos no funcionales

Además de los requisitos funcionales, se verificó el cumplimiento de los requisitos no funcionales más relevantes para el contexto de ASOPRAL: seguridad, usabilidad y escalabilidad/rendimiento.

Seguridad

- Uso del esquema de autenticación nativo de Oracle APEX, con manejo de sesiones, expiración controlada y protección del estado de sesión (Session State Protection).
- Implementación de autorizaciones por rol, de modo que las páginas y acciones sensibles (gestión de catálogo, visualización de datos de clientes) solo estén disponibles para perfiles autorizados.

- Validaciones en formularios para evitar el ingreso de datos inconsistentes, así como restricciones en la descarga o exposición de información sensible.

Usabilidad

- Aplicación de plantillas responsivas de APEX y diseño centrado en el usuario, priorizando interfaces simples, botones bien identificados y una estructura de navegación coherente con los flujos de negocio.
- Las pruebas de usabilidad con usuarios reales de ASOPRAL y externos, con valoración en la escala de Likert para accesibilidad, interfaz y funcionamiento del Marketplace, permite confirmar que la PWA ofrece una experiencia adecuada, con oportunidades de mejora específicas en la gestión de pedidos y seguimiento de entregas.

Escalabilidad y rendimiento

- Desplegar la aplicación en la infraestructura de Oracle APEX, permite aprovechar un entorno preparado para el crecimiento progresivo en número de usuarios y volumen de transacciones.
- Optimización de consultas SQL y uso de informes paginados para evitar cargas excesivas de datos en una sola vista.
- Uso moderado de recursos gráficos y consideración del peso de las imágenes de productos, con miras a mantener tiempos de carga aceptables en dispositivos de gama media y en condiciones de conectividad variables.

La combinación de la matriz de trazabilidad y la verificación de requisitos no funcionales permite concluir que la PWA “LuruArepa” no solo refleja los requerimientos identificados en la fase de análisis, sino que lo hace preservando criterios mínimos de seguridad, usabilidad y desempeño, coherentes con el contexto tecnológico y social de ASOPRAL.

El segundo objetivo específico se centró en traducir los requerimientos levantados en una solución tecnológica concreta mediante el uso de Oracle APEX. A partir de los requerimientos funcionales y no funcionales, se diseñó la arquitectura lógica de la aplicación y se construyó el modelo de datos que sustenta los procesos de comercialización de ASOPRAL. Para ello, se crearon tablas para la gestión de usuarios y roles (APP_USERS, APP_ROLES), pedidos (APP_ORDERS), carrito de compras (APP_CART_ITEMS), paquetes (APP_PACKAGES), notificaciones (APP_NOTIFICATIONS) y solicitudes de PQR (APP_PQR), incluyendo índices y claves foráneas que garantizan la integridad referencial y el desempeño de las consultas.

Con el modelo de datos definido, se procedió a la construcción de las interfaces y módulos de la PWA. Se configuraron listas de valores (LOV) para manejar catálogos internos (tipos de notificación, roles de usuario, etc.) y se implementó una barra de navegación dinámica que adapta las opciones visibles al rol del usuario (comprador o vendedor). Esto permitió materializar la lógica de negocio definida en el análisis, asegurando que cada actor interactúe únicamente con las funcionalidades pertinentes a su rol dentro del flujo de comercialización.

En cuanto a la lógica de negocio, se desarrollaron páginas específicas para cada módulo: un módulo de pedidos para las vendedoras, donde pueden consultar y gestionar las órdenes; un módulo de carrito y compra para los compradores, que les permite seleccionar productos, ajustar cantidades, confirmar pedidos y la trazabilidad del pedido, que facilita el seguimiento de envíos mediante reportes y mapas temáticos. Adicionalmente, se habilitó un sistema de notificaciones, que ofrecen mecanismos de comunicación y soporte entre las partes involucradas.

Paralelamente, se incorporaron funcionalidades propias de las Progressive Web Applications, aprovechando las capacidades de Oracle APEX para crear interfaces responsivas, con tiempos de carga optimizados y posibilidad de uso desde dispositivos móviles. La

implementación siguió un enfoque incremental, alineado con la metodología Extreme Programming (XP) declarada en el documento, lo que permitió realizar mejoras iterativas sobre el prototipo a medida que se validaban módulos y se recibía retroalimentación.

Durante esta fase también se ejecutaron pruebas unitarias y de integración para verificar el correcto funcionamiento de las consultas SQL, los procesos PL/SQL y las acciones dinámicas (Dynamic Actions) que automatizan tareas como el cálculo de totales en el carrito, la actualización de estados de pedidos y la marcación de notificaciones como leídas. Los ajustes derivados de estas pruebas se enfocaron en mejorar la usabilidad, reducir errores de interacción y asegurar la consistencia de los datos registrados en la base de datos.

El desarrollo de la PWA en Oracle APEX permitió materializar los requerimientos identificados en el objetivo anterior en una solución funcional y coherente con el proceso de comercialización de ASOPRAL. La construcción del modelo de datos, la implementación de módulos por rol, la integración de notificaciones, así como la aplicación de principios de PWA y de la metodología XP, evidencian el cumplimiento del objetivo específico 2. La plataforma resultante constituye un prototipo de alta fidelidad que responde a las necesidades de gestión de productos, pedidos y clientes, y sienta las bases para su posterior despliegue y validación en un entorno real.

Puesta en producción de la plataforma mediante el despliegue de la PWA

Despliegue y puesta en producción

El despliegue de la PWA se realizó dentro del workspace provisionado por Oracle APEX, aprovechando el entorno de ejecución que ofrece la propia plataforma como ambiente de producción para efectos del proyecto. Una vez consolidada la versión funcional de la aplicación en el entorno de desarrollo incluyendo la definición de tablas, vistas, páginas y módulos principales (catálogo, pedidos, notificaciones y usuarios) se procedió a publicar la aplicación mediante el propio constructor de APEX.

El proceso consistió en habilitar la aplicación para su ejecución desde el entorno web de Oracle APEX, verificar el alias y el identificador de la aplicación, y obtener la URL pública generada por la plataforma. A partir de esta URL se definió el enlace oficial de acceso a la PWA, el cual fue compartido con la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) y con el tutor del proyecto para su uso y validación.

Previo a socializar el enlace, se ejecutaron pruebas funcionales básicas directamente sobre la aplicación desplegada, tanto en navegadores de escritorio como en dispositivos móviles, comprobando que el flujo de autenticación, la navegación entre módulos y el comportamiento responsivo de la interfaz se mantuvieran estables. De esta manera, el entorno de Oracle APEX utilizado para el desarrollo pasó a operar como entorno de producción controlado, suficiente para soportar la prueba de usabilidad, el seguimiento inicial de la operación y el acceso real por parte de la asociación, sin requerir en esta fase infraestructura adicional ni configuración de dominios propios.

Proceso de despliegue

El proceso de despliegue se basó en un enfoque mixto y descriptivo, empleando la observación directa, entrevistas y encuestas estructuradas. Los criterios evaluados incluyeron:

- Facilidad de uso e interacción con la interfaz.
- Claridad de los íconos y textos.
- Rapidez en la ejecución de tareas específicas.
- Nivel de satisfacción de las usuarias.
- Dificultades o errores identificados durante la navegación.
- Comprensión del historial de pedidos y de las opciones para realizar seguimiento

a clientes.

Se aplicó una escala tipo Likert del 1 al 5 para medir la percepción general de las participantes, complementada con observaciones cualitativas obtenidas durante la sesión.

El objeto de prueba

El objeto de la prueba se centró en validar el funcionamiento de los principales módulos de la PWA, especialmente aquellos relacionados con:

- El registro e inicio de sesión de usuarias.
- La consulta del catálogo de productos.
- La gestión de pedidos y la visualización de notificaciones.
- El acceso al perfil de usuaria y a la información de contacto.
- El uso del historial de pedidos como herramienta para el seguimiento a clientes,

revisando la información asociada a cada comprador (pedidos previos, estados y datos de contacto).

Estos componentes fueron esenciales para verificar la eficiencia del proceso de comercialización, la facilidad de uso de la plataforma y su capacidad para apoyar el seguimiento sistemático de la clientela.

A que usuario dirigimos la prueba

La prueba se dirigió a las productoras afiliadas a ASOPRAL, quienes conforman el público objetivo principal de la aplicación. Se seleccionó una muestra compuesta por matronas con diferentes niveles de experiencia tecnológica, con el propósito de obtener una visión amplia sobre la interacción real con el sistema. También participó la administradora del centro de producción, desempeñando el rol de usuaria con permisos administrativos dentro de la plataforma y responsable del seguimiento a clientes y pedidos.

Materiales

Durante la ejecución de la prueba de usabilidad se utilizaron los siguientes materiales:

- Dispositivos móviles y portátiles con acceso a la PWA.
- Formularios de observación cualitativa y encuestas de satisfacción >>

<https://forms.office.com/r/RKq2cYje5s?origin=lprLink>.

Lugar de la prueba

La aplicación de la prueba se llevó a cabo en el Centro de Producción de Arepas de Huevo de ASOPRAL, ubicado en el municipio de Luruaco, Atlántico. Este espacio permitió desarrollar la prueba en un entorno controlado, cómodo y familiar para las usuarias, garantizando condiciones adecuadas de conectividad, iluminación y tranquilidad.

Preparación

Previo al desarrollo de la prueba, se realizó una verificación técnica de la aplicación para garantizar su correcto funcionamiento en los dispositivos seleccionados. Se prepararon los

materiales de apoyo y se explicó a las participantes el propósito de la actividad, aclarando que no se evaluaba su desempeño, sino la eficacia y facilidad de uso de la herramienta tecnológica. Asimismo, se estableció un cronograma de sesiones, distribuyendo los tiempos de manera individual y grupal.

Guión para la prueba

El El guion de la prueba orientó las tareas que las usuarias debían realizar. Las actividades incluyeron:

- Abrir la aplicación e iniciar sesión.
- Explorar el catálogo de productos.
- Agregar un producto al carrito.
- Confirmar un pedido.
- Consultar el estado del pedido en la sección de notificaciones.
- Revisar el historial de pedidos y los datos de contacto de un cliente, simulando el seguimiento posterior a la venta.
- Cerrar sesión.

Durante el desarrollo de estas acciones, los errores cometidos y las reacciones de las participantes..

Configuración para producción

Dado el alcance académico del proyecto y el entorno gestionado de Oracle APEX, la configuración para producción se centró en la publicación y validación del enlace oficial de la aplicación ya desarrollada, accesible mediante la URL del workspace provisionado por la plataforma. La PWA se dejó disponible como aplicación web pública controlada, asegurando que

el enlace de acceso fuera estable y pudiera ser compartido con las productoras, la administración de ASOPRAL y el tutor del proyecto.

Previo a socializar el enlace, se realizaron verificaciones funcionales básicas en el entorno publicado, tanto desde navegadores de escritorio como desde dispositivos móviles, comprobando el correcto acceso a los módulos principales (catálogo, pedidos, notificaciones y gestión de usuarios) y el comportamiento responsive de la interfaz. Esta estrategia de despliegue permitió contar con un entorno suficientemente estable para la prueba de usabilidad y el seguimiento inicial de la operación, aprovechando la infraestructura de Oracle APEX sin requerir configuraciones adicionales de servidores o dominios propios en esta fase del proyecto.

URL de producción

Como resultado de este trabajo de grado se desarrolló una aplicación web progresiva (PWA) sobre la plataforma Oracle APEX, denominada LuruArepas, que soporta el proceso de comercialización digital de los productos de la asociación ASOPRAL. La aplicación permite el registro y gestión de usuarios por rol, la consulta de productos, la generación de pedidos y el seguimiento básico de las órdenes desde un entorno web adaptable a dispositivos móviles. El prototipo funcional se encuentra desplegado y disponible para su consulta en el siguiente enlace, el cual se utiliza con fines académicos como evidencia del desarrollo de la solución propuesta:

Enlace de la aplicación desarrollada:

https://oracleapex.com/ords/r/pwa_asopral_col/lurepas/inicio?tz=-5:00

Validación final y pruebas de aceptación

La prueba de usabilidad constituyó una fase fundamental en la validación del proyecto, ya que permitió evaluar la interacción de los usuarios finales con la aplicación desarrollada. Este proceso posibilitó identificar fortalezas, dificultades y oportunidades de mejora en la Progressive

Web Application (PWA), garantizando una experiencia de uso óptima y adaptada a las necesidades de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) del municipio de Luruaco; En coherencia con las recomendaciones de Sánchez-Hernández et al. (2020), la prueba de usabilidad de LuruArepas se integró como una iteración clave dentro del ciclo de desarrollo, recogiendo evidencias cualitativas y cuantitativas para refinar la experiencia de uso.

Test de usabilidad

Durante la fase de aplicación de la prueba de usabilidad, se llevó a cabo una reunión presencial con la líder de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL) en el Centro de Producción de Luruaco, el día 7 de noviembre de 2025, en la cual se realizó la presentación de los documentos relacionados anteriormente. Se efectuó la grabación de la sesión como evidencia, la cual queda en el apéndice A; de igual forma, se presentó la plataforma y se recopiló información sobre la usabilidad de esta.

El objetivo de este encuentro fue validar el funcionamiento y la usabilidad de la Progressive Web Application (PWA) “LuruArepas”, desarrollada en Oracle APEX, y verificar su aplicabilidad dentro del proceso real de comercialización de los productos de la asociación.

Durante la sesión se realizó una demostración práctica, donde se pudo:

- Registrar productos en el catálogo y simular un pedido.
- Visualizar el flujo de compra desde el rol de comprador y vendedor.
- Probar el módulo de seguimiento de pedidos con estados de entrega.
- Analizar la interfaz desde dispositivos móviles.

Resultado y análisis de la prueba

La percepción de usabilidad se midió mediante un formulario en línea tipo Likert (1–5) aplicado al finalizar la sesión de prueba, implementado en Microsoft Forms (Apéndice C). En

este instrumento se evaluaron aspectos como accesibilidad, interfaz, funcionamiento del marketplace, gestión de pedidos y seguimiento de entregas.

En la Tabla 2 se sintetizan los resultados obtenidos. Se observa que la PWA alcanzó calificaciones de 5 en accesibilidad, interfaz y funcionamiento del marketplace, mientras que en gestión de pedidos y seguimiento de entregas la calificación fue de 4, lo que indica un desempeño satisfactorio, pero con oportunidades de mejora específicas en estos dos componentes.

Tabla 2

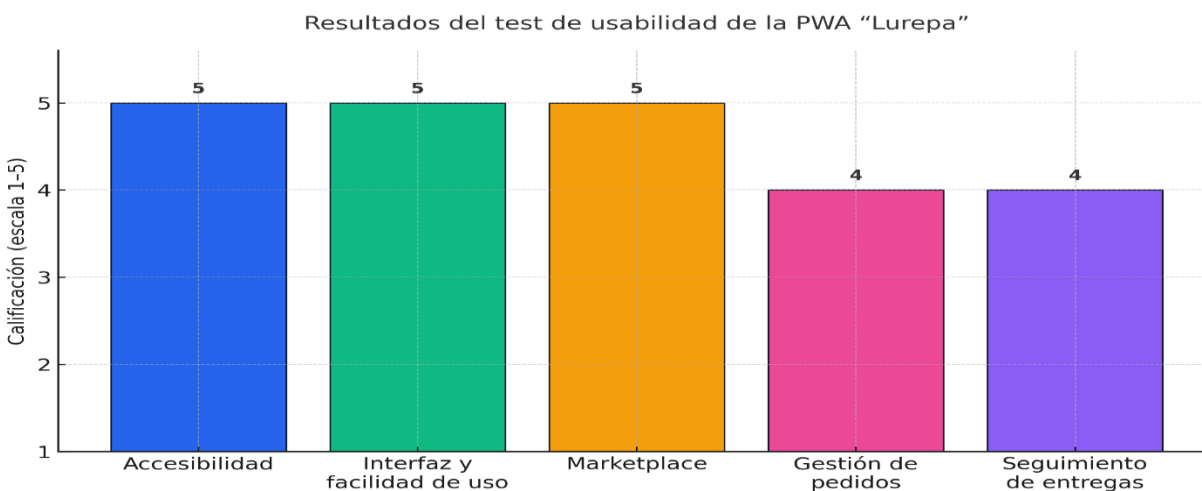
Resultados de la prueba de usabilidad aplicado a la PWA “LuruArepa”

<i>Aspecto evaluado</i>	Resultado observado	Calificación (1–5)
<i>Accesibilidad</i>	Acceso correcto desde navegadores móviles	5
<i>Interfaz y facilidad de uso</i>	Navegación fluida e intuitiva	5
<i>Marketplace</i>	Carga y visualización de productos estable	5
<i>Gestión de pedidos</i>	Flujo funcional entre vendedor y comprador	4
<i>Seguimiento de entregas</i>	Actualización visible de estados de los pedidos	4

Nota. Escala de valoración de 1 (muy insatisfecho) a 5 (totalmente satisfecho). Elaboración propia a partir de los resultados del formulario de usabilidad aplicado a la líder de ASOPRAL (Apéndice C).

Figura 8

Resultados del test de usabilidad de la PWA “Luruarepa”



Nota. Resultados de la prueba usabilidad de la PWA “LuruArepa” por aspecto evaluado.

El análisis de las calificaciones de 4 permite precisar los principales puntos de mejora:

- **Gestión de pedidos (4/5):** aunque la participante logró completar el flujo de compra sin errores, durante la sesión manifestó que, para el uso cotidiano, sería útil contar con mensajes de confirmación más visibles al momento de cerrar el pedido y con opciones más claras para modificar cantidades antes de la confirmación final. Estas observaciones, registradas en la grabación de la sesión y en el Acta de Reunión (Apéndices A y B), justifican que la valoración se ubique en 4 (satisfactorio con mejoras posibles) y no en 5 (totalmente satisfactorio).
- **Seguimiento de entregas (4/5):** la usuaria valoró positivamente que el sistema muestre los estados de los pedidos (enviado, entregado, cerrado) y el mapa de seguimiento; sin embargo, señaló que en condiciones de conectividad inestable la actualización de la información no siempre es inmediata y que sería conveniente reforzar las notificaciones visuales cuando el pedido cambia de estado. Esta percepción coincide con las limitaciones técnicas asociadas a la

conectividad y al seguimiento en tiempo real descritas en el documento del proyecto, lo que explica la calificación de 4 en este criterio.

Los resultados cuantitativos del formulario (Apéndice C), complementados con la evidencia cualitativa de los Apéndices A y B, permiten concluir que la PWA ofrece una experiencia de uso adecuada para el contexto de ASOPRAL, pero requiere ajustes puntuales en los módulos de pedidos y seguimiento para alcanzar una evaluación óptima. Asimismo, se comprobó que la funcionalidad de historial de pedidos y visualización de datos de contacto soporta el seguimiento básico a clientes, lo que constituye un punto de partida para estrategias futuras de fidelización y comunicación personalizada.

Hallazgos principales

La líder de ASOPRAL manifestó una percepción general positiva frente a la PWA “LuruArepa”, resaltando que la herramienta facilita la gestión de pedidos y proyecta una imagen más organizada y profesional de la asociación. La experiencia de uso evidenció que las tareas clave (registro de productos, simulación de pedidos y consulta de estados) pueden ejecutarse sin dificultad por usuarias con diferentes niveles de alfabetización digital.

Como se puede observar en la grabación de la sesión de prueba de usabilidad (Apéndice A), durante la navegación la participante señaló que la interfaz resulta “sencilla” y “fácil de entender”. Estos comentarios quedaron documentados de manera estructurada en el Acta de Reunión de validación de la PWA “LuruArepa” (Apéndice B), donde se registran los principales acuerdos y recomendaciones.

Entre las observaciones más relevantes se identificaron:

- Incorporar productos complementarios como masa amarilla, masa blanca y combos especiales, con el fin de aprovechar la plataforma para comercializar no solo la arepa terminada, sino también insumos y presentaciones adicionales.
- Optimizar la velocidad de carga en zonas rurales con conectividad limitada, mediante la reducción del peso de las imágenes y el uso más eficiente de la caché.
- Ampliar la difusión de la aplicación mediante redes sociales y medios digitales locales, de modo que los clientes potenciales identifiquen la PWA como el canal oficial de pedidos de ASOPRAL.

Estas recomendaciones, consignadas en el Apéndice B, se tomaron como insumo para los ajustes propuestos en la versión final de la aplicación.

Evaluación del prototipo de alta fidelidad

La interpretación conjunta de los resultados de la prueba de usabilidad (Tabla 2) y de la evidencia cualitativa recogida en la grabación y el acta de la sesión (Apéndices A y B) permitió confirmar la viabilidad técnica y operativa de la PWA “LuruArepa”. El prototipo de alta fidelidad respondió de manera consistente a los flujos críticos de negocio (registro de productos, generación y gestión de pedidos, actualización de estados y cierre), manteniendo tiempos de respuesta aceptables y una navegación intuitiva en dispositivos móviles.

La líder de ASOPRAL destacó la herramienta como un puente entre la tradición artesanal de la arepa de huevo y la transformación digital de la asociación, resaltando que la plataforma facilita el control de pedidos, el seguimiento a clientes y abre la posibilidad de llegar a nuevos compradores mediante un canal formal de comercio electrónico. No obstante, la evaluación también puso de relieve la necesidad de implementar mejoras incrementales en la gestión de

pedidos y en el seguimiento de entregas, de acuerdo con las calificaciones de 4 obtenidas en estos criterios, lo cual orienta las próximas iteraciones de la PWA.

Checklist de funcionalidades críticas

Como primer paso se definió un checklist de funcionalidades críticas, alineado con los requerimientos funcionales priorizados y con los flujos de negocio identificados (registro de usuarios, gestión de catálogo, creación y seguimiento de pedidos, notificaciones y seguimiento a clientes). Este listado permitió verificar uno a uno los comportamientos esenciales de la PWA en el entorno publicado.

Entre los ítems incluidos se encuentran, entre otros, los siguientes:

Autenticación y roles

- Un usuario puede registrarse correctamente como cliente.
- Una productora puede autenticarse y visualizar únicamente los módulos de gestión de catálogo y pedidos.
- El rol administrador accede a los reportes y a las vistas de consolidado de pedidos y clientes.

Gestión de catálogo

- Una productora puede agregar un nuevo producto con nombre, descripción, precio y fotografía.
- Es posible editar la información de un producto existente y actualizar su precio.
- Un producto puede desactivarse temporalmente para que deje de mostrarse en el catálogo público.

Carrito y pedidos

- Un cliente puede agregar uno o varios productos al carrito y modificar las cantidades.
- El sistema recalcula automáticamente subtotales y total del carrito.
- Se puede generar un pedido completo desde el carrito, registrándose correctamente en la tabla de pedidos.

Seguimiento de pedidos y notificaciones

- Una productora puede actualizar el estado de un pedido (por ejemplo, “En preparación”, “Enviado”, “Entregado”, “Cerrado”).
- El cliente puede consultar en su historial el estado actualizado de cada pedido.
- Se registran notificaciones internas asociadas a la creación y actualización de pedidos.

Seguimiento a clientes

- Es posible consultar el historial de pedidos de un cliente específico, identificando fechas, montos y estados.
- La administradora puede identificar clientes frecuentes a partir de los reportes generados por la aplicación.

Cada ítem del checklist se probó directamente sobre la URL oficial de la PWA. El resultado de estas verificaciones (cumple / no cumple / observaciones) se consolidó en una hoja de control, que se incorpora como evidencia documental en el “Apéndice H. Evidencia de pruebas funcionales y de carga básica”, donde se deja espacio para las observaciones y el registro de resultados.

Pruebas de carga basicas

En coherencia con el alcance del proyecto, se ejecutaron pruebas de carga básicas orientadas a observar el comportamiento de la PWA con múltiples accesos simultáneos desde diferentes dispositivos y roles, más que a realizar un stress test formal con herramientas especializadas.

Durante estas pruebas:

- Se accedió a la aplicación de forma concurrente desde varios teléfonos móviles y equipos de escritorio.
- Se inició sesión con diferentes tipos de usuario (cliente, productora y administradora).
- Se ejecutaron en paralelo operaciones de consulta de catálogo, creación de pedidos y actualización de estados.

Se observó que la aplicación mantuvo tiempos de respuesta adecuados para el contexto de uso de ASOPRAL, sin errores de sesión ni inconsistencias visibles en la actualización de pedidos.

La evidencia de estas pruebas (capturas de pantalla de sesiones simultáneas, registros de tiempos de respuesta y resultados del checklist) se documenta en el “Apéndice H. Evidencia de pruebas funcionales y de carga básica”, dejando el espacio correspondiente en la sección de apéndices del documento para descripciones finales.

Pruebas de despliegue con clientes finales

Una vez publicada la PWA “LuruArepa” en el entorno de producción controlado de Oracle APEX y verificado su funcionamiento interno mediante pruebas funcionales, de carga básica y de usabilidad, se realizó una fase de pruebas de despliegue con clientes finales, la cual

se encuentra evidenciada en el (Apéndice K). El propósito de esta etapa fue observar el comportamiento de la plataforma cuando es utilizada por compradores reales de ASOPRAL, validando el flujo completo de comercialización desde la creación del pedido hasta la entrega, así como el uso del historial de pedidos para el seguimiento a clientes.

Esta fase se ejecutó en un periodo de prueba acotado, durante el cual se compartió el enlace oficial de la PWA con un grupo reducido de clientes habituales de la asociación, previamente contactados por los canales tradicionales (WhatsApp y llamadas). A cada cliente se le indicó que, para efectos de prueba, realizara sus pedidos directamente a través de la PWA, mientras que las productoras y la administradora utilizaron los módulos de gestión de catálogo, pedidos y seguimiento para atender dichas solicitudes.

Durante las pruebas se verificaron, entre otros, los siguientes aspectos:

Acceso y navegación del cliente final

- Ingreso al enlace de producción de la PWA desde dispositivos móviles.
- Registro e inicio de sesión sin acompañamiento directo del desarrollador.
- Comprensión del catálogo de productos, precios y descripciones.

Flujo end-to-end del pedido en entorno real

- Creación de pedidos por parte de clientes finales utilizando el carrito de compras.
- Recepción del pedido en el módulo de gestión de pedidos de la productora y actualización de estados (“En preparación”, “Enviado”, “Entregado”, “Cerrado”).

- Confirmación de entrega y cierre del pedido, verificando la consistencia entre la vista del cliente y la de la productora/administradora.

Seguimiento a clientes desde la plataforma

- Revisión del historial de pedidos por cliente, identificando recurrencia, montos y fechas.
- Uso de la información de contacto almacenada en la PWA para gestionar comunicación posterior (recordatorios, confirmación de entrega o validación de la experiencia de compra).

Monitoreo técnico durante el despliegue

- Revisión de los reportes e informes de pedidos generados por la aplicación para detectar posibles inconsistencias o errores en la operación real.
- Uso de los registros de actividad de Oracle APEX para observar tiempos de respuesta, incidencias de sesión y patrones de uso en las fechas de prueba.

La evidencia de esta etapa de despliegue con clientes finales incluyendo capturas de pantalla de pedidos reales generados en producción, tablas resumen de pedidos por cliente y registros de los estados de las órdenes durante el periodo de prueba se documenta junto con las pruebas de carga en el “Apéndice H. Evidencia de pruebas de carga básicas y pruebas de despliegue con clientes finales en entorno de producción”.

Los resultados de estas pruebas de campo permitieron comprobar que la PWA es comprendida y utilizada por compradores reales sin requerir acompañamiento técnico permanente, que el flujo end-to-end de pedido y entrega se mantiene estable en el entorno de producción, y que el historial de pedidos constituye una base inicial para el seguimiento sistemático de clientes y la futura implementación de estrategias de fidelización.

Acta de entrega y aceptación

La aceptación formal de la PWA se llevó a cabo mediante una sesión de validación con la líder de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo (ASOPRAL), en la cual se

presentaron los flujos principales de la plataforma y se recogió su valoración sobre el funcionamiento y la pertinencia de la solución.

En esta sesión se:

- Demostró el registro y actualización de productos en el catálogo.
- Simuló el proceso de compra desde el rol de cliente.
- Mostró la gestión de pedidos y el cambio de estados desde el rol de productora.
- Revisó el historial de pedidos y el uso de esta información para seguimiento a clientes.
- Recogieron comentarios sobre facilidad de uso, claridad de la interfaz y posibles mejoras.

El resultado de este espacio quedó consignado en el documento “Acta de entrega y aceptación de la PWA ‘LuruArepa’”, que se incorpora íntegramente como “Apéndice G. Acta de entrega y aceptación de la PWA ‘LuruArepa’”, dejando en dicho apéndice el espacio para el contenido completo del acta y las firmas de la representante de ASOPRAL y del estudiante desarrollador. Este apéndice constituye la evidencia formal de que la plataforma fue presentada, probada y aceptada por la organización beneficiaria en el marco del proyecto.

El tercer objetivo específico se enfocó en la transición de la PWA desde su condición de prototipo funcional hacia un entorno de producción controlado, habilitando su uso por parte de la asociación y permitiendo el monitoreo de su desempeño. Para ello, se definió inicialmente la estrategia de despliegue, considerando la configuración del workspace de Oracle APEX, la creación de los esquemas de base de datos necesarios y la importación de los componentes de la aplicación en un entorno estable, alineado con los alcances y límites del proyecto definidos previamente.

Como parte de la puesta en producción se configuraron esquemas de autorización y seguridad, de manera que las funcionalidades sensibles, como la gestión de pedidos y la visualización de datos de clientes, estuvieran protegidas por controles de sesión y permisos por rol. Se habilitaron mecanismos de protección del estado de sesión (Session State Protection) y se definieron políticas básicas para la descarga de archivos y el acceso a recursos de la aplicación, en concordancia con las buenas prácticas de seguridad recomendadas para Oracle APEX.

Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de prueba con usuarios reales de ASOPRAL, mediante la utilización de un guion de prueba, materiales definidos y un entorno de evaluación que permitió observar la interacción de las productoras y compradores con la PWA. En el documento del proyecto se contemplan secciones para describir el lugar de la prueba, el guion utilizado, los resultados obtenidos y su discusión, lo que facilita documentar de manera ordenada la experiencia de uso de la plataforma. Estas pruebas se centraron en verificar la facilidad para registrar pedidos, consultar el estado de las órdenes, recibir notificaciones, realizar seguimiento a clientes a partir de los pedidos registrados y, en general, valorar la percepción de utilidad de la aplicación frente al esquema tradicional de comercialización.

El monitoreo del funcionamiento de la plataforma incluyó la revisión de los reportes generados por la propia aplicación (por ejemplo, consultas de pedidos, visualización de carritos y PQR) y el uso de las capacidades de registro de actividad de Oracle APEX para identificar posibles errores, tiempos de respuesta y patrones de uso. Adicionalmente, se utilizaron estos reportes para realizar seguimiento a clientes, analizando la recurrencia de pedidos, la identificación de clientela frecuente y los comportamientos de compra, lo que permitió valorar de manera inicial el potencial de la PWA para apoyar futuras estrategias de fidelización y recordación de marca. Con base en este seguimiento se plantearon ajustes menores en la interfaz

y en los procesos internos, buscando mejorar la experiencia de usuario y la estabilidad de la solución. Aunque el proyecto declara que la integración con pasarelas de pago en tiempo real y sistemas logísticos externos queda fuera de alcance en este proyecto, la PWA quedó preparada para que, en trabajos futuros, pueda ampliarse su funcionalidad sin alterar la estructura principal.

El despliegue de la PWA en un entorno controlado y su puesta en producción permitieron verificar que la plataforma cumple con las funcionalidades definidas, brindando soporte real al proceso de comercialización de ASOPRAL. La configuración de seguridad, la realización de pruebas con usuarios finales, el monitoreo de la actividad de la aplicación y el seguimiento a clientes evidencian el logro del objetivo específico 3, al demostrar que la solución no solo fue desarrollada, sino efectivamente implementada y evaluada en condiciones cercanas al uso real. De este modo, se consolida la PWA como una herramienta viable para la transformación digital de la asociación y se abre la posibilidad de futuras iteraciones y ampliaciones funcionales, manteniendo la coherencia con el objetivo general del proyecto.

Documentación para la sostenibilidad

Con el fin de garantizar que la PWA pueda seguir utilizándose y evolucionando una vez finalizado el proyecto académico, se elaboró y dispuso un conjunto de documentos y recursos que facilitan tanto el uso cotidiano por parte de ASOPRAL como la eventual intervención de futuros desarrolladores. Esta documentación se entrega en formato digital mediante enlaces y apéndices específicos.

Manual de usuario

El manual de usuario está orientado a los tres roles principales de la plataforma (Cliente, Productora y Administradora) y describe, con lenguaje claro y capturas de pantalla, los pasos necesarios para realizar las tareas más relevantes:

- Acceso a la aplicación y proceso de inicio de sesión.
- Navegación por el catálogo y creación de pedidos (rol Cliente).
- Registro y actualización de productos, gestión de pedidos y consulta de estados (rol Productora).
- Consulta de reportes y seguimiento a clientes (rol Administradora).

Este documento se aloja en un repositorio digital institucional y su enlace de acceso se consigna en el “Apéndice I. Manual de usuario de la PWA ‘LuruArepa’ (enlace)”.

De esta manera, cualquier integrante de ASOPRAL o nuevo usuario puede consultar el manual sin necesidad de acceder al código fuente o al entorno de desarrollo.

Documentación técnica de la PWA

se elaboró una documentación técnica destinada a futuros ingenieros de sistemas o administradores de la plataforma, en este proyecto, el repositorio GitHub funciona como repositorio de conocimiento, alineado con la recomendación de centralizar artefactos técnicos planteada por Fuentes Vasconcelos y Payró Campos (2022). En este documento se describen:

- La estructura de la base de datos (tablas principales, relaciones y restricciones), referenciando el diagrama entidad–relación, construido en el objetivo 2.
- La organización de las páginas y módulos en Oracle APEX (identificadores de aplicación y páginas clave).
- La ubicación de la lógica de negocio principal (nombres de procesos, bloques PL/SQL y componentes críticos asociados a la generación y gestión de pedidos).

Esta documentación se publica igualmente en un repositorio digital, cuyo enlace se registra en el “Apéndice J. Documentación técnica de la PWA ‘LuruArepa’”.

Con ello se proporciona al futuro desarrollador una guía de alto nivel que facilita la comprensión de la arquitectura y de los componentes esenciales de la solución.

Repositorio GitHub de la programación

Como complemento a la documentación técnica, se dispuso un repositorio en GitHub que almacena los artefactos de programación asociados al proyecto. En este repositorio se incluyen, entre otros:

- El archivo de exportación de la aplicación Oracle APEX (por ejemplo, f195700.sql), que permite importar la aplicación en otro workspace o instancia de APEX.
- Un archivo README.md que explica, cómo descargar el archivo de exportación, cómo importarlo en un entorno Oracle APEX y la estructura general de directorios del repositorio.
- Scripts o fragmentos de código PL/SQL relevantes para la lógica de negocio (cuando aplica).

El enlace al repositorio se referencia explícitamente en el “Apéndice J. Documentación técnica y acceso al repositorio de código (GitHub).”.

Este repositorio permite que cualquier persona pueda acceder al artefacto exportado de la aplicación y revisar la programación asociada, sirviendo como base para futuras mejoras, correcciones o ampliaciones funcionales.

Discusión

La validación en campo evidenció que la PWA “LuruArepa” respondió adecuadamente a los flujos críticos de comercialización (registro de productos, pedidos, cambio de estados y confirmación de entrega). La líder de ASOPRAL comprendió y aceptó el modelo de uso, lo cual sugirió una curva de aprendizaje manejable y una adopción potencialmente alta en el contexto comunitario debido a la sencillez de la página y el contenido básico de funcionalidades. En términos de experiencia de usuario, la navegación resultó intuitiva en dispositivos móviles y los tiempos de respuesta fueron satisfactorios bajo condiciones de conectividad típicas de la zona; Blanco Rodríguez y Bernal Rodríguez (2025) resaltan que las plataformas digitales orientadas a sectores agropecuarios contribuyen a la visibilidad de marcas regionales y a la articulación entre productores y compradores especializados. Desde la perspectiva técnica, Oracle APEX facilitó el desarrollo rápido y el control de seguridad por roles, lo que redujo riesgos operativos y favoreció la mantenibilidad; Al igual que en la experiencia reportada por Muñoz Puentes (2025), la PWA “LuruArepa” busca facilitar la venta directa y la trazabilidad de pedidos desde el productor hasta el cliente final. No obstante, se reconoció que la naturaleza PWA dependió de la conectividad para sincronizar estados de pedidos en tiempo real, por lo que la estrategia de caché y reconexión cobró relevancia en el diseño, desde la perspectiva de Leal Afanador (2021), escenarios mediados por tecnología, como la PWA “LuruArepa”, favorecen la creación de e-comunidades en las que el aprendizaje se integra con la práctica productiva.

En cuanto a negocio, la posibilidad de ampliar el catálogo (masa amarilla, masa blanca, combos, agua de maíz) y de articular logística local fue percibida como un vector de crecimiento que conecta la tradición gastronómica con nuevas audiencias, en esa línea, la implementación de soluciones digitales como LuruArepa aporta a una gestión empresarial más estructurada, alineada

con los retos que plantean las nuevas tecnologías (Robles Ramos & Robles Francia, 2022). A nivel sociocultural, la solución contribuyó a la visibilización de la arepa de huevo y otros derivados, alineándose con la preservación de prácticas locales y la transformación digital del pequeño comercio, de acuerdo con el Modelo UNADista de medición de impactos, este tipo de soluciones tecnológicas se analiza no solo por su funcionamiento técnico, sino por su aporte a la transformación social y productiva en contextos rurales (UNAD, 2022). De cara a la escalabilidad, la arquitectura propuesta permitió replicar el modelo hacia otras asociaciones o municipios con mínimos ajustes, manteniendo la trazabilidad y la gestión de pedidos como núcleo funcional; En la misma línea que Maicao Marketplace (Mojica Medina, 2025), LuruArepa plantea un entorno digital escalable a otras líneas de productos típicos del Caribe colombiano.

Limitaciones

Las principales limitaciones del proyecto se plantaron sobre los factores técnicos y operativos del contexto de implementación: en primer lugar, la conectividad variable de las zona con baja cobertura ocasionales en la sincronización de la ubicación compartida en tiempo real, lo que afecta la percepción del seguimiento de pedidos; en segundo lugar, la logística de última milla dependiendo de aliados locales con niveles heterogéneos de servicio de transporte, generando variabilidad en tiempos y costos de entrega extra al precio del producto; además, la integración con pasarelas de pago para actuar como mediadores en el proceso de comercialización; también se observó que la calidad y el peso de las imágenes aportadas por los usuarios (fotografías de producto) impactaron la velocidad de carga en dispositivos de gama baja, volviendo necesaria la aplicación de compresión y guías de contenido; finalmente, se constató la necesidad de alinear formalmente las políticas de tratamiento de datos, términos y condiciones y avisos de privacidad con la normativa local antes de escalar a nuevos territorios y asociaciones. Estas restricciones no invalidaron la viabilidad de la PWA, pero sí condicionaron su desempeño y evidenciaron frentes de mejora prioritaria en infraestructura de red, estandarización logística, robustecimiento del método de pago, optimización de activos multimedia y cumplimiento regulatorio para el despliegue sostenido.

Conclusiones

El proyecto cumplió el objetivo de diseñar, implementar y validar una Progressive Web Application (PWA) en Oracle APEX orientada a la digitalización del proceso de comercialización de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo de Luruaco (ASOPRAL). La solución materializó un ciclo funcional completo registro y administración de productos, carrito de compras, generación y gestión de pedidos, seguimiento de entregas y cierre con comportamiento consistente en navegadores móviles y de escritorio. La arquitectura seleccionada aprovechó capacidades nativas de APEX (seguridad por roles, procesos PL/SQL, componentes declarativos) y principios PWA (instalación ligera, service worker y caché), lo que redujo la complejidad de despliegue y mejoró la mantenibilidad.

Desde la perspectiva de ingeniería de software, la aplicación demostró viabilidad técnica y operativa en un contexto real. La separación por capas (presentación en APEX, lógica en procesos y packages PL/SQL, y persistencia en Oracle Database) permitió una trazabilidad clara de cambios y facilitó el control transaccional. Los mecanismos de autenticación, autorización por perfiles y bitácoras de eventos fortalecieron la seguridad y el gobierno del dato. En términos de rendimiento, la estrategia de caché y optimización de recursos estáticos mejoró los tiempos percibidos, y la naturaleza low-code de APEX agilizó la iteración y la corrección de defectos durante las pruebas de campo.

En usabilidad, las sesiones de validación con la líder de ASOPRAL evidenciaron una curva de aprendizaje manejable, una navegación intuitiva y una adecuada visibilidad de estado en pedidos (enviado, entregado, cerrado); Este hallazgo es consistente con lo reportado por Bojacá (2019), quien subraya la importancia de contar con registros digitalizados para controlar inventarios y pedidos en tiempo real. La PWA recibió valoración positiva en accesibilidad móvil,

legibilidad, feedback inmediato y consistencia visual. Estas observaciones respaldaron la decisión de mantener un diseño responsivo minimalista, priorizando la claridad operativa por encima de la ornamentación, en línea con el contexto de conectividad de la zona.

En términos socioeconómicos y culturales, la plataforma acreditó su potencial para ampliar el alcance comercial, mejorar el control operativo (inventario, pedidos y despachos) y visibilizar la gastronomía local mediante un canal digital formal, contribuyendo a la preservación de prácticas tradicionales y a la competitividad del sector. La incorporación de líneas de producto complementarias (p. ej., masas y combos) mostró factibilidad y alineó la oferta con nuevas oportunidades de mercado sin desdibujar la identidad cultural. Este resultado se articuló con los principios de transformación digital y con metas de desarrollo local sostenido.

El proyecto reconoció desafíos propios del entorno: conectividad variable, heterogeneidad logística de última milla y sensibilidad del rendimiento a la calidad de imágenes de producto. Estos factores no invalidaron la viabilidad de la solución, pero delimitaron frentes de mejora prioritaria: (i) optimización de rendimiento (compresión de imágenes, políticas de caché y lazy loading), (ii) fortalecimiento logístico con aliados locales y reglas de servicio, (iii) formalización de políticas de datos, Términos y Condiciones y avisos de privacidad, y (iv) adopción estructurada mediante guías breves y micro capacitaciones para usuarias clave.

Con base en la evidencia técnica y la validación en campo, la PWA quedó preparada para su despliegue productivo y su escalamiento hacia nuevas líneas de producto y territorios. Se recomendó avanzar hacia: integración plena de pasarela de pago en entorno productivo, telemetría y analítica (ventas, cohortes de usuarios, conversión de carrito), automatización de pruebas (UI y regresión de procesos críticos) y un pipeline CI/CD básico para garantizar entregas

frecuentes y confiables. Estas acciones consolidarían la sostenibilidad técnica y operativa del sistema, a la vez que potenciarían su impacto económico y cultural en la comunidad de Luruaco.

La solución tecnológica desarrollada no solo moderniza el proceso de venta, sino que establece un canal digital formal que preserva la identidad cultural de Luruaco mientras mejora la competitividad de las productoras. A continuación, se detalla el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos trazados:

En cumplimiento del primer objetivo específico, orientado a analizar los requerimientos para la implementación de la PWA, se realizó un diagnóstico exhaustivo mediante encuestas a productoras y revisión documental. Este proceso permitió identificar las falencias del modelo de venta tradicional (dependencia de WhatsApp y falta de trazabilidad) y traducirlas en una matriz de requisitos funcionales clara. Se definieron perfiles de usuario (administradora, productora, cliente) y flujos críticos de negocio, lo cual garantizó que el diseño posterior respondiera a las necesidades reales de organización y control de pedidos de la asociación.

En respuesta al segundo objetivo específico, se desarrolló exitosamente la PWA utilizando la plataforma Oracle APEX, materializando la arquitectura lógica y los módulos funcionales definidos en la fase de análisis. Se construyó una solución robusta que integra gestión de catálogo, carrito de compras, administración de pedidos y un sistema de notificaciones internas. La implementación siguió los estándares de una PWA, logrando una interfaz responsiva y ligera capaz de operar en los dispositivos móviles de gama media utilizados en la zona. La validación técnica y la matriz de trazabilidad confirman que el software entregado cubre la totalidad de los requisitos funcionales priorizados.

Para dar cumplimiento al tercer objetivo específico, se desplegó la plataforma en un entorno de producción controlado y se monitoreó su funcionamiento mediante pruebas de campo

con usuarias reales. Las pruebas de usabilidad validaron la efectividad del despliegue, obteniendo una calificación de 5/5 en accesibilidad e interfaz, y de 4/5 en gestión de pedidos, lo que demuestra una alta aceptación por parte de la líder de ASOPRAL. Asimismo, se formalizó la entrega mediante manuales de usuario y documentación técnica alojada en GitHub, asegurando la sostenibilidad y escalabilidad futura del proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Banco Mundial. (2023). Digital Economy for Latin America and the Caribbean Country Diagnostic - Colombia.
<https://www.worldbank.org/en/programs/de4lac/publication/digital-economy-for-latin-america-and-the-caribbean-country-diagnostic-colombia>
- Blanco Rodríguez, Y. M., & Bernal Rodríguez, R. (2025). Plataforma digital para impulsar la visibilidad y competitividad del sector agropecuario en los Llanos Orientales de Colombia [Proyecto aplicado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/68856>
- Bojacá Bojacá, D. M. (2019). Diseño de un aplicativo web de uso libre para el control de ventas y pedidos para pequeños negocios de abarrotes del municipio de Gachetá [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/30780/3/dmbojacab.pdf>
- Contreras Calderón, C. A. (2017). Diseño e implementación de una tienda en línea con tecnología PHP para la comercialización de productos artesanales del departamento del Huila [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13519>
- Cortes Lozano, L. E. (2021). Aplicación móvil enfocada en la comercialización directa sin intermediarios de productos agrícolas entre el consumidor y el agricultor para el sector agropecuario del municipio del Espinal [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.
- CrustLab. (2024). What is PWA? Overview of Progressive Web Apps with Examples.
<https://crustlab.com/blog/the-state-of-progressive-web-app>

- Curcio, K., Ibarra, F., & Leite, J. C. (2019). Usability in agile software development: A tertiary study. *Information and Software Technology*, 107, 61–80.
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.10.014>
- Fauzan, A. (2022). A systematic literature review on Progressive Web Application practice and challenges. *IPTEK: The Journal for Technology and Science*, 33(1), 43–58.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v33i1.9891>
- Fuentes Vasconcelos, F. I., & Payró Campos, P. (2022). Gestión de conocimiento en una empresa de desarrollo de software. En V. A. Robles Ramos (Ed.), *Gestión empresarial: El reto del entorno frente a las nuevas tecnologías, emprendimiento y vida laboral*. Sello Editorial UNAD.
<https://libros.unad.edu.co/index.php/selloeditorial/catalog/download/182/164/2344?inline=1>
- Leal Afanador, J. A. (2021). *Educación, virtualidad e innovación*. Sello Editorial UNAD.
<https://eventos.unad.edu.co/rectoria/paipa-2024-2/assets/MPU.pdf>
- Lozano Dussán, G. M. (2024). *Cultura de comercio electrónico en pequeños agricultores de Cogua y Guasca Cundinamarca [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]*. Repositorio Institucional UNAD.
- Martínez Santos, D. L. (2021). *Estrategias para la comercialización de productos agropecuarios en el Distrito de Turbo, a partir de la vigilancia tecnológica [Tesis de maestría, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]*. Repositorio Institucional UNAD.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022). *Agenda Colombia Digital 2022-2026*. https://mintic.gov.co/portal/715/articles-275347_recurso_1.pdf

- MIT Technology Review. (2014). Colombia ICT Ecosystems - Innovation Policy Report.
<https://www.slideshare.net/slideshow/colombia-report2-fnl-3-514-lo33451686>
- Mojica Medina, P. E. (2025). Maicao Marketplace: impulsando el crecimiento digital de las pymes locales [Proyecto aplicado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/73303>
- Muñoz Puentes, J. M. (2025). Diseño de un prototipo de aplicativo web para facilitar la comercialización de productos agrícolas en el municipio de Tocaima, Cundinamarca [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/72758>
- Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3). CEPAL.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- National Park Service. (2007). Place-based and Traditional Products and the Preservation of Working Cultural Landscapes.
<https://www.nps.gov/crps/crmjournal/winter2007/view1.html>
- Oracle. (s.f.). Design Principles: Modern App Development.
<https://www.oracle.com/in/application-development/modern-app-development/design>
- Restrepo Arias, D. (2023). KAFECO® Plataforma de comercio sostenible [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.
- Robles Ramos, V. A., & Robles Francia, V. H. (Eds.). (2022). Gestión empresarial: El reto del entorno frente a las nuevas tecnologías, emprendimiento y vida laboral. Sello Editorial UNAD. <https://doi.org/10.22490/9789586518895>

Rodríguez Peña, E. Y., et al. (2023). Plataforma virtual de ventas directas de productos cítricos de los campesinos del municipio Guayabal de Siquima denominada “De la Huerta” [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.

Sánchez-Hernández, G., Rodríguez-Gómez, R., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Integración de pruebas remotas de usabilidad en Extreme Programming. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(2), 141–149.
<https://doi.org/10.1109/RITA.2020.2987723>

Shuraida, S. (2008). *A Framework of E-Commerce: A Multi-Disciplinary Research View*. Academia.edu.
https://www.academia.edu/17406294/A_FRAMEWORK_OF_E_COMMERCE_A_MULTI_DISCIPLINARY_RESEARCH_VIEW

Sicacha Aponte, P. G. (2024). Negocios electrónicos como herramienta para la comercialización y acceso a asistencia técnica de pequeños productores agropecuarios de Cogua y Guasca [Proyecto aplicado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.

Soni, A., & Singh, S. (2022). A comprehensive review of Progressive Web Apps: Bridging the gap between web and native experiences. *International Journal of Science and Research*, 11(2), 1326–1334. <https://doi.org/10.21275/SR24517172948>

Sun Media Marketing. (2024). *Theory Unleashed: Unlocking the Power of Digital Marketing Theory*. <https://www.sunmediamarketing.com/digital-marketing/digital-marketing-theory>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2018). Proyecto Académico Pedagógico Unadista: Versión 4.0. Sello Editorial UNAD.

<https://libros.unad.edu.co/index.php/selloeditorial/catalog/book/81>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2022). Modelo UNADista de medición de impactos como aporte a los ODS. <https://informacion.unad.edu.co/images/2024/Documento-Conceptual-MUMO17.pdf>

Villa Castaño, E. (2021). Transformación digital en el proceso de comercialización de productos agrícolas en el mercado campesino de Pensilvania Caldas: Un enfoque de modelo gerencial competitivo [Tesis de maestría, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40240/Evillacaok.pdf?isAllowed=y&sequence=3>

Apéndices

Apéndice A

Grabación de la sesión de prueba de usabilidad

<https://drive.google.com/file/d/1renSK3NWRgWT28PLkbVJMjribh1C3yj0/view?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/12NoMSAXnTmHldnAdz6qlZZRnMNgOXTQo/view?usp=sharing>

Nota. Archivo de audio que registra la reunión presencial realizada el 11 de julio de 2025 en el Centro de Producción de ASOPRAL, donde se observa la interacción de la líder con la PWA “LuruArepa”, las tareas ejecutadas y los comentarios emitidos durante la demostración.

Apéndice B

Acta de reunión de validación de la PWA “LuruArepa”

<https://drive.google.com/file/d/1ND8K434NxfwRQ0P4DxqV7bP1V3DCXa38/view?usp=sharing>

Nota. Documento en el que se consignan los acuerdos, observaciones y recomendaciones surgidas durante la sesión de prueba de usabilidad, incluyendo las sugerencias de mejoras sobre gestión de pedidos, seguimiento de entregas y catálogo de productos.

Apéndice C

Resultados del formulario de usabilidad (Microsoft Forms)

https://forms.office.com/Pages/AnalysisPage.aspx?AnalyzerToken=wKS2YwhbdcHMHldSy4aJAyL62kVCUEH&id=e1QA_LskT06dYXP8peud8xwDRqtPiV5PnqhHUSwJSphUOENaV1YySzNWVkfTWfZSV1FXOTIQWlczSy4u

Nota. Reporte exportado del formulario en línea aplicado al finalizar la prueba de usabilidad, donde se presentan las respuestas ítem por ítem y el resumen estadístico de las calificaciones asignadas a cada criterio de evaluación..

Apéndice D

Cronograma de actividades

Actividad	Mes de inicio	Mes final	Porcentaje del proyecto
Análisis de requerimientos	3	3	10.00%
Diseño de la base de datos	4	4	15.00%
Desarrollo de interfaces en Oracle APEX	5	6	25.00%
Implementación y despliegue de lógica de negocio	6	7	20.00%
Pruebas y optimización	7	8	15.00%
Elaboración de entregables	8	9	15.00%
Total			100.00%

Nota. Cronograma de las actividades planteadas con su respectivo inicio y final estimado, junto con los porcentajes de ocupación asignados al proyecto.

Apéndice E

Recursos necesarios

Tipo de recurso	Descripción	Presupuesto
Bibliografía	Documentación técnica sobre Oracle APEX, bases de datos y metodologías ágiles, incluyendo libros digitales y artículos científicos, incluye cursos online platzi o personalizados entre otros.	\$ 500,000.00
Equipo Humano	Contratación de desarrolladores y testers para la implementación de la aplicación y su optimización.	\$ 7,000,000.00
Equipos y Software	Adquisición de un computador portátil con características óptimas para desarrollo y pruebas.	\$ 3,500,000.00
Materiales y suministros	Material impreso para capacitación, cuadernos, carteleras, y accesorios para	\$ 1,000,000.00

	sesiones de formación y pruebas de usuario.	
Viajes y salidas de campo	Desplazamientos a Luruaco para capacitaciones, recolección de datos y validación del sistema con las productoras. Incluye transporte, alimentación y hospedaje.	\$ 2,000,000.00
Equipos y Software	Licencias y herramientas adicionales necesarias.	\$ 1,000,000.00

Nota. Recursos necesarios utilizados en el proyecto junto a su descripción y presupuesto asignado.

Apéndice F

Resultados o productos esperados

Resultado o producto esperado	Indicador	Beneficiario
Diagnóstico de antecedentes con los requerimientos para el desarrollo de la PWA	% de requerimientos identificados y documentados	Comunidad educativa

Aplicación PWA operativa en Oracle APEX	% de funcionalidades implementadas	Asociación de Productoras de Arepas de Huevo
Documentación y Manual de usuario del aplicativo PWA	% de documentación elaborada y validada	Asociación de Productoras de Arepas de Huevo, usuarios, clientes

Nota. Resultados o productos esperados junto con cada uno de sus indicadores y beneficiarios.

Apéndice G

Acta de entrega y aceptación de la PWA “LuruArepa”.

Documento escaneado del acta:

<https://docs.google.com/document/d/1m0cxk7s0t6GXco9-5gc5->

[NVWHoEQ_dMe/edit?usp=sharing&oid=107136247747886990252&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1m0cxk7s0t6GXco9-5gc5-NVWHoEQ_dMe/edit?usp=sharing&oid=107136247747886990252&rtpof=true&sd=true)

Nota. En este apéndice se incluye el acta de entrega y aceptación firmada por la líder de ASOPRAL, en la que se deja constancia.

Apéndice H

Evidencia de pruebas de carga básicas en entorno de producción

Tabla de resultados:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/15eQ6PMr5yrgfC4YhFEu8oXHCNOZRF6Rf/edi>

[t?usp=sharing&oid=107136247747886990252&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/15eQ6PMr5yrgfC4YhFEu8oXHCNOZRF6Rf/edit?usp=sharing&oid=107136247747886990252&rtpof=true&sd=true)

Nota. Aunque no se realizaron pruebas de stress automatizadas, se documentaron pruebas de concurrencia básicas con varios dispositivos accediendo de forma simultánea a la aplicación.

Apéndice I

Manual de usuario de la PWA “LuruArepa”

Manual de usuario:

https://www.canva.com/design/DAG5k9hfjIs/7DgpCf7LvRjHh1pElBpYmg/view?utm_content=DAG5k9hfjIs&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=uniquelinks&utlId=h91190039b0

Nota. El manual de usuario se mantiene como documento vivo y accesible en línea para facilitar su actualización, especialmente a medida que se incorporen nuevas funcionalidades. En este apéndice se referencia el enlace oficial al manual, que contiene las instrucciones de uso para los perfiles de Cliente, Productora y Administradora.

Apéndice J

Documentación técnica y acceso al repositorio de código (GitHub).

Enlace a la documentación técnica:

https://docs.google.com/document/d/18NIasTVTKbaRE4AprJ2_magGzxcpmUw/edit?usp=sharing&oid=107136247747886990252&rtpof=true&sd=true

Enlace al repositorio GitHub (código fuente / export APEX):

https://github.com/msantiago1044/PWA_ASOPRAL_PG

Nota. En este apéndice se consigna tanto el enlace a la documentación técnica (si se organiza como documento aparte) como el enlace al repositorio de código, para garantizar la sostenibilidad técnica del sistema, se dispone de un repositorio en GitHub.

Apéndice K

Pruebas de despliegue con clientes finales

Como evidencia se incluyen:

Resumen de pedidos generados por clientes finales en producción, donde se registran fecha, cliente, productora que atiende, acción realizada (creación de pedido, actualización de estado, cierre) y resultado de la operación.

Enlace de datos registrados de ordenes realizadas:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1V9iGrsCl5GSA8Jm5h5knZaOI_99boGgE/edit?usp=sharing&ouid=107136247747886990252&rtpof=true&sd=true

Nota. En este apéndice se presenta la evidencia de las pruebas de despliegue realizadas con clientes finales utilizando la PWA “LuruArepa” en el entorno de producción de Oracle APEX. Durante un periodo de prueba acotado, se compartió el enlace oficial con un grupo reducido de clientes habituales de ASOPRAL, quienes realizaron pedidos reales a través de la plataforma, mientras las productoras y la administradora gestionaron dichos pedidos desde los módulos de catálogo y pedidos, las pruebas realizadas permitieron comprobar que los clientes pudieron completar el flujo de pedido sin acompañamiento técnico, que las productoras actualizaron los estados de las órdenes de manera consistente y que el historial de pedidos permite disponer de una base inicial para el seguimiento a clientes frecuentes.